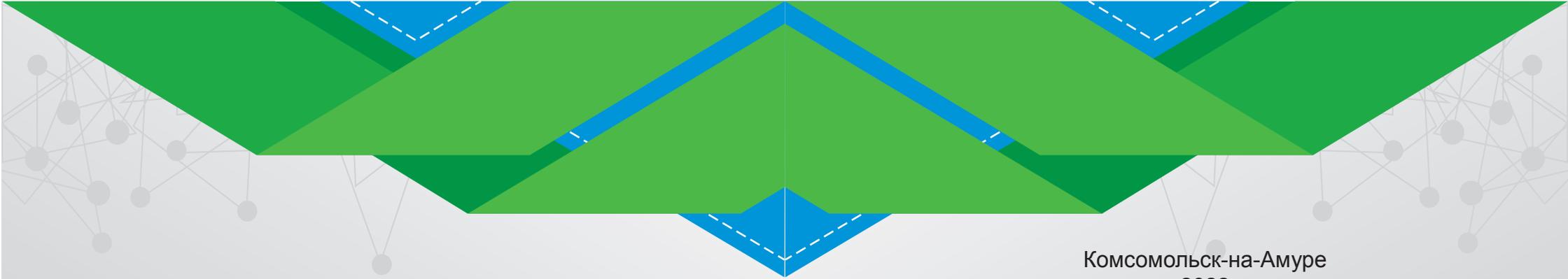


# НАУКА, ИННОВАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ: ОТ ИДЕЙ К ВНЕДРЕНИЮ

Материалы Международной научно-практической конференции  
Комсомольск-на-Амуре, 7-11 февраля 2022 г.



Комсомольск-на-Амуре  
2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

**НАУКА, ИННОВАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ:  
ОТ ИДЕЙ К ВНЕДРЕНИЮ**

Материалы Международной научно-практической конференции  
Комсомольск-на-Амуре, 7-11 февраля 2022 г.

Комсомольск-на-Амуре  
2022

УДК 001:621  
ББК 95.4+65.9(2)-55  
Н34

*Рецензент* – А. А. Буренин, главный научный сотрудник,  
член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук, профессор  
(Институт машиноведения и металлургии ХФИЦ ДВО РАН)

*Редакционная коллегия:*

Э. А. Дмитриев, доктор технических наук, профессор, отв. ред.;  
Я. Ю. Григорьев, кандидат физико-математических наук, доцент;  
П. А. Саблин, кандидат технических наук, доцент;  
О. А. Красильникова, кандидат технических наук, доцент;  
И. Н. Журбина, кандидат физико-математических наук, доцент  
(г. Комсомольск-на-Амуре, КнАГУ)

**Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению** : материалы  
Н34 Междунар. науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 7-11 февраля  
2022 г. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-  
Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2022. – 550 с.

ISBN 978-5-7765-1502-6

Материалы сборника посвящены актуальным теоретическим и практическим исследованиям по проблемам инновационного развития современной техники и технологий, объединению усилий учёных и специалистов для совместного решения актуальных научных проблем, обмену опытом, а также повышению научной активности молодёжи и привлечению её к решению актуальных задач науки и техники.

Приводимые материалы могут быть полезны преподавателям вузов, руководителям и специалистам предприятий, а также студентам и аспирантам.

Материалы публикуются в авторской редакции. За содержание и достоверность статей ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей. При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.

УДК 001:621  
ББК 95.4+65.9(2)-55

ISBN 978-5-7765-1502-6

© ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2022

## **СЕКЦИЯ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

УДК 343.98

Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент;

Abarnikova Elena Borisovna

Лисин Иван Максимович, студент; Lisin Ivan Maksimovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### **ВИРТУАЛЬНЫЙ СЛЕДОВАТЕЛЬ**

#### **VIRTUAL INVESTIGATOR**

Аннотация. В статье рассмотрена криминалистическая тактика проведения осмотра места происшествия, с применением цифровых технологий. Предложен программный продукт, позволяющий расследовать преступления в разумный срок.

Abstract. The article discusses the forensic tactics of conducting an inspection of the scene using digital technologies. A software product has been proposed that allows you to investigate crimes within a reasonable time.

Ключевые слова: Конституция Российской Федерации, уголовное судопроизводство, следственный осмотр, разумный срок, криминалистическая техника, протокол осмотра места происшествия, цифровые технологии, процессуальная деятельность.

Keywords: Constitution of the Russian Federation, criminal proceedings, investigative examination, reasonable time, forensic technology, protocol of inspection of the scene, digital technologies, procedural activities.

Практическая реализация уголовного судопроизводства, направленная на защиту прав и свобод человека, направлена на расследование и раскрытие криминального преступного деяния, с последующим рассмотрением материалов уголовного дела в судебных органах [1].

Все большее применение в практической деятельности по расследованию преступлений получают цифровые технологии, применение которых в значительной мере ускоряет процесс сбора доказательств при проведении следственного осмотра. Представляется логичным, что возможности применения цифровых технологий, как одного из разделов криминалистической техники, целесообразно использовать при проведении процессуальных действий в разумный срок [2].

Анализ процесса на место происшествия показал, что наиболее ресурсоемким, с точки зрения временных затрат, является не только качественный осмотр места происшествия, направленный на обнаружение, фиксацию и изъятие предметов материального мира, имеющих отношение к противоправному деянию, но и оперативное оформление процессуальной документации. Поскольку составление протокола осмотра места происшествия занимает достаточно много времени логично предположить, что именно эта часть уголовного процесса должна быть подвергнута цифровой трансформации в первую очередь.

Не менее важной задачей, является снижение уровня субъективизма при осмотре места происшествия. Проблема заключается в том, что в бригаде, выезжающей в адрес, не всегда есть эксперт. Оперативный сотрудник, производящий первичный осмотр, в зависимости от опыта, текущего состояния, определенных субъективных качеств может что-то пропустить, не так описать и т.д. Эксперт, изучая фотографии и описание, так же может пропустить достаточно значимые моменты. Повышение качества анализа места происшествия, снижение уровня субъективизма – реально решаемая задача при современном уровне развития цифровых технологий.

Таким образом, для эффективной реализации сбора доказательств на первоначальной стадии возбуждения уголовного дела, мы предлагаем концептуальную модель программно-аппаратного комплекса «Виртуальный следователь» (далее - ПАК).

ПАК состоит из двух модулей, связанных интеграционной шиной. Каждый модуль может функционировать как в комплексе, так и в качестве отдельного логически заверщенного модуля.

Первый модуль V-сфера места происшествия представляет собой объемную сферическую модель места происшествия. Для её формирования разрабатывается специали-

зированной программное обеспечение. Руководитель следственно-оперативной группы, выезжая на место происшествия, с помощью гаджета с определенными техническими характеристиками создает набор фотографий и отправляет их на сервер приложения. В разумные сроки собирается и передается обратно V-сфера. Задача следователя на первоначальном этапе - нанести уже на виртуальное место происшествия реперные точки с краткими пояснениями - можно текстовыми, можно голосовыми. После окончания осмотра, детализированная V-сфера отправляется на сервер приложения на итоговую обработку, после чего становится доступной для ознакомления и дальнейшей работы всем заинтересованным участникам осмотра места происшествия.

Немаловажное значение имеет тот факт, что после итоговой цифровой обработки вносить изменения в V-сферу не получится, что позволит исключить возможность подтасовки доказательств, изъятых с места происшествия.

Второй модуль - печать с голоса предполагает наличие дикторнезависимой системы распознавания речи и заполнение текста в документах с редактируемыми полями. На первом этапе - опроса свидетелей, внесения голосовых комментариев при осмотре места и так далее, модуль работает как диктофон. Надиктованные предложения в режиме реального времени превращаются в текст. При наличии шаблонов документов (опросные листы и тому подобное) сформированном банке ключевых слов, реализуется процедура анализа текста, разбиения его на семантические модули и заполнение шаблона текстового документа [3].

На последующем этапе, руководитель следственно-оперативной группы должен внимательно вычитать сформированный прототип документа, внести необходимые изменения или дополнения, высказанные участниками осмотра места происшествия, и перенести текст с цифрового формата на бланк протокола осмотра места происшествия.

По результатам опроса фокус-группы из числа оперативных сотрудников, следователей, дознавателей, экспертов, 72 % респондентов отметили, что даже при учете повторного редактирования документа, подобная технология позволит в 1,5–2 раза сократить время на процессуальное оформление протокола осмотра места происшествия.

Как отмечалось выше, все два модуля могут работать, как компоненты одной системы, объединенные интеграционной шиной, либо как отдельные программные приложения (рисунок 1).

Для достижения лучшего результата, в каждом модуле предусмотрен механизм интеграции с федеральными специализированными банками данных криминалистических учётов ГИЦ МВД РФ.

Программно- аппаратный комплекс «Виртуальный следователь» разрабатывается на языке высокого уровня JavaScript и будет реализован как веб-сайт посредством использования Фреймворка React. При сочетании библиотек, которые уже были реализованы на языке JavaScript, разработана собственная библиотека для построения V-сфер (рисунок 2).

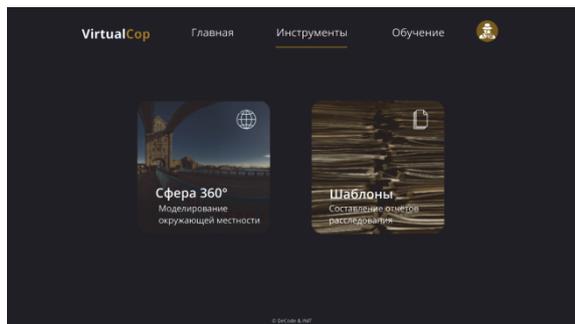


Рисунок 1 – Система с модулями

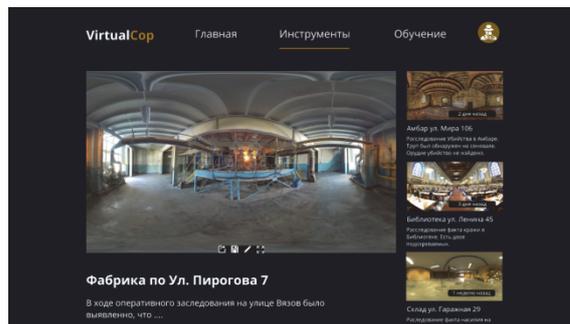


Рисунок 2 – Модуль V-сфера

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации: федеральный закон от 18.12.2001 № 174-ФЗ (ред. от 01.07.2021, с изм. от 23.09.2021). Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс». URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 20.12.2021).

2 Путин В.В. Совещание Евразийского экономического союза [Электронный ресурс] <https://tass.ru/ekonomika/12665915> Евразийская интеграция 14.10.2021 (дата обращения: 20.12.2021).

3 Чвалаев, Н. К. Использование нейронной сети Кохонена в качестве дикторонезависимой системы распознавания речи / Н. К. Чвалаев, Е. Б. Абарникова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : Материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 года / Ответственный редактор Э.А. Дмитриева. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2017. – С. 1158-1160.

УДК 332.7

Ахметгалиев Тимур Александрович, аспирант; Akhmetgaliev Timur Aleksandrovich  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет (Казань, Россия)

## **ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ОБЪЕКТОВ НЕДВИЖИМОСТИ КАК ЭЛЕМЕНТА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ФЕДЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

### **FORMATION OF A UNIFIED INNOVATIVE DATABASE OF REAL ESTATE OBJECTS AS AN ELEMENT OF THE DIGITAL SYSTEM OF STATE FEDERAL RESOURCES**

Аннотация. Активное развитие информационных технологий и цифровых сервисов в первую очередь затрагивает интересы государства, как главного собственника и управленца объектами недвижимости. В данной работе исследуется опыт разработки и реализации цифровых платформ в сфере объектах недвижимости в развитых странах и в России. Представлены результаты опроса о необходимости создания и пользования сервисом в виде единой информационной базы данных, отображен пример интеграции с государственными платформами и непосредственными пользователями. В выводах представлены возможности и потенциальные положительные эффекты при внедрении единой информационной базы данных объектов недвижимости, в том числе, как сервиса по определению кадастровой стоимости.

Abstract. The active development of information technologies and digital services primarily affects the interests of the state, as the main owner and manager of real estate. This paper examines the experience of developing and implementing digital platforms in the field of real estate in developed countries and in Russia. The results of a survey on the need to create and use the service in the form of a single information database are presented, an example of integration with government platforms and direct users is displayed. The conclusions present the opportunities and potential positive effects in the implementation of a unified information database of real estate objects, including as a service for determining the cadastral value.

Ключевые слова: формирование кадастра, информационная база, объекты недвижимости, инновационные технологии и сервисы, управление недвижимостью.

Keywords: information base, innovative technologies and services, real estate objects, real estate management, cadastre formation.

Для создания и запуска единой инновационной базы данных по недвижимости, как супер-сервиса в сфере цифровизации государственных услуг необходимо рассмотреть взаимодействие с другими платформами, а также причину, почему в России такая платформа отсутствует. Значение государства в рамках развития и продвижения цифровой экономики и электронных сервисов играет огромную роль для повышения активности в данном правлении для всех пользователей и участников экономической сферы, что способствует к улучшению конкурентоспособности в экономике[2]. В разработке сервисов для организаций особую роль играют технологии, что в дальнейшем ведет к организации высокотехнологичных информационных систем, созданию искусственного интеллекта, сложной взаимосвязи в цифровой среде[5].

Внимание стоит обратить на зарубежный опыт развитых стран. Во многих странах представлены открытые источники данных, где имеется возможность легко получить данные о результатах проведенных сделок, получить информация о предложениях. В США имеется ряд возможных предложений. Например, Propertyshark.com, позволяет получить информацию практически о любом объекте недвижимости: рыночную стоимость, различные характеристики, информацию о правообладателях, историю перехода прав на объект. Данная информация доступна

практически каждому, необходимо только зарегистрироваться и пополнить аккаунт. В Испании, Великобритании, Франции данные о правообладателях и информация об объектах недвижимости хранятся локально, в местных кадастровых учреждениях. Здесь также, доступность такой информации является обще открытой. Итальянцы, особенно профессиональные игроки, за отдельную плату, делают запросы в кадастр и получают информацию о собственниках. Наиболее прозрачными рынками недвижимости, согласно индексу Global Real Estate Transparency Index 2014, сформированной международной консалтинговой компанией JLL, являются Великобритания, США и Австралия. Россия находится на 37-м месте — в группе полупрозрачных рынков, в которую входят также Ботсвана, Индия, Кения, Румыния и некоторые другие страны[3]. В России представлен сервис росреестра, где была возможность частично узнать данных о результатах проведенных сделок, во вкладке: кадастровая оценка/мониторинг рынка недвижимости. Однако, на последние пару лет, ссылка на данную информацию является неактивной.

Правительство Японии планирует перевести всю информацию о недвижимости – от реестров собственности, земельных, городских, сельскохозяйственных угодий и лесных территорий, до деталей залога и цены объектов – на единую блокчейн-платформу. Перевод данных на единую платформу целесообразен, поскольку, помимо явного несоответствия между реестрами, традиционный бумажный недостаточно часто обновляется, чтобы оперативно отражать все происходящие изменения. Проект создан с целью повысить эффективность сделок с недвижимостью, помочь в продаже и перепланировании земельных объектов в Японии[4]. Технология блокчейна в недвижимости только делает первые шаги. Еще слишком много вопросов, связанных со стандартизацией процессов, с законодательным регулированием и правилами пользования[6].

Для России продвижение сервисов в рамках объектов недвижимости, а именно для учета земельных участков, коммерческой и жилой недвижимости, в целях развития цифровой экономики, приведут к единой системе учета, а также послужат примером взаимодействия различных систем в сфере государственных электронных услуг, послужат примером организации работы органов власти и самоуправления, граждан и компаний[1].

Разработанная иностранными учеными платформа O2O, как ИТ-технологии может помочь и улучшить бизнес в сфере недвижимости (в основном для агентств недвижимости и риелторов), в том числе в сфере государственного регулирования[7].

Планирование и создание цифровой базы данных по недвижимости представляет собой чрезвычайно важную и значимую миссию для реализации следующих целей: 1) обеспечение систем городской эксплуатации и поддержки принятия управленческих решений; 2) повышение прозрачности реальной информации об имуществе для обслуживания и удовлетворения потребностей пользователей; 3) стимулирование сделок с объектами недвижимости; 4) улучшение и оживление качества обслуживания в сфере объектов недвижимости; 5) повышение и развитие цели обнародования рыночной стоимости недвижимого имущества (открытые данные)[8].

В результате проведенного исследования было выявлено, что пока в России значимыми сервисами в сфере объектов недвижимости являются цифровые сервисы росреестра (<https://rosreestr.gov.ru/>), а также такая геоинформационная система, как публичная кадастровая карта (<https://pkk.rosreestr.ru/>). Данные сервисы непосредственно связаны с регистрацией, учетом, обновлением данных по объектам недвижимости, однако конкретные данные о результатах и количествах сделок являются практически закрытыми. Наиболее остро стоит вопрос определения кадастровой стоимости, в котором участвуют государственные оценщики недвижимости и определения корректной суммы налогообложения, в котором задействован сервис налогоплательщиков (<https://www.nalog.gov.ru/>). Так такового сервиса аналитики, анализа данных, структурирования информации, взаимодействие с участками рынка недвижимости практически отсутствует.

В рамках разработки цифрового суперсервиса KVADU.RU было проведено исследование посредством опроса профессиональных оценщиков и экспертов о необходимости пользования единой информационной базой данных объектов недвижимости было произведено путем создания Google Форм в виде обязательных и необязательных вопросов в режиме онлайн. В опросе приняло участие 84 человека по всей России. По результатам опроса на январь 2022 года, было выявлено, что большинство респондентов (95,2%) готовы пользоваться данным сервисом, а также не менее важное число опрошенных (81%) готовы платить за пользование единой информационной базой данных объектов недвижимости в рамках своей профессиональной деятельности.



Рисунок 1 – Интеграция единой информационной базы данных с федеральными ресурсами и участниками рынка объектов недвижимости

Интеграция единой информационной базы данных в систему единого федерального ресурса способствует:

- максимально правильной оценке кадастровой стоимости объектов недвижимости;
- доступностью наиболее полной базы данных рыночной цен предложений и результатов сделок по максимальному числу объектов недвижимости (появится возможность отслеживать рыночную стоимость и изменение характеристик объектов недвижимости в режиме онлайн);
- автоматизации и синхронизации данных, что в целом существенно повлияет на налогооблагаемую базу объектов недвижимости;
- увеличению собираемости бюджетов регионов, снижению оспаривания кадастровой стоимости;
- проведению анализа территорий и наиболее эффективного использования объектов недвижимости;
- планированию территорий за счет анализа цен объектов недвижимости;
- доступности открытых и прозрачных данных, электронному государству.

В целом KVADU.RU – это переход государства на электронно-справочную информацию о рыночной стоимости объектов недвижимости в режиме онлайн или «Онлайн библиотека недвижимости РФ».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Гладкий К. В. Об организации кадастрового сервиса в системе государственной регистрации и учета недвижимости // ГЕО-СИБИРЬ. 2010. № 2 (3). С. 3–7.
- 2 Горскина Л. С., Пропп О. В. Развитие цифровой экономики в России // Вопросы инновационной экономики. 2019. № 2 (9). С. 275–286.
- 3 Качмазов Г. Портал РБК. Статья "Открытые данные: как за границей реализован доступ к реестрам собственников недвижимости". [Электронный ресурс]. URL: <https://realty.rbc.ru/news/577d1fb69a7947a78ce90d99> (дата обращения: 28.12.2021).
- 4 Самбурадж Д. Портал "Криптовалюты и блокчейн по-русски". Статья "Япония переведет госреестр недвижимости на блокчейн". [Электронный ресурс]. URL: <https://bits.media/yaponiya-planiruet-perevesti-gosudarstvennyu-reestr-nedvizhimosti-na-blokcheyn/> (дата обращения: 28.12.2021).
- 5 Смирнов Е. Н. Глобальные цифровые платформы как фактор трансформации мировых рынков // Вопросы инновационной экономики. 2020. № 1 (10). С. 13–24.
- 6 Цыплаков Д., Подшиваленко Д. Статья "Недвижимость и блокчейн: почему технология перевернет рынок". [Электронный ресурс]. URL: <https://vc.ru/u/530291-fin-case/159469-nedvizhimost-i-blokcheyn-pochemu-tehnologiya-perevernet-rynok>.
- 7 Hu S., Li Q. Modeling and simulating a smart information-based real estate online platform // Procedia Computer Science. 2017. № 2015 (111). С. 339–347.
- 8 Lai S. K. Creating public-private partnership of a real estate database through web geographic information systems // Journal of Urban Management. 2021. № 4 (10). С. 311–313.

УДК 004.4

Башков Глеб Олегович, студент; Bashkov Gleb Olegovich

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;

Shchelkunova Marina Evgenievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РЕСТОРАНА

### RESTAURANT SOFTWARE DESIGN

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию принципа работы программного средства по упрощению работы ресторана. Был выполнен анализ методов использующих диаграммы для разработки приложения. Использование метода построения диаграмм позволяет упростить создание приложения.

Abstract.. This work is devoted to the study of the coverage of the work of the software media to simplify the work of the restaurant. An analysis was made of methods using diagrams to develop applications. Using the diagramming method makes it easier to create applications.

Ключевые слова: программное средство, класс, прецедент, UML, информационные технологии, Visual Studio, C#.

Keywords: software tool, class, precedent, UML, ИТ, Visual Studio, C#.

На данный момент в области информационных технологий одно из важнейших мест занимают различного вида программные средства. Программное средство – это некоторый объект, который включает в себя правила и процедуры. Перед тем как аппаратные средства смогут получить и обработать данные, они должны получить необходимое количество команд, называемый программой, которая и будет управлять работой процессора.

Каждому компьютеру требуется два типа програмных средств - системное программное обеспечение для более общего управления работой приложения и прикладное программное обеспечение для обработки входных данных и передачи пользователям выходной информацией.

Совокупность всех программ, которая позволяет компьютерной системе производить все действия над данными, называется программным обеспечением [1, 2]. После изучения процессов жизни человека, было решено разработать программное средство для ресторана. Это программное средство разрабатывается для ресторанов, чтобы облегчить принятие заказов официантами и администраторами, а также ускорить данный процесс путем автоматизации.

Объектом данного исследования является программное средство. Предметом является програмное средство для упрощения работы ресторана. Результатом данной работы являются диаграммы прецедентов, диаграммы активности, а также диаграммы последовательности сообщений [3, 4]. Проектирование информационной системы реализовано с помощью программного обеспечения UMLet.

Первым этапом разработки приложения для ресторана является описание предметной области, в которой будет описано в общих чертах деятельность ресторана. После этого составляются диаграмма прецедентов, в которой будет показана вся деятельность ресторана (рисунок 1), далее, на её основе строится диаграмма классов (рисунок 2).



Рисунок 1 – Диаграмма прецедентов

Данные диаграммы необходимы для лучшего восприятия и визуализации разрабатываемого приложения, так как в них показаны все связи, между работниками ресторана и их действиями, а также представлен весь функционал ресторана. В работе [5] отражены подобные методы создания диаграмм. Далее требуется расписать подробнее каждый прецеднт, чтобы при создании приложения, было проще проследить всю логику программы. Для этого создадим диаграммы активностей. Пример разработанной диаграммы активностей показан на рисунке 3. На диаграмме показано подробное выполнение прецедента «Принятие заказа».

Для всех остальных прецедентов были построены подобные диаграммы по аналогии.

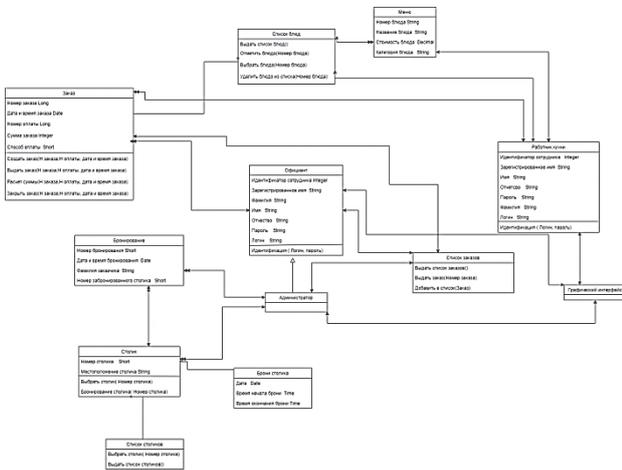


Рисунок 2 – Диаграмма классов

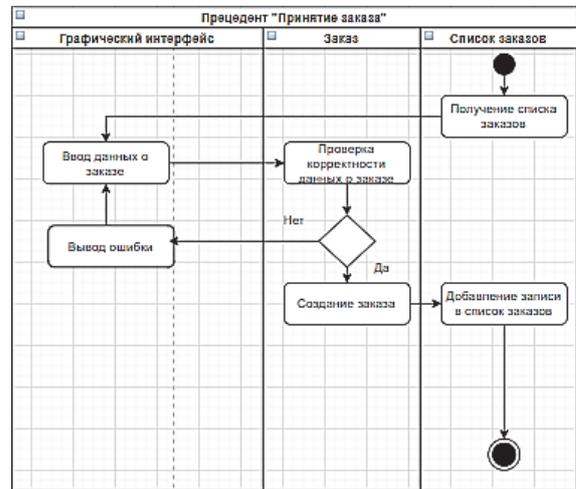


Рисунок 3 – Диаграмма активности

После описания функционала каждого прецедента, требуется составить диаграммы последовательности сообщений. Диаграммы последовательностей обеспечивают представление процессов взаимодействия классов объектов друг с другом при выполнении приложения [6]. На диаграммах представлены рекурсивных сообщения, которые обозначаются замкнутой стрелкой, возвращающейся обратно к объекту-отправителю. Это необходимо, когда один объект вызывает операцию, в которой используется другой экземпляр, того же объекта. На диаграммах последовательностей показан итерационный процесс передачи сообщений, обозначаемый прямоугольником, в который заключены повторяющиеся сообщения. Пример диаграммы для прецедента «Принятие заказа» показан на рисунке 4.

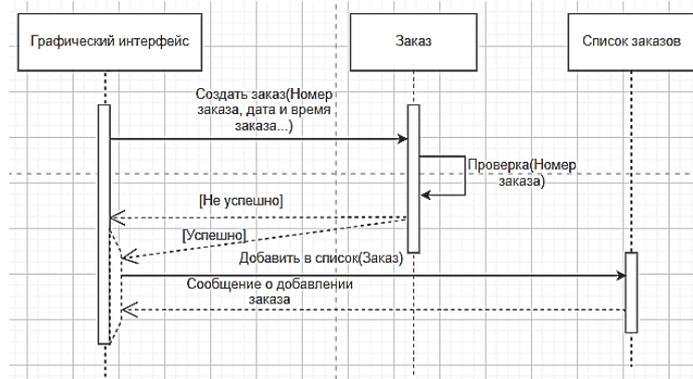


Рисунок 4 – Диаграмма последовательности сообщений

В данной работе были рассмотрены основные принципы проектирования программного обеспечения. Были построены диаграммы прецедентов, классов, их последовательностей и деятельности. Анализ был выполнен с использованием языка проектирования UML, а так же программы UMLet. В качестве примеров были описаны прецеденты, их сценарии работы и примерное содержание параметров классов и их методов.

На основе анализа диаграмм предполагается выполнить разработку приложения в среде разработки Visual Studio с использованием языка программирования C# в операционной системе

Windows, что в некоторой степени облегчит процесс создания приложения. Для разработки приложения для ресторана может быть использовано следующее аппаратное обеспечение: компьютер с процессором AMD FX-4350 OEM с тактовой частотой 4200 МГц, оперативная память объёмом 4 Гб, материнская память A320M, и жесткий диск на 256 Гб.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Козлова, А. В. Система учета и анализа работы компании малого бизнеса / А. В. Козлова, А. Н. Петрова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях, Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – Ч. 2. – С. 193-195.

2 Баранова, С. В. Разработка сервиса получения онлайн-услуг по технологическому соединению к инженерным сетям регионального сегмента / С. В. Баранова, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 221-224.

3 Ли, Ш. Разработка сайта для мебельного салона / Ш. Ли, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 305-307.

4 Лобец, С. А. Разработка игровой программы в среде Android / С. А. Лобец, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 356-359.

5 Гурина, А. С. Разработка программного обеспечения формирования бейджей для сотрудников / А. С. Гурина, М. Е. Щелкунова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях, Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – Ч. 2. – С. 157-159.

6 Тищенко, Г. А. Проектирование системы учёта работы сети предприятий сферы услуг / Г. А. Тищенко, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 455-457.

УДК 004.4

Воронков Анатолий Денисович, студент; Voronkov Anatoly Denisovich

Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент; Abarnikova Elena Borisovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ "ЭЛЕКТРОННАЯ ЗАЧЁТНАЯ КНИЖКА"**

#### **DESIGN OF THE MODULE ELECTRONIC ACCOUNT BOOK**

Аннотация. Данная работа посвящена проектированию модуля «Электронная зачётная книжка». Определена актуальность и новизна модуля. Описаны используемые технологии.

Abstract. This work is devoted to the design of the module "Electronic record book". The relevance and novelty of the module is determined. Used technologies are described.

Ключевые слова: модуль, электронная зачётная книжка, разработка модуля, проектирование модуля, документ.

Keywords: module, electronic record book, module development, module design, document.

Зачётная книжка – это документ, в котором содержатся вся информация о сдаче студентом зачётов (дифференцированных и недифференцированных), экзаменов, защите курсовых, выпускных квалификационных работ (бакалаврских работ, магистерских диссертаций, дипломных работ). Также в зачётной книжке содержатся записи о прохождении учебных, производственных и технологических практик. В конце зачётной книжки указывается квалификация, которую государственная комиссия решает присвоить обладателю зачётной книжки.

В настоящее время все студенты Комсомольского-на-Амуре государственного университета должны иметь при себе зачётную книжку в период зимних и летних сессий, а также на зачётных неделях перед этими сессиями. В ФГБОУ ВО «КнАГУ» студенты учатся до шести лет, соответственно, зачётная книжка всё это время остаётся у студента в использовании, а так как зачётная книжка – это бумажный документ, который при длительном использовании приходит в негодность, многие зачётные книжки оказываются в плачевном состоянии к концу обучения.

Так же стоит учесть человеческий фактор. Студент может проявить неаккуратность и потерять свою зачётную книжку, а преподаватель может допустить ошибку в проставлении зачёта по принимаемой им дисциплине, и, к примеру, указать некорректную дату сдачи зачёта или экзамена, занижить или завысить полученную студентом оценку.

Учитывая перечисленные проблемы, можно сделать вывод о необходимости автоматизации процесса ведения зачётной книжки студента.

Модуль «Электронная зачётная книжка» встраивается в систему «Электронный деканат». Предполагается, что с модулем будут работать сотрудники Комсомольского-на-Амуре государственного университета, у которых присутствует соответствующий доступ к этому модулю. Такие сотрудники могут нажать на кнопку выдачи выписки электронной зачётной книжки и на экране появится документ в формате .PDF со всей информацией, которую должна содержать зачётная книжка студента. Данный документ, в свою очередь, может быть загружен на персональный компьютер и распечатан на принтере.

При нажатии на кнопку, с клиентской части приложения отправляется HTTP-запрос к API (application programming interface). HTTP-запрос должен содержать в заголовке уникальное значение по которому можно однозначно идентифицировать человека, выписку электронной зачётной книжке которого требуется получить. После отправления запроса, на серверной части приложения формируется PDF-документ. Происходят процессы получения необходимой информации о студенте и его оценках, а затем процесс компоновки документа.

Вся информация о студенте, оценках, датах сдачи и прочая информация получается с помощью SQL-запросов к уже имеющейся базе данных. Для заполнения электронной зачётной книжки требуется 8 типов наборов данных. Эти наборы данных являются следствием различающихся разделов зачётной книжки:

- общая информация;
- оценки по дисциплинам семестров;
- оценки по факультативным дисциплинам;
- оценки за защиты курсовых работ и курсовых проектов;
- записи о прохождении практик;
- результат сдачи Государственного итогового экзамена;
- результат защиты выпускной квалификационной работы;
- решение Государственной комиссии.

Каждый набор информации, по особым правилам записывается в PDF-документ. Для удобства работы с получаемой от базы данных информацией, в хранимых процедурах был применён относительно новый метод выборки данных. SQL-запросы возвращают сразу готовые данные в формате JSON [1]. Формат JSON особенно удобен для коммуникации серверной части приложения с клиентской частью приложения. Так как помимо печатной версии в системе «электронный деканат», модуль «электронная зачётная книжка» распространяется на личный кабинет студента, такой подход является очень удобным, ведь после получения информации из базы данных, серверной части приложения не придётся обрабатывать эти данные. Вместо этого API может в качестве ответа на HTTP-запрос отправить ответ хранимой процедуры.

В случае возникновения потребности работы с данными формата JSON на серверной части (такая потребность как раз возникает при формировании печатной версии электронной зачётной книжки), достаточно просто подключить подходящую библиотеку для работы с данным форматом на требуемом языке программирования.

В качестве языка программирования был выбран высокоуровневый язык программирования C#, так как вся серверная часть системы «электронный деканат» реализована именно на нём. Соответственно стек технологий – «.NET», так как выбранный язык программирования принадлежит именно этой платформе [2]. Система управления базой данных уже существующей базы является «Microsoft SQL Server». Microsoft SQL Server – система управления реляционными базами данных, разработанная корпорацией Microsoft. Основным используемым языком запросов – Transact-SQL [3].

Также на платформе «.Net» есть очень удобный инструмент для формирования отчётов «FastReport.Net». FastReport предоставляет конструктор отчётов, который позволяет оформить шаблон отчёта. Такой шаблон используется уже приложением, которое записывает в него некоторые значения и на выходе получается готовый PDF-документ. Данный инструмент использован в формировании выписки электронной зачётной книжки (печатная версия).

Данный модуль поможет упростить взаимодействие студентов с преподавателями, так как из процесса получения зачёта убирается рутинный процесс заполнения зачётных книжек. Зачётная книжка заполняется оценками автоматически после проведения ведомостей отделом управления движением контингента. Так как модуль встраивается в уже функционирующую систему, для его работы нет необходимости выделения дополнительных ресурсов. Также решается проблема хранения зачётных книжек в течении пяти лет после отчисления студента.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Петрова, А. Н. Проектирование баз данных : учеб. пособие / А. Н. Петрова, В. Е. Степаненко. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2018. – 104 с.

2 Metanit : веб-сайт о программировании : сайт. – Москва, 2012 – . – URL: <https://metanit.com/sharp/> (дата обращения 31.01.2022). – Режим доступа: свободный.

3 Агальцов, В. П. Базы данных: в 2 кн. Книга 2. Распределенные и удаленные базы данных : учебник / В. П. Агальцов. – М. : ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2018. – 271 с. // ZNANIUM.COM: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php#>, ограниченный. – Загл. с экрана.

УДК 004.4

Городний Захар Андреевич, студент; Gorodniy Zakhar Andreevich  
Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент;  
Abarnikova Elena Borisovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ С НЕДВИЖИМОСТЬЮ**

#### **DEVELOPMENT OF A MOBILE APP FOR REAL ESTATE OPERATIONS**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию методов решения проблемы доступа к актуальной информации на рынке недвижимости для риелторов, работающих вне офиса.

Abstract. This work is devoted to the study of methods for solving the problem of access to up-to-date information on the real estate market for realtors working outside the office.

Ключевые слова: мобильное приложение, операции с недвижимостью, риелторы, рынок недвижимости.

Key words: mobile application, real estate transactions, realtors, real estate market.

Рынок риэлтерских услуг составляет существенную часть от рынка услуг по недвижимости, в связи с чем эта область становится привлекательной для открытия новых риэлтерских контор. Самое главное в работе риэлтора – время обработки пожелания клиента, актуальность и полнота знаний о рынке объявлений недвижимости в конкретный момент, наличие грамотного инструмента планирования [1].

Риелторы почти постоянно работают вне своего офиса. Из-за этого они вынуждены, при необходимости, вручную анализировать рынок недвижимости, используя множество сайтов с недвижимостью, что является не только неудобным, но утомительным процессом. Планирование встреч, заметки, поиск нужного клиента по телефонной книге также происходят вручную.

В связи с чем возникает потребность в разработке ПО для быстрого доступа к актуальным объявлениям из множества источников, формирования собственных подборок из выбранных объявлений для клиента, планирования рабочего времени и взаимодействия с информацией о клиенте. Таким образом необходимо разработать мобильное приложение для решения данных задач [2].

Перед началом разработки были изучены мобильные приложения, используемые риелторами. Если анализировать приложения, которые не предназначены напрямую для риелторов, но могут ими использоваться, а также существующие аналоги специализированных приложений для риелторов, то можно сделать вывод, что они либо реализуют часть функционала, либо не имеют мобильной версии. Сравнение аналогов представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа существующих решений

Критерии сравнения	Циан	Мобильный риелтор	База WinNER
Возможность фильтрации списка объявлений	+	-	+
Возможность импорта контактов из телефонной книги	-	+	-
Формирования риелтором списка объявлений	-	-	-
Возможность оценки подборки клиентом	-	-	-
Планировщик дел для каждого клиента	-	+	-

Актуальность решения проблемы заключается в том, что на рынке оказания риелторских услуг находятся более чем 100 крупных компаний, больше 1500 офисов компаний и около 17 тысяч брокеров и агентов. Все они являются потенциальными клиентами для разрабатываемого приложения, поэтому было принято решение разработать мобильное приложение для решения выявленных проблем.

Для реализации данного проекта было решено использовать новый фреймворк от Google – Flutter и язык программирования Dart. Данный фреймворк позволяет разрабатывать кроссплатформенные приложения, что облегчает его дальнейшую поддержку и позволяет поддерживать популярные мобильные платформы, используя одну кодовую базу [3].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Андреева, А. А. Доска управления для малого бизнеса / А. А. Андреева, В. П. Котляров // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 138-139.

2 Habr : веб-сайт о программировании : сайт. – Москва, 2006 – . – URL: <https://metanit.com/nosql/mongodb/1.1.php> (дата обращения 22.01.2022). – Режим доступа: свободный.

3 Metanit : веб-сайт о программировании : сайт. – Москва, 2012 – . – URL: <https://habr.com/ru/post/457580> (дата обращения 20.01.2022). – Режим доступа: свободный.

УДК 004.4

Дмитриев Александр Владимирович; Dmitriev Alexander Vladimirovich

Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент; Abarnikova Elena Borisovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИЗАЙНА И РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ИНТЕРФЕЙСА ДЛЯ ЛИЧНОГО КАБИНЕТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ**

#### **DESIGNING THE DESIGN AND DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE INTERFACE FOR THE TEACHER'S PERSONAL ACCOUNT**

Аннотация. Данная работа посвящена проектированию дизайна и разработке прототипа интерфейса для личного кабинета преподавателя. Определена актуальность задачи и приведён набор схем в нотации BPMN 2.0.

Abstract. This work is devoted to designing the design and development of a prototype interface for the teacher's personal account. The relevance of the problem is determined and a set of schemes in BPMN 2.0 notation is given.

Ключевые слова: интерфейс, образование, разработка интерфейса, прототип, проектирование пользовательского взаимодействия.

Keywords: interface, education, interface development, prototype, user interaction design.

Пользовательский интерфейс является неотъемлемой частью любой информационной системы. Существует ошибочное мнение, что интерфейс необходим только для визуальной красоты информационного продукта [3]. Однако, это не так.

Главной задачей любой информационной системы является упрощение бизнес-процессов и оптимизация временных и денежных затрат на выполнение действий. Задачей пользовательского интерфейса является упрощение взаимодействия пользователя со сложной системой.

В настоящее время существует несколько подходов к созданию и проектированию пользовательского интерфейса. В основу данной работы ложится гибрид клиенто-ориентированного подхода и итеративного.

Немало важным фактором является переход к бережливому производству, который подразумевает под собой оптимизацию рабочих процессов и ставит целью улучшение текущих условий труда. Проектирование удобного интерфейса для личного кабинета преподавателей является шагом к такому улучшению.

Анализ бизнес-процессов показал, что многие аспекты трудовой деятельности преподавателей усложнены. На рисунке 1 можно увидеть, как в текущий момент реализован процесс получения учебной нагрузки. На рисунке 2 изображено как будет построен процесс получения учебной нагрузки в обновлённом личном кабинете [1].

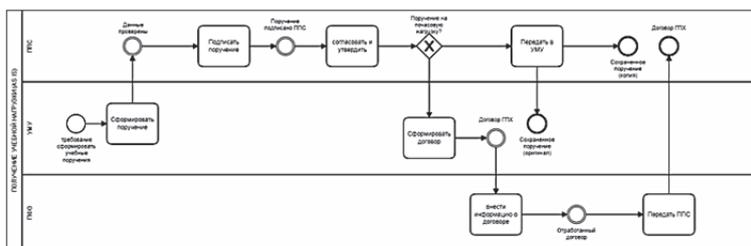


Рисунок 1 – Получение учебной нагрузки AS-IS

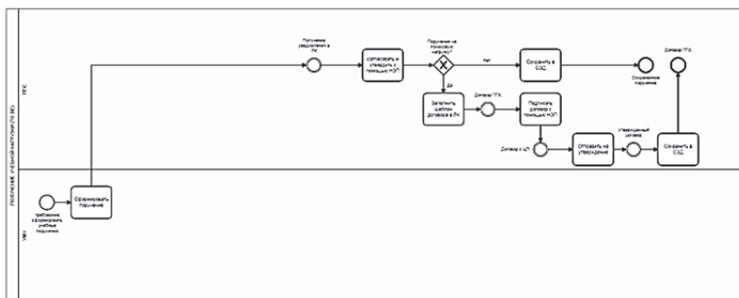


Рисунок 2 – Получение учебной нагрузки TO-BE

Как можно увидеть, для пользователя процесс упростился, что в свою очередь позволяет ему направить свои ресурсы на выполнение другой рабочей деятельности.

В рамках проектирования пользовательского интерфейса выполнены следующие виды работ:

- 1 интервьюирование участников бизнес – процесса;
- 2 выявление пользовательских проблем в текущей реализации интерфейса;
- 3 составление CJM – карт для более детального понимания всех действий пользователя при выполнении разных задач;
- 4 выдвижение гипотез относительно решения пользовательских проблем на основе проведённых интервью и создание чернового прототипа для проверки;
- 5 повторное интервьюирование с участниками бизнес-процесса и анализ их действий в новой итерации интерфейса;
- 6 анализ допущенных ошибок с помощью обновления информации в CJM и их устранение в следующих итерациях интерфейса.

Помимо важности проектирования расположения элементов с точки зрения комфортного использования пользователями, важно обратить внимание на удобство и читаемость всех текстов, расположенных в интерфейсе [2].

Базовым принципом написания текстов в интерфейсе является то, что UX – текст должен быть понятным пользователю, но при этом кратким не в ущерб смыслу и пользе.

Для реализации грамотного UX – текста будут применены лучшие практики: слова и фразы-филлеры, консистентность терминов, формулы сообщений об ошибках [4].

Заключительным этапом в проектировании пользовательского интерфейса для личного кабинета преподавателя станет usability – тестирование, целью которого будет является определение степени удовлетворённости пользователей. Данный метод является количественным и направлен на определение средней оценки пользователями нового интерфейса. Благодаря этому методу тестирования, можно будет определить степень комфорта использования продукта вне зависимости от конкретных пользовательских историй. Для качественного исследования нового интерфейса будет применено очное интервью с пользователями, на котором все участники процесса разработки смогут вживую увидеть, как пользуется продуктом конечный пользователь.

В заключении необходимо определить, что процесс проектирования пользовательского интерфейса для личного кабинета преподавателя является сложным процессом в силу закрытости аналогичных систем для анализа сторонних решений. Однако ценность создания данного продукта для всей информационной системы ВУЗа сложно недооценить. Наличие удобного «мостика» между сложной внутренней логикой системы и пользователями, выполняющими не менее сложный процесс может стать катализатором улучшения трудовой культуры, при которой пользователи будут с лёгкостью выполнять свои рутинные задачи и полностью полагаться на систему, вместо уже устаревших методов организации задач и рабочего времени.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Нотация BPMN 2.0: ключевые элементы и описание. – 2021. – URL: <https://www.terrasoft.ru/page/bpmn> (дата обращения: 01.02.2022).

2 Базовые UI/UX паттерны // UX разработка. – 2021. – URL: <https://habr.com/ru/post/476532/> (дата обращения: 01.02.2022).

3 Восемь характеристик удачного пользовательского интерфейса // UX разработка. – 2021. – URL: <https://habr.com/ru/post/58023> (дата обращения: 01.02.2022).

4 UX – текста // UX разработка. – 2022. – URL: <https://habr.com/ru/company/plesk/blog/650779/> (дата обращения: 01.02.2022)

УДК 004.4

Дронов Роман Дмитриевич, студент; Dronov Roman Dmitrievich

Петрова Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент; Petrova Anna Nikolaevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУБД, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

#### COMPARATIVE ANALYSIS OF DBMS USED FOR MOBILE APPLICATIONS

Аннотация. Авторами был проведён сбор данных и сравнительных анализ СУБД, используемых в разработке приложений и изучена одна из самых популярных мобильных СУБД SQLite.

Abstract. The authors conducted data collection and comparative analysis of the DBMS used in application development and studied one of the most popular mobile DBMS SQLite.

Ключевые слова: СУБД, MySQL, PostgreSQL, SQLite, база данных, приложение, сервер, клиент.

Keywords: DBMS, MySQL, PostgreSQL, SQLite, database, application, server, client.

В настоящее время в IT-сфере наблюдается тенденция к популяризации разработки приложений на мобильных платформах и адаптации существующих программных продуктов на мобильные платформы.

В связи с этим существует проблема выбора инструментов для разработки мобильных приложений, одним из важнейшим в контексте оптимизации скорости работы приложения и возможности его масштабирования является выбор СУБД.

Для разработки базы данных мобильного приложения могут использоваться популярные СУБД, используемые для разработки баз данных на десктопных операционных системах [5]. Самыми популярными на данный момент подобными СУБД являются MySQL и PostgreSQL.

MySQL - полноценная серверная СУБД. В ней не реализован весь SQL потенциал, но предлагает много инструментов для разработки приложений [3].

Данная СУБД является одной из наиболее распространённых, довольно легка в использовании за счёт богатого функционала и дополнительных приложений. Также MySQL даёт возможность глубокой настройки и различные варианты для масштабирования. Преимуществами MySQL является хорошая скорость при выполнении большинства задач, а также обширные возможности для модернизации СУБД за счёт плагинов и расширений.

Из недостатков данной СУБД можно отметить меньшую надёжность по сравнению с конкурентами и большую сложность разработки баз данных.

PostgreSQL - максимально соответствующая стандартам SQL СУБД, отличается высочайшей надёжностью, а также поддержкой и объектно-ориентированного, и реляционного подхода к реализации баз данных. На ряду с этим можно отметить богатейший функционал данной СУБД, который можно расширить благодаря хранимым функциям и процедурам, а также возможность работы с обширнейшими массивами данных. Несмотря на это PostgreSQL имеет существенно меньшую производительность даже по сравнению с MySQL, не говоря уже о SQLite, что является важным критерием при разработке мобильных приложений [2].

Важнейшим недостатком данных СУБД является использование клиент-серверной архитектуры, что в условиях разработки мобильных приложений является не лучшим вариантом [3].

Исходя из этого, наиболее подходящей СУБД для разработки мобильных приложений видится SQLite, так как она не реализует парадигму клиент-сервер [5]. То есть SQLite не является отдельно работающим процессом, с которым взаимодействует клиентское приложение, а представляет собой библиотеку, с которой программа компилируется или интерпретируется, в следствии чего движок СУБД становится частью самой программы. В результате, в программе протоколом обмена служат вызовы функций, то есть API (программного интерфейса приложения), библиотеки SQLite, после чего СУБД напрямую взаимодействует с хранимыми ею файлами. Данная реализация позволяет повысить производительность в сравнении с конкурентами. Так приложение, построенное на SQLite, в сравнении с аналогичным приложением на MySQL работает быстрее в 2 – 3 раза и быстрее приложения на PostgreSQL в 10 – 20 раз.

Помимо этого, исходя из особенностей проектирования, SQLite предоставляет множество инструментов для масштабирования баз данных.

Обобщая особенности SQLite можно выделить:

- 1 малый размер СУБД (менее 400 КБ);
- 2 поддержка большинства функций языка запросов стандарта SQL92;
- 3 отсутствие необходимости в настройке или администрировании;
- 4 полная совместимость с ACID (набор стандартных требований к транзакционной системе), обеспечивая тем самым безопасный доступ к нескольким процессам или потокам.

К дополнительным преимуществам SQLite можно отнести высокую надёжность, тестами описано практически все возможные ситуации. Кода, описывающего тесты, намного больше, чем кода, реализующего SQLite, в следствии чего покрытие SQLite тестами приближено к 100 %. Высоко также и удобство использования СУБД в следствии того, что SQLite хранит всю базу данных (включая определения, таблицы, индексы и данные) в единственном стандартном файле на том устройстве, на котором исполняется программа.

Недостатком SQLite можно назвать невозможность записи в базу несколькими одновременными запросами, однако данная СУБД предоставляет инструменты для решения данной проблемы. Также из недостатков следует отметить отсутствие системы управления правами доступа пользователей.

После проведения анализа, наиболее актуальной на данный момент СУБД для разработки мобильных приложений представляется SQLite, поскольку она предоставляет высокую производительность, простейшую файловую структуру, богатый функционал, не смотря на компактность данной СУБД, а также простоту в масштабировании [4]. Недостатки же этой СУБД не являются столь значительными при разработке баз данных для мобильных приложений, в сравнении с недостатками её конкурентов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Недиков, И. О. Разработка агрегатора данных для оптимизации автономных гибридных энергетических систем / И. О. Недиков, В. Д. Бердоносков // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 338–340.

2 Васильев, Г. В. Программный-аппаратный комплекс для сбора данных, которые применяются в обучении искусственного интеллекта в области энергетики / Г. В. Васильев, В. Д. Бердоносков // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 163–165.

3 SQLite vs MySQL vs PostgreSQL: сравнение систем управления базами данных. URL: <https://devacademy.ru/article/sqlite-vs-mysql-vs-postgresql> (дата обращения: 26.01.2022).

4 Простотина, О. А. Разработка мобильного личного кабинета студента / О. А. Простотина, Е. Б. Абарникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 296 – 297.

5 Архитектура мобильного клиент-серверного приложения. URL: <https://habr.com/ru/post/246877/> (дата обращения: 27.01.2022).

УДК 004.4

Жбанов Валерий Александрович, студент; Zhbanov Valery Alexandrovich

Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент; Abarnikova Elena Borisovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ

### DEVELOPMENT OF A LIBRARY FOR PROCESSING UNSTRUCTURED TEXTS

Аннотация. Данная работа посвящена проектированию и разработке библиотеки для обработки неструктурированных текстов. Библиотека должна предоставлять набор инструментов для анализа текстов, проверки соответствия сюжета, оригинальности, обнаружения провокаций, оскорблений, нарушений речевых и стилистических норм.

Abstract. This work is devoted to the design and development of a library for processing unstructured texts. The library should provide a set of tools for analyzing texts, checking the consistency of the plot, originality, detecting provocations, insults, violations of speech and stylistic norms.

Ключевые слова: библиотека подпрограмм, наука о данных, глубокое обучение, нейронные сети.  
Keywords: subroutine library, data science, deep learning, neural networks.

На текущий момент существует огромное количество ресурсов, на которых люди пишут свои мысли: комментарии, публикации, статьи и многое другое.

Но в сегменте сетевой литературы существует серьёзная проблема. Если за качеством печатных книг следят редакторы издательств, то за качеством сетевой литературы следить некому – на большинстве литературных ресурсов отсутствуют редакторы и/или модераторы, поскольку владельцам ресурсов невыгодно держать отдельный редакторский штат.

В свою очередь большая часть читающей молодёжи предпочитает печатным книгам электронные ресурсы; низкое качество литературы формирует у них неправильное представление о русской литературной традиции, русском языке в целом и литературной речи в частности.

Разрабатываемая библиотека, призвана решить задачу премодерации текстов.

Целью работы является разработка программного обеспечения «Классификатор текстов» – библиотеки для анализа текстов, проверки соответствия сюжета, оригинальности, обнаружения провокаций, оскорблений, нарушений речевых и стилистических норм.

Для реализации библиотеки «Классификатор текстов» необходимо решить следующие задачи:

1 Выделить критерии, по которым будет характеризоваться текст.

2 Выделить классы текстов.

3 Построить модели способные классифицировать текста, сравнить их характеристики и выбрать наиболее подходящую.

4 Определить структуру библиотеки, наборы классов и методов.

5 Реализовать библиотеку с использованием языка программирования Python.

Для разработки библиотеки выбран язык программирования Python – высокоуровневый язык общего назначения с динамической строгой типизацией и автоматическим управлением памятью, ориентированный на повышение производительности разработчика, читаемости кода и его качества, а также на обеспечение переносимости написанных на нём программ.

Анализ существующих аналогов (приведён в таблице 1) показал, что все они в разной мере обладают рядом существенных недостатков, которые устранены в данной реализации.

Таблица 1 – Сравнение аналогов

Наименование	Классификатор текстов	Clever Keeper	Модерация Facebook
Универсальность	+	-	-
Обнаружение оскорблений	+	+	+
Проверка сюжета	+	-	-
Проверка речевых и стилистических норм	+	-	-
Лёгкость применения	-	+	+/-
Анализ изображений	-	-	+

Невзирая на не прямые аналоги по анализу текстов, существующие на рынке, каждое решение в этой области является уникальным.

Таким образом, основными отличительными признаками создаваемого продукта являются:

1 Универсальность – библиотека совместима с существующими библиотеками машинного обучения.

2 Кроссплатформенность – разрабатываемая библиотека может использоваться в настольных, мобильных и веб-приложениях.

3 Низкий уровень вхождения – библиотека предоставляет готовые модели, использование которых возможно без знаний машинного обучения.

В основе библиотеки лежит использование нейросетей. Система состоит из четырёх модулей:

1 Предобработка текста:

- векторизация текстовых данных;

- формирование словаря.

2 Обучение нейронной сети:

- формирование обучающей и тестовой выборки;

- обучение нейронной сети;

- тестирование.

3 Решение задачи:

- векторизация текста на основе полученного на первом этапе словаря;

- анализ векторизованного текста при помощи нейронной сети.

4 Постобработка:

- анализ данных полученных от нейронной сети;

- выделение наиболее значимых параметров текста.

В случае, если пользователь использует готовую модель, остаются только два последних пункта, так как первые два были произведены при создании модели.

На рисунке 1 представлена функциональная модель процесса работы опытного пользователя в системе. Для малоопытных пользователей реализован высокоуровневый интерфейс.

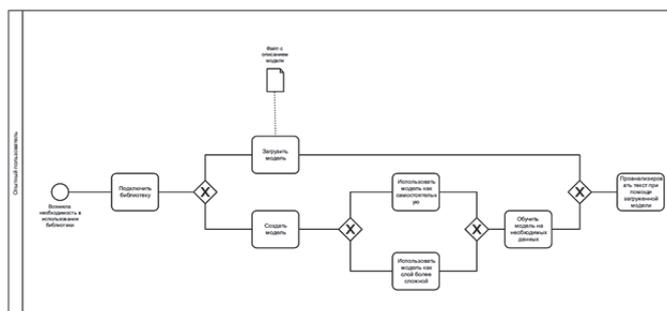


Рисунок 1 – Процесс работы опытного пользователя

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ингерсолл, Грант С. Обработка неструктурированных текстов. Поиск, организация и манипулирование / Грант С. Ингерсолл, Томас С. Мортон, Эндрю Л. Фэррис ; пер. с англ. А. А. Слинкина. – Москва : ДМК Пресс, 2015. – 414 с.

2 Плас, Дж. Вандер. Python для сложных задач / Плас Дж. Вандер. – СПб. : Питер, 2018. – 576с.

3 Омеляненко, Я. Эволюционные нейросети на языке Python : практическое руководство / Я. Омеляненко ; пер. с англ. В. С. Яценкова. – Москва : ДМК Пресс, 2020. – 310 с.

УДК 004.4

Захарова Маргарита Константиновна, студент; Zakharova Margarita Konstantinovna

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;

Shchelkunova Marina Evgenievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## АНАЛИЗ РАСЧЕТА РАСХОДА ЭНЕРГИИ

### ANALYSIS OF ENERGY CONSUMPTION CALCULATION

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию процесса расчета расхода тепловой энергии объектов на ООО «Приморская ГРЭС», его особенностей и возможности его дальнейшей автоматизации.

Abstract. This work is devoted to the study of the process of calculating the thermal energy consumption of objects at company «Primorskaya GRES», its features and the possibility of its further automation.

Ключевые слова: анализ, расход, тепловая энергия, тепловая сеть, функциональная модель.

Keywords: analysis, consumption, heating energy, heating network, functional model.

Для обеспечения населенных пунктов теплом существует система трубопроводов для транспортирования и распределения теплоносителя при централизованном теплоснабжении – тепловая сеть. При расширении территории, которое влечет за собой постройку новых зданий различных типов, также увеличивается и сеть. Для правильной ее организации, чтобы все постройки были обеспечены теплом, необходимо правильно подключать их к системе трубопроводов, а также обеспечивать постоянный контроль ее состояния.

При подключении нового пользователя к тепловой сети для него необходимо рассчитать тепловую нагрузку, на основе которой будет получен диаметр подводящей трубы, а также будут определены технические условия на подключение. В случае, если данные объекта не представлены в Строительных нормах и правилах, перед этим необходимо составить технический паспорт, включающий в себя основные параметры здания.

ООО «Приморская ГРЭС» заказало программное обеспечение для автоматизации расчета расхода тепловой энергии. На текущий момент на предприятии используются ПО для автоматизации отдельных видов вычислений, результаты которых впоследствии также участвуют в подсчетах. Некоторые вычисления до сих пор выполняются вручную. Таким образом, в настоящее время расчет расхода тепловой энергии занимает много времени, а также во время него высок риск допустить ошибки и неточности.

Объектом автоматизации выступает процесс расчета расхода тепловой энергии в ООО «Приморская ГРЭС».

Главной целью разработки разрабатываемого ПО является повышение эффективности и скорости работы предприятия при подключении нового пользователя к тепловой сети, а также уменьшение вероятности допущения ошибок.

На основе анализа автоматизации процессов другими разработчиками [1, 2, 3], для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- анализ процесса расчета расхода тепловой энергии на предприятии;
- обзор аналогов для определения возможностей и особенностей, которыми должно обладать разрабатываемое ПО.

По результатам исследования процесса выполнения расчета расхода тепловой энергии на данный момент в ООО «Приморская ГРЭС» была составлена функциональная модель в нотации IDEF0. На рисунке 1 представлена диаграмма модели. Модель построена с точки зрения сотрудника, который занимается сбором информации о новых подключаемых объектах и расчета необходимых параметров для их дальнейшего подключения к сети. Границей моделирования является деятельность ООО «Приморская ГРЭС», направленная на расчет расхода тепловой энергии для новых пользователей тепловой сети и на основе него составление отчета технических условий на подключение.

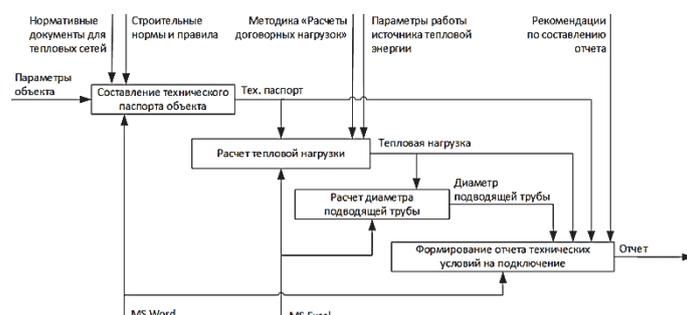


Рисунок 1 – Процесс расчета расхода тепловой энергии объекта

Для определения необходимости разработки нового программного обеспечения был проведен обзор аналогов. Ими выступили ПО «Расчет тепла на здание» в MS Excel, которое на данный момент иногда используется для расчета расхода тепловой энергии в ООО «Приморская ГРЭС», ПО «Энергосбыт» от ООО «Политерм» и веб-сайт «ТерлоWork». Результат обзора аналогов приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Обзор аналогов

Характеристика сравнения	ПО «Расчет тепла на здание»	ПО «Энергосбыт»	Веб-сайт «ТерлоWork»	Разрабатываемое ПО
Свободно распространяемое ПО	+	-	+	+
Наличие базы данных объектов, приведенных в СНиП	+	+	+	+
Наличие базы данных технических паспортов объектов в сети и их отчетов технических условий на подключение	-	+	-	+
Автоматический расчет тепловой нагрузки	+	+	+	+
Автоматический расчет диаметра подводящей трубы	-	-	-	+
Возможность автоматической генерации отчета технических условий на подключение	+/-	+	-	+
Наличие интерфейса пользователя	-	+	+	+
Наличие пользовательской документации	-	+	-	+

На основе анализа аналогов было принято решение о разработке ПО, которое должно включать в себя следующие возможности:

- автоматический расчет тепловой нагрузки и диаметра подводящей трубы;
- автоматическая генерация отчета технических условий на подключение на основе расчетов.

Помимо этого, в ПО должно быть организовано хранение видов объектов, приведенных в СНиП, и технических паспортов зданий, для дальнейшего выбора их постоянных параметров для расчетов. Также оно должно иметь интуитивный пользовательский интерфейс и документацию, чтобы сотрудникам было проще освоить ПО и удобнее работать с ним.

В качестве языка программирования ПО был выбран объектно-ориентированный язык C#, а для реализации его интерфейса – система для построения клиентских приложений Windows WPF, которая предоставляет все инструменты для создания красивого и современного дизайна. Создание ПО будет происходить в интегрированной среде разработки MS Visual Studio.

Для хранения и обработки данных была выбрана система управления базами данных Microsoft SQL Server. Такой выбор был сделан на основе опыта других разработчиков при создании ПО, в котором организована база данных и обеспечен обмен данными с ней [3, 4]. Управление данными из приложения будет происходить с помощью запросов на декларативном языке программирования SQL.

Таким образом, дальнейшее внедрение данного ПО окажет положительное влияние на работу не отдельного сотрудника, а всего предприятия в целом, так как работа каждого его отдела плотно связана друг с другом.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алишерова, Ш. Э. Разработка приложения для сотрудника туристической компании / Ш. Э. Алишерова, Е. Б. Абарникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 214-216.

2 Борисенко, А. В. Разработка системы учета развлекательного центра «Киров Парк» / А. В. Борисенко, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 220-222.

3 Кондоурова, А. А. Разработка программного обеспечения для архива университета / А. А. Кондоурова, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 312-314.

4 Мироненко, Ю. А. Формирование модели для управления взаимоотношений с клиентами для малых организаций сферы услуг / Ю. А. Мироненко, В. П. Котляров // Актуальные проблемы информационно-коммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности : материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 20-25 марта 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 142-146.

УДК 004.4

Иванов Максим Алексеевич, студент; Ivanov Maxim Alekseevich

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент; Shchelkunova Marina Evgenievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПАССАЖИРСКОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

### **MODELING AN APPLICATION TO SUPPORT THE ACTIVITIES OF A PASSENGER TRANSPORT COMPANY**

Аннотация. Данная работа посвящена проектированию приложения для автоматизации процессов на пассажирском автотранспортном предприятии.

Abstract. This work is devoted to the design of an application for automating processes at a passenger transport company.

Ключевые слова: пассажирское автотранспортное предприятие, автоматизация процессов, диаграмма прецедентов, UML.

Keywords: passenger transport company, process automation, use case diagram, UML.

Автотранспортные предприятия специализируются на предоставлении различных услуг по транспортировке пассажиров и грузов, а также по техобслуживанию состава, хранению и ремонту.

В настоящее время пассажирское автотранспортное предприятие является неотъемлемой частью современной жизни, так как преодолевать большие расстояния пешком часто не представляется возможным ввиду того, что это занимает гораздо больше времени, чем при использовании автотранспорта.

В первую очередь услуги пассажирского автотранспортного предприятия необходимы людям, у которых отсутствует личный транспорт, однако даже при наличии личного транспорта не всегда представляется возможным его использовать. Поэтому важность данного предприятия трудно переоценить, а значит эффективность такого предприятия должна поддерживаться на соответствующем уровне. С развитием информационных технологий все больше предприятий применяют автоматизацию процессов, так как это повышает скорость и надежность работы. Работа современного автотранспортного предприятия немыслима без точного учета всех операций, которые на нем происходят. Помимо основной деятельности – перевозки пассажиров, автотранспортное предприятие также осуществляет техническое обслуживание и ремонт.

Целью разрабатываемого приложения является сокращения затрат времени за счет автоматизации таких видов деятельности, как ведение журнала учета технического обслуживания, ведение журнала регистрации выезда и въезда автотранспорта, ведение рабочего графика сотрудников, а также формирование путевых листов. Разработка приложения позволит увеличить точность выполнения расписания движения.

На рисунке 1 представлена диаграмма прецедентов, показывающая взаимодействие пользователя с приложением.

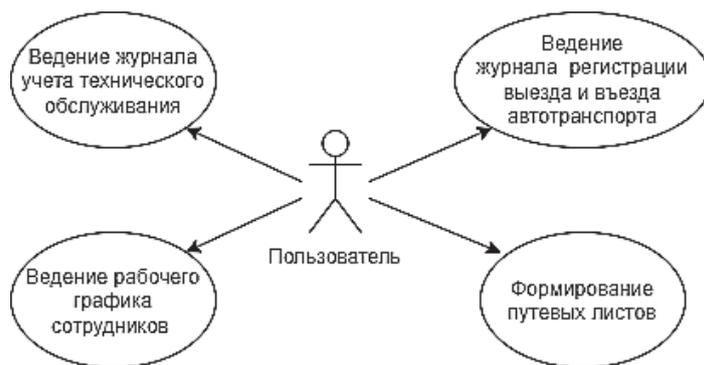


Рисунок 1 – Диаграмма прецедентов

Автотранспорт задействован в самом большом количестве грузовых и пассажирских перевозок [1]. Ведение учета необходимо, когда речь идет о предоставлении качественных услуг пассажирским автотранспортным предприятием, на котором должны контролироваться сроки и виды ремонта. Для этого на предприятии используется ведение специального журнала, в который заносятся записи о техническом обслуживании транспорта и об устранении выявленных недостатков. Его использование позволяет избежать проблем, которые могут возникнуть в процессе устранения неисправностей. Этот журнал хранит в себе записи о некоторых видах работ, а также о плановом и внеплановом техобслуживании. Он позволяет отслеживать даты технического обслуживания, а также проследить частоту возникновения поломок.

Контроль за работниками предприятия осуществляется при помощи журнала учета рабочего времени сотрудников. Осуществление такого контроля является важной задачей, что делает его востребованным для большинства предприятий. Он используется, когда необходимо отслеживать рабочее время, и чтобы не допустить возникновения неожиданных ситуаций. Он может помочь, когда необходимо учитывать количество времени, которое сотрудники предприятия проводят на своем рабочем месте. Его используют, когда необходимо решить вопрос начисления заработной платы, или для решения проблем с дисциплиной на предприятии. Также журнал учета рабочего времени сотрудников может стать обоснованием для наложения на сотрудника, нарушившего трудовой распорядок, дисциплинарного взыскания.

На основании путевого листа выполняются следующие задачи:

- компания перевозит грузы и пассажиров, рассчитывается с заказчиками транспортных услуг;

- бухгалтер учитывает, сколько потрачено топлива и смазочных материалов, амортизацию автомобиля, начисляет заработную плату водителю;
- водитель подтверждает обоснованность поездки и право управления служебным транспортом, если его остановит инспектор ГИБДД.

Журнал регистрации въезда и выезда автотранспорта на территорию предприятия – это документ, который содержит информацию о движении транспортных средств в зоне нахождения организации с фиксированием времени и цели. В нем указывают сведения обо всех транспортных средствах, въезжающих на территорию предприятия и выезжающих с нее.

Чтобы обосновать необходимость разрабатываемого приложения был проведен обзор программ, которые имеют схожесть с данной предметной областью (таблица 1).

Таблица 1 – Обзор аналогов

Характеристика	Название сравниваемого ПО			
	Planimum	Auto-CRAFT	Формула. Управление ПАТП	Разрабатываемое ПО
Ведение журнала учета технического обслуживания	-	+	+	+
Ведение журнала регистрации выезда и въезда автотранспорта	-	-	-	+
Ведение рабочего графика сотрудников	+	-	-	+
Формирование путевых листов	-	+	+	+

Для разработки программы с интерфейсом пользователя, планируется использовать язык программирования C# с технологией Windows Presentation Foundation – API-интерфейс, предназначенный для построения настольных приложений, который интегрирует разнообразные настольные API-интерфейсы в единую объектную модель и обеспечивает четкое разделение обязанностей через XAML. В качестве реляционной базы данных планируется использовать MS SQL Server, которая обладает высокой доступностью, повышенной производительностью и безопасностью.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Плющик, В. Р. Организация автосервиса / В. Р. Плющик, А. Ю. Попов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 1. – С. 435-438.

УДК 004.4

Карамышев Максим Дмитриевич, магистр; Karamyshev Maxim Dmitrievich

Петрова Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент; Petrova Anna Nikolaevna

Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

#### **РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА ЗАДАНИЙ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГО ТРЕНАЖЕРА**

#### **DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL TASK DESIGNER FOR A TRAINING SIMULATOR**

Аннотация. В данной статье определены основные требования к интерфейсу разрабатываемого программного обеспечения. Рассмотрены наиболее перспективные средства создания web-приложений. Выбраны подходящие инструменты для реализации конструктора заданий.

Abstract. This article discusses the choice of tools for the task constructor being developed. The main requirements for the developed software are determined. The most promising means of developing web-applications are considered. Tools suitable for the development of the task constructor have been selected.

Ключевые слова: разработка программного обеспечения, обучающее программное обеспечение, web-приложение, Laravel.

Keywords: software development, educational software, educational games, application development with Laravel.

Актуальность данной работы связана с необходимостью повышения заинтересованности в использовании современных технологий среди учителей. На данный момент существует множество современных компьютерных тренажеров, которые смогли бы существенно повысить эффективность обучения, однако многие учителя не спешат ими воспользоваться. Это может быть связано с недостаточно понятным интерфейсом и функционалом обучающих приложений или уровнем компьютерной грамотности среди учителей. Другой проблемой является отсутствие универсальных тренажеров, позволяющих настроить приложение под свои учебные задачи.

Целью разработки программного обеспечения является упрощение работы с компьютерными тренажерами и повышение заинтересованности в их использовании современных технологий в обучении у педагогов.

При разработке обучающих тренажеров применяют различные подходы.

В статье [1] рассматривается применение конструктора интерактивных флэш-заданий в обучении. Важным преимуществом данной среды является её открытость и универсальность, что позволяет учителям без особого труда создавать обучающие задания по различным темам. В работе [2] рассматривается применение обучающей платформы Stepik. Благодаря тому, что платформа реализована в виде web-приложения её достаточно удобно использовать в дистанционном обучении. Также стоит отметить мощный инструментарий по созданию курсов присутствующий у данной платформы.

При разработке конструктора заданий следует учитывать, что данный конструктор разрабатывается для обучающих приложения с игровыми элементами. В статьях [3, 4, 5] рассматривается разработка игровых приложений и на их основе можно сделать вывод о необходимости внедрения в конструктор заданий дополнительного функционала учитывающего эту особенность разрабатываемого приложения.

Таким образом исходя из анализа статей можно выделить наиболее важные из требований к разрабатываемому конструктору заданий:

- 1 удобный интерфейс для человека с небольшим опытом владения компьютера;
- 2 универсальность, легкая расширяемость с возможностью внедрения дополнительных модулей;
- 3 низкая требовательность к техническим средствам.

В соответствии с установленными требованиями можно сделать вывод что наиболее эффективной реализацией для конструктора является web-приложение.

Для того чтобы разрабатываемое web-приложение соответствовало современным стандартам, а также с целью упрощения его разработки следует использовать фреймворки. Среди наиболее популярных фреймворков являются Symfony, Laravel и Yii2. Сравнительный анализ данных фреймворков представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Анализ фреймворков

Laravel	Yii2	Symfony
Скорость разработки		
Наиболее простой в освоении	Легко изучается, низкий старт разработки	Высокий порог вхождения
Производительность		
Уступает в производительности Yii2 и Symfony	Наиболее производительный	Средняя производительность
Расширяемость		
В каталоге Packalyst можно найти более 10000 пакетов для Laravel	Более 3000 пакетов	Более 3000 пакетов
Сообщество и ресурсы		
Является одним из самых популярных фреймворков	Наименее популярный	Имеет большое развивающееся сообщество
Основные особенности		

1) есть LTS версии фреймворка; 2) широкая функциональность из коробки; 3) это самый стабильный фреймворк; 4) есть готовые компоненты, что позволяет использовать при создании приложений модульный подход.	1) поддерживает Ajax; 2) обеспечивает быстродействие и производительность приложений; 3) легко расширяемый фреймворк; 4) есть встроенный обработчик ошибок; подходит для разработки веб-сервисов, построенных с учётом REST (RESTful web-service).	1) самый популярный PHP-фреймворк; 2) есть встроенный пакетный менеджер Composer; 3) поддержка юнит-тестирования из коробки; 4) большое количество пакетов для расширения функциональности.
Поддержка баз данных		
Microsoft BI MongoDB MySQL PostgreSQL Redis SQLite	Microsoft BI MongoDB MySQL PostgreSQL Redis SQLite	Apache Jackrabbit CouchDB Microsoft BI MySQL MongoDB DynamoDB GraphDB MemBase MemCacheDB Microsoft BI NoSQL Oracle PostgreSQL

По результатам сравнения наиболее подходящим вариантом является Laravel, поскольку он наиболее прост в освоении и обладает объёмной документацией, что позволит существенно ускорить разработку.

Далее необходимо выбрать инструмент для front end разработки web-приложения. Среди front end фреймворков работающих с Laravel можно выделить следующие: React.js, Angular.js и Vue.js.

React – это, по сути, внешняя библиотека JavaScript, разработанная Facebook в 2013 году для пользовательского интерфейса. Это мощная библиотека, в основном используемая для создания одностраничных web -приложений или мобильных приложений.

Vue.JS – это продвинутая среда JavaScript, созданная в первую очередь для разработки пользовательского интерфейса и одностраничных приложений. Это среда JavaScript с открытым исходным кодом с адаптируемой архитектурой и основным акцентом на композицию компонентов и декларативный рендеринг. Ниже приведены основные преимущества Vue.JS:

1 Имеет виртуальный DOM, который позволяет создавать копии для всех модификаций, сделанных в Vue.

2 Предлагает ряд шаблонов на основе HTML, которые связывают DOM с данными экземпляра Vue. Затем Vue.js компилирует эти шаблоны в функции рендеринга Virtual DOM.

3 Включает привязку данных, которая помогает пользователям управлять элементами веб-страницы с помощью веб-браузера.

4 Vue.js может повторно использовать компоненты, которые помогут вам расширить базовые элементы HTML для инкапсуляции повторно используемого кода.

Angular – это хорошо известный интерфейсный фреймворк, который специализируется на создании многофункциональных одностраничных приложений. Среди ключевых особенностей Angular.js можно назвать:

1 архитектура модель-представление-контроллер;

2 двусторонняя привязка данных для сокращения времени разработки;

3 включает директивы, позволяющие разработчикам назначать особое поведение объектной модели документа (DOM) и создавать динамичный и богатый контент с помощью HTML;

4 последние версии Angular.js предлагают надежные функции обработки ошибок.

По сравнению с Angular.js и React.js, интеграция Laravel и VueJS является наиболее эффективной по сравнению с другими, потому что предлагает реактивные компоненты, которые создают отличное приложение, управляемое событиями и прост в освоении и использовании.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Галстян, А. А. Возможности использования приложения «LearningApps» при подготовке к уроку иностранного языка / А. А. Галстян // Педагогические мастерские : Сборник научных трудов. – Киров : Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2019. – С. 26-34.

2 Леоке, И. В. Использование в образовательном учреждении обучающей платформы Stepik / И. В. Леоке, Г. Н. Ушакова // Молодежная наука: тенденции развития. – 2021. – № 4. – С. 31-35.

3 Воронин, С. В. Разработка сетевой игры на C# в UNITY / С. В. Воронин, М. Е. Щелкунова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях, Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – Ч. 2. – С. 147-149.

4 Бурчинский, А. В. Разработка игры под операционную систему Android / А. В. Бурчинский, М. Е. Щелкунова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : Материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 года / Ответственный редактор Э.А. Дмитриева. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2017. – С. 168-170.

5 Штырков, Г. О. разработка компьютерной игры в среде C++ с использованием графической библиотеки / Г. О. Штырков, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 508-511.

УДК 004.04

Колот Александр Владиславович, студент; Kolot Alexandr Vladislavovich

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент; Shchelkunova Marina Evgenievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ТЕСТИРОВАНИЕ САЙТА С ПОМОЩЬЮ ОНЛАЙН-ИНСТРУМЕНТА НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

### TESTING THE SITE USING THE ONLINE LOAD TESTING TOOL

Аннотация. Работа посвящена тестированию сайта социальной сети Twitter с помощью онлайн-инструмента нагрузочного тестирования Loady.

Abstract. The work is devoted to testing the social network site Twitter with the help of an online-testing tool Loaded

Ключевые слова: тестирование производительности, нагрузочное тестирование, инструмент онлайн-тестирования.

Keywords: performance testing, load testing, online-testing tools.

Целью является исследование возможностей инструмента тестирования Loady.

Задачами являются: ознакомиться с функционалом инструмента онлайн-тестирования сайтов и серверов Loady, провести тестирование сайта Twitter.

Нагрузочное тестирование (load testing) – подвид тестирования производительности, сбор показателей и определение производительности и времени отклика программно-технической системы или устройства, в нашем случае сайте, или сервера, в ответ на внешний запрос с целью установления соответствия требованиям, предъявляемым к данной системе (устройству).

В общем случае под нагрузочным тестированием понимается практика моделирования ожидаемого использования приложения с помощью эмуляции работы нескольких пользователей одновременно. Таким образом, подобное тестирование больше всего подходит для многопользовательских систем, чаще – использующих клиент-серверную архитектуру (например, веб-серверов). Так же, стоит учесть, что результаты тестирования могут быть недостоверными из-за сетевых атак на тестируемый сайт, о чём сказано в работе [1]. Тестирование важно во многих сферах, о чём подробнее сказано в работе [2].

Для тестирования инструментом Loady был выбран сайт социальной сети Twitter. Инструмент Loady предоставляет возможность тестировать сайт по пяти критериям, таким как: время загрузки сайта, доступность сайта, скорость ответа сайта, объём данных, полученных с

сайта при первом обращении, процент успешных ответов сайта при возрастающей нагрузке. Спектр возможностей данного инструмента довольно обширный: помимо бесплатного тестирования и мониторинга нагрузки сайта (сервера) можно использовать такие режимы как случайное поведение (посещения по любым ссылкам вашего сайта, что имитирует действия настоящего посетителя), планирование (проведение теста в определённое время суток), распределение запросов (имитация посещения сайта из любой точки мира), запись сценария (создание сложного сценария с посещением разных ссылок сайта).

Перед началом тестирования, на основе возможностей инструмента тестирования был составлен список идей для тестирования:

- сайт загружается быстрее чем за 3 секунды;
- доступность сайта более 99,8 %;
- средняя скорость ответа сайта не превышает 0,4 секунды;
- объём данных, полученных с сайта при первом обращении, не превышает 1,5 Мб;
- процент успешных ответов сайта при возрастающей нагрузке более 95 %.

Исходя из приведённого списка идей был составлен тест-пакет из пяти тест-кейсов (таблица 1).

Таблица 1 – Тест-пакет

Автор: Колот Александр Владиславович	Номер спецификации: 206988	Приоритет: 1	Автор специфика- ции: сотрудник от- дела разработки компании Twitter	Разработчик: сотру- дник отдела разработки компании Twitter
Назначение: нагрузочное тестирование сайта <a href="https://twitter.com/">https://twitter.com/</a>				
Необходимые данные: 1 Интернет-соединение. 2 Доступ к сайту <a href="http://loady.com">http://loady.com</a> . Предварительные действия: 1 Запустить браузер. 2 Перейти на сайт <a href="http://loady.com">http://loady.com</a> . 3 Запустить нагрузочное тестирование сайта <a href="https://twitter.com/">https://twitter.com/</a>				
Параметр			Ожидаемый результат	
Времени загрузки сайта			<= 3 секунд	
Доступность сайта			>= 99,8 %	
Средняя скорость ответа сайта			<= 0,4 секунд	
Объём данных, полученных с сайта при первом обращении			<= 1,5 Мб	
Процент успешных ответов сайта при возрастающей нагрузке			>95%	

С помощью тест-кейсов тест-пакета было проведено тестирование сайта Twitter. Результаты тестирования представлены на рисунке 1.

По результатам тестирования было выяснено, что два из пяти тест-кейсов сайт Twitter прошёл с отрицательным результатом, а именно средняя скорость ответа сайта превысила 0,4 секунды и объём данных, полученных с сайта при первом обращении, превысил 1,5 Мб.

По результатам тестов были выявлены слабые стороны сайта Twitter – это превышение объема данных, полученных с сайта при первом обращении, которые не соответствует требованиям разработанного тест-пакета, а также низкая скорость ответа сайта. Таким образом, можно порекомендовать разработчикам исследуемого сайта уменьшить данные показатели путем уменьшения количества на нем картинок или их качества и лучше настроить логику скриптов.

Результат проверки <https://twitter.com/> за 4 октября 2021 г. 6:59:21

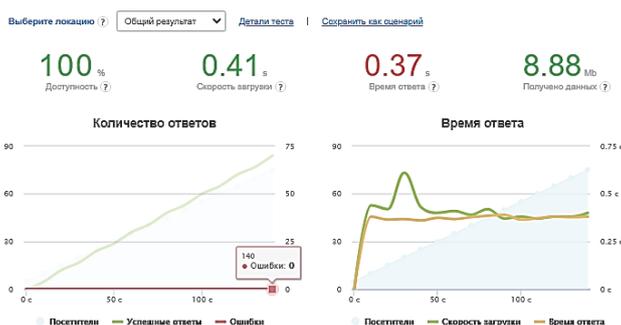


Рисунок 1 – Результаты тестирования

В процессе тестирования с инструментом Loadly не возникло затруднений – интерфейс прост и понятен даже для обычного пользователя, работа теста достаточно стабильная, одним из главных плюсов данного инструмента является то, что для проведения теста не нужен исходный код тестируемого сайта, в отличие от некоторых других инструментов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Левичев, А. Анализ защиты беспроводных сетей на устойчивость к атакам / А. Левичев, И. А. Трещёв // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 302-305.

2 Залата, Р. В. Разработка программно-аппаратного комплекса технологического контроля в среде дополненной реальности/ Р. В. Залата, В. А. Тихомиров // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 268-269.

УДК 004.4

Кортун Варвара Сергеевна, студент; Kortun Varvara Sergeevna

Петрова Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент; Petrova Anna Nikolaevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РУДОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

#### **DESIGNING A WEB-APPLICATION FOR A MINING ENTERPRISE**

Аннотация. Данная работа посвящена части проектирования web-приложения для рудодобывающего предприятия. В статье определены актуальность задачи проектирования web-приложения, выполнен обзор аналогов, разработаны структура сайта и диаграмма прецедентов.

Abstract. This work is devoted to the part of designing a web application for a mining enterprise. The article defines the relevance of the task of designing a web application, provides a review of analogues, develops a site structure and a use case diagram.

Ключевые слова: разработка сайта, проектирование web-приложения, программное обеспечение.

Keywords: website development, web application design, software.

Актуальность. У любого современного предприятия существует сайт. Это один из элементов престижа, так как именно через поисковую строку потенциальный клиент будет искать информацию о фирме.

Так же актуальность создания сайта заключается в том, что если требуется преподнести материал максимально быстро до большого количества людей, то лучше сделать это с помощью собственного сайта. Для того чтобы представить информацию о компании и о предоставляемых ею услугах, web-ресурс предоставляет возможность сделать это максимально сжато и одновременно полноценно. Сайт может рассказать потенциальным клиентам о товаре, производимом предприятием, контактах, новостях фирмы, об изменениях или режиме работы и т.д.

Таким образом, актуальность web-ресурса любого вида определяется следующими факторами [1, 2, 3]:

1 С помощью этой системы можно быстро и качественно донести информацию до каждого человека.

2 Онлайн-чат с клиентами из всех стран мира.

3 Обеспечением связи с другими регионами.

4 Привлечением потенциальных клиентов.

Совсем не каждое предприятие нуждается в большом, сложном и многофункциональном портале, но иногда бывает достаточно небольшого сайта-визитки.

Сайт-визитка состоит не более чем из десяти страниц. Web-приложение необходимо заполнить информацией о фирме или товаре, а также контактами.

Таким образом, можно выделить основную цель – привлечение новых клиентов и сотрудников предприятия.

Сравнение сайтов предприятий схожих с предметной областью, показано в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение web-приложений

Характеристика	Наименование web-приложения			
	Мечел	Петропавловск	Норникель	Разрабатываемое web-приложение
Раздел об истории компании	+	-	+	+
Раздел о структурной организации компании	+	+	+	+
Раздел о направлениях деятельности	+	+	+	+
Наличие новостного раздела	+	+	+	+
Наличие раздела для вакансий	-	-	+	+
Возможность отправки резюме	-	-	-	+
Информация о социальных программах для сотрудников	+	-	+	+
Раздел с контактной информацией	+	+	+	+
Наличие карты сайта	+	-	+	+
Возможность отправки отзывов пользователями сайта	+	-	-	+

В результате проведенного сравнительного анализа сайтов аналогичных предприятий была определена структура сайта, приведенная на рисунке 1.

На главной странице сайта расположено меню, позволяющее пользователю перемещаться по разделам.

В разделе о компании расположены история компании и ее структура. В разделе направлений деятельности расположены основные направления работы организации. В разделе новостей компании отображаются актуальные новости. Раздел работы в компании включает в себя информацию о компании, социальные программы, вакансии и отправки резюме. Раздел контактов содержит в себе контактную информацию.

На рисунке 2 представлена диаграмма прецедентов, созданная для большего понимания работы сайта.



Рисунок 1 – Структура сайта

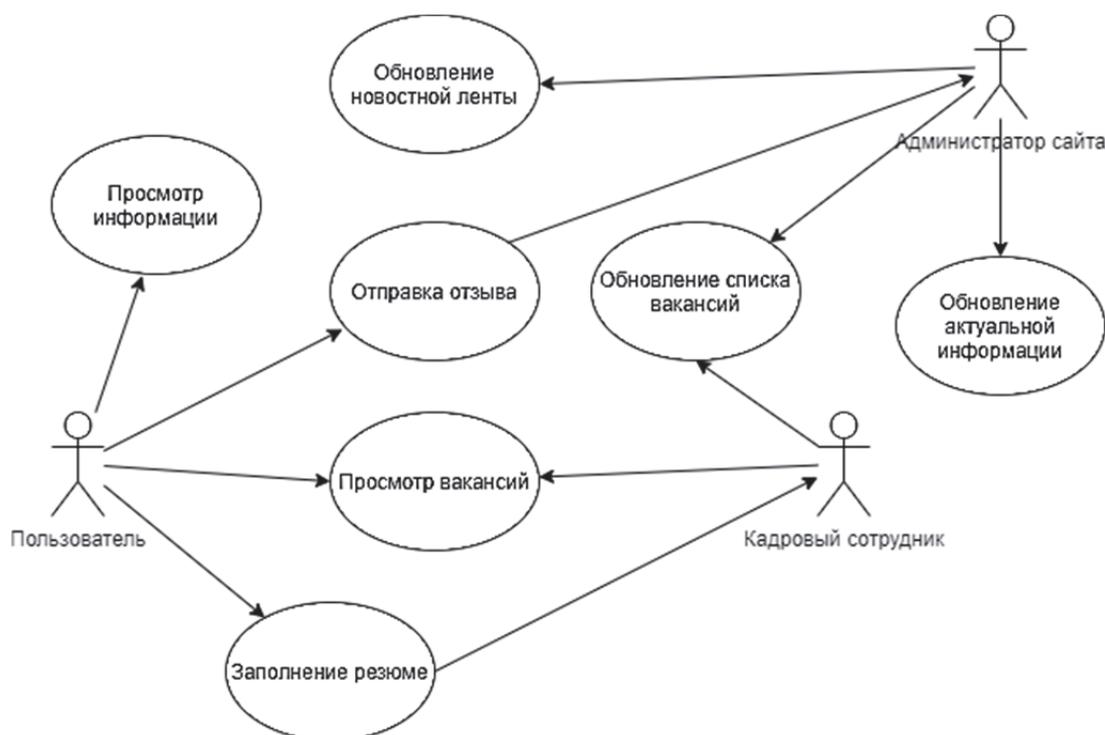


Рисунок 2 – Диаграмма прецедентов

Пользователь, являющийся потенциальным клиентом или соискателем, имеет возможность просматривать информацию на сайте, отправлять отзывы, просматривать вакансии, а также заполнять резюме.

Кадровый сотрудник имеет право на обработку заполненных резюме, просмотр вакансий и обновление списка вакансий.

Администратор сайта имеет возможность обновлять актуальную информацию, новостную ленту и список вакансий.

Планируется реализовать сайт, используя следующие технологии:

- 1 Для разметки web-приложения – HTML.
- 2 Для стилизации web-приложения – CSS.
- 3 JavaScript, отвечающий за интерактивность web-приложения.

HTML – это язык разметки, который представляет собой простые правила оформления и компактный набор структуро-семантических элементов разметки (теги). Благодаря использованию языка HTML можно описать способ представления логических частей документа (заголовки, абзацы, списки и другие) и создавать веб-страницы различной сложности.

CSS – это каскадные таблицы стилей. По сути – это язык, отвечающий за описание внешнего вида HTML-документа.

Говоря о frontend-фреймворках, планируется использовать Vue.js, так как он подходит для небольшого web-приложения или для создания MVP. Благодаря тому, что он проще, чем остальные фреймворки, нет необходимости в огромном опыте разработчика.

Со стороны серверной части web-приложения предполагается воспользоваться кроссплатформенной средой Node.js. Благодаря использованию его на стороне сервера появляется возможность запускать сценарии для обработки динамического содержимого сайта, перед тем как он будет доступен в браузере пользователя.

Планируется использовать нереляционную базу данных MongoDB, для хранения объектов с произвольным набором атрибутов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ли, Ш. Разработка сайта для мебельного салона / Ш. Ли, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв.

ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 305-307.

2 Соколов, М. В. Разработка сайта «Здоровое питание человека» / М. В. Соколов, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редакция: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 311-314.

3 Ячменев, А. А. Разработка сайта «Виртуальный фитнес-тренер» / А. А. Ячменев, Е. Б. Абарникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редакция: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 338-340.

УДК 004.4

Левченко Семен Александрович, студент; Levchenko Semyon Alexandrovich

Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент; Abarnikova Elena Borisovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ЛИЧНОГО КАБИНЕТА АБИТУРИЕНТА КНАГУ**

### **DESIGNING AN ENTRANT'S MOBILE PERSONAL ACCOUNT KNASU**

Аннотация. Данная работа посвящена проектированию мобильного приложения «Личный кабинет абитуриента КНАГУ». Определена актуальность и практическая значимость. Приведен набор схем в нотации BPMN 2.0.

Abstract. This work is devoted to the design of the mobile application "Personal account of the applicant of KNASU". The relevance and practical significance are determined. A set of schemes in BPMN 2.0 notation is given.

Ключевые слова: мобильное приложение, разработка мобильного приложения, проектирование мобильного приложения, мобильное, приложение.

Keywords: mobile application, mobile application development, mobile application design, mobile, application.

С каждым годом количество пользователей, взаимодействующих с информационными системами посредством мобильных приложений увеличивается по сравнению с десктопными версиями.

Цифровой университет – один из пунктов цифровой трансформации образования. Мобильный личный кабинет абитуриента (ЛКА) является частью информационной системы вуза.

ЛКА можно считать отправной точкой внедрения мобильных технологий в бизнес-процессы университета.

Интеграция мобильных платформ с информационной системой университета представляет собой один из путей доступа пользователя к функционалу системы. Такой подход обеспечивает более высокий уровень сервиса, предоставляемого абитуриентам на смартфонах или планшетах.

На протяжении последних лет показатель, характеризующий уровень спроса на мобильные устройства, постоянно растет. Такая статистика позволяет сделать вывод о том, что разработка мобильных приложений актуальна и целесообразна.

Мобильный личный кабинет абитуриента КНАГУ – это мобильное приложение, позволяющее абитуриенту в короткие сроки подать документы на поступление в вуз, быстро узнать своё положение и изменения в рейтинге поступающих.

Данное мобильное приложение интегрируется в информационную систему университета, что позволяет посмотреть нормативные документы университета, образовательные программы, перечни специальностей и направлений подготовки, правила приема и поступления, информацию о зачислении прошлых лет.

Выпускник школы имеет возможность скачать мобильное приложение абитуриента КнАГУ и ознакомиться с интересующей его информацией о поступлении в вуз. На протяжении всего процесса работы с приложением, пользователь имеет возможность зарегистрироваться и подать документы для поступления онлайн.

Авторизованный пользователь может просматривать собственный рейтинг, просматривать списки своих заявлений, подать заявление, обратиться за интересующей информацией к приемной комиссии.

С каждым годом количество пользователей, взаимодействующих с информационными системами посредством мобильных приложений увеличивается по сравнению с десктопными версиями.

Цифровой университет – один из пунктов цифровой трансформации образования. Мобильный личный кабинет абитуриента станет частью информационной системы вуза.

Ведется улучшение информационной системы вуза. ЛКА станет отправной точкой внедрения мобильных технологий в бизнес-процессы университета.

Интеграция мобильных платформ с информационной системой университета представляет собой один из путей доступа пользователя функционалу системы. Такой подход обеспечит более высокий уровень сервиса, предоставляемого абитуриентам на смартфонах или планшетах.

На протяжении последних лет показатель, характеризующий уровень спроса на мобильные устройства, постоянно растет. Такая статистика позволяет сделать вывод о том, что разработка мобильных приложений актуальна и целесообразна.

Анализ процесса подачи документов показал, что наиболее ресурсоемким, с точки зрения временных затрат, является не сам процесс, а оформление заявлений. Поскольку эта область деятельности достаточно жестко регламентирована, логично предположить, что именно эта часть процесса должна быть подвергнута цифровой трансформации в первую очередь.

Ввод мобильного приложения в информационную систему университета повысит лояльность абитуриентов, ведь мобильный телефон находится намного чаще в контакте с абитуриентом, чем сайт. И соответственно, посмотреть информацию о поступлении намного удобнее, нажав на нужную иконку, чем заходить на сайт.

Так же мобильное приложение повысит коммуникацию абитуриентов с сотрудниками университета в решении проблем с заявлениями и поступлением.

И это хорошее конкурентное преимущество. Не многие университеты могут похвастаться развитой информационной системой.

Некоторые функциональные модели в нотации BPMN 2.0 представлены на рисунках 1, 2.

Для реализации ЛКА применяется Android Studio, поскольку это официальная интегрированная среда разработки для создания приложений на платформе Android OS, которую поддерживает Google. Она основана на IntelliJ IDEA от компании JetBrains. Так же используется набор инструментов Android Developer Tools.

Для работы с API (Application programming interface – программный интерфейс приложения) применяется библиотека Retrofit. Это типобезопасный HTTP-клиент для Android, который позволяет не писать большую гору кода, а легко подключаться к веб – службе REST путем перевода API в интерфейсы Java.

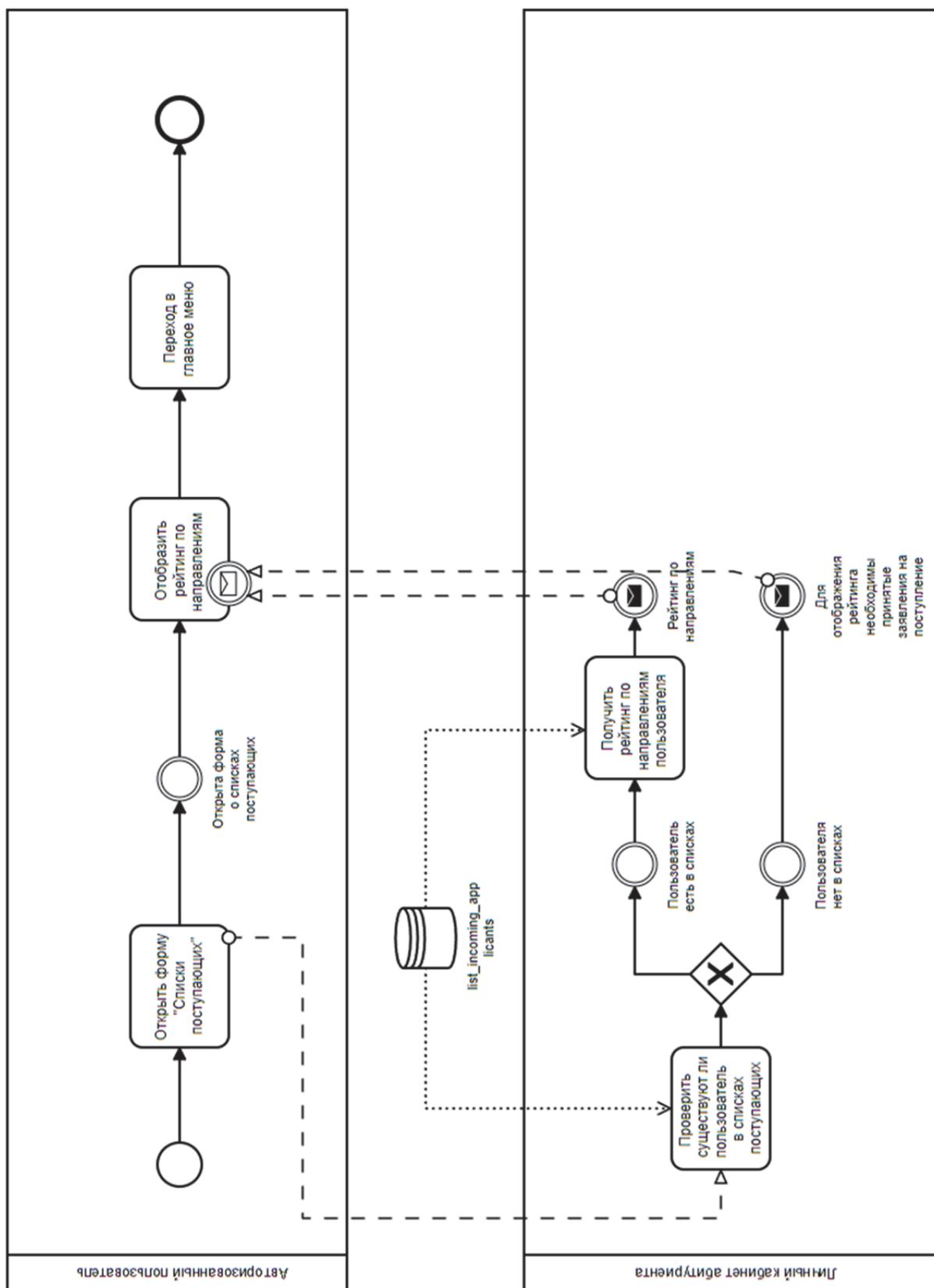


Рисунок 1 – Процесс получения рейтинга

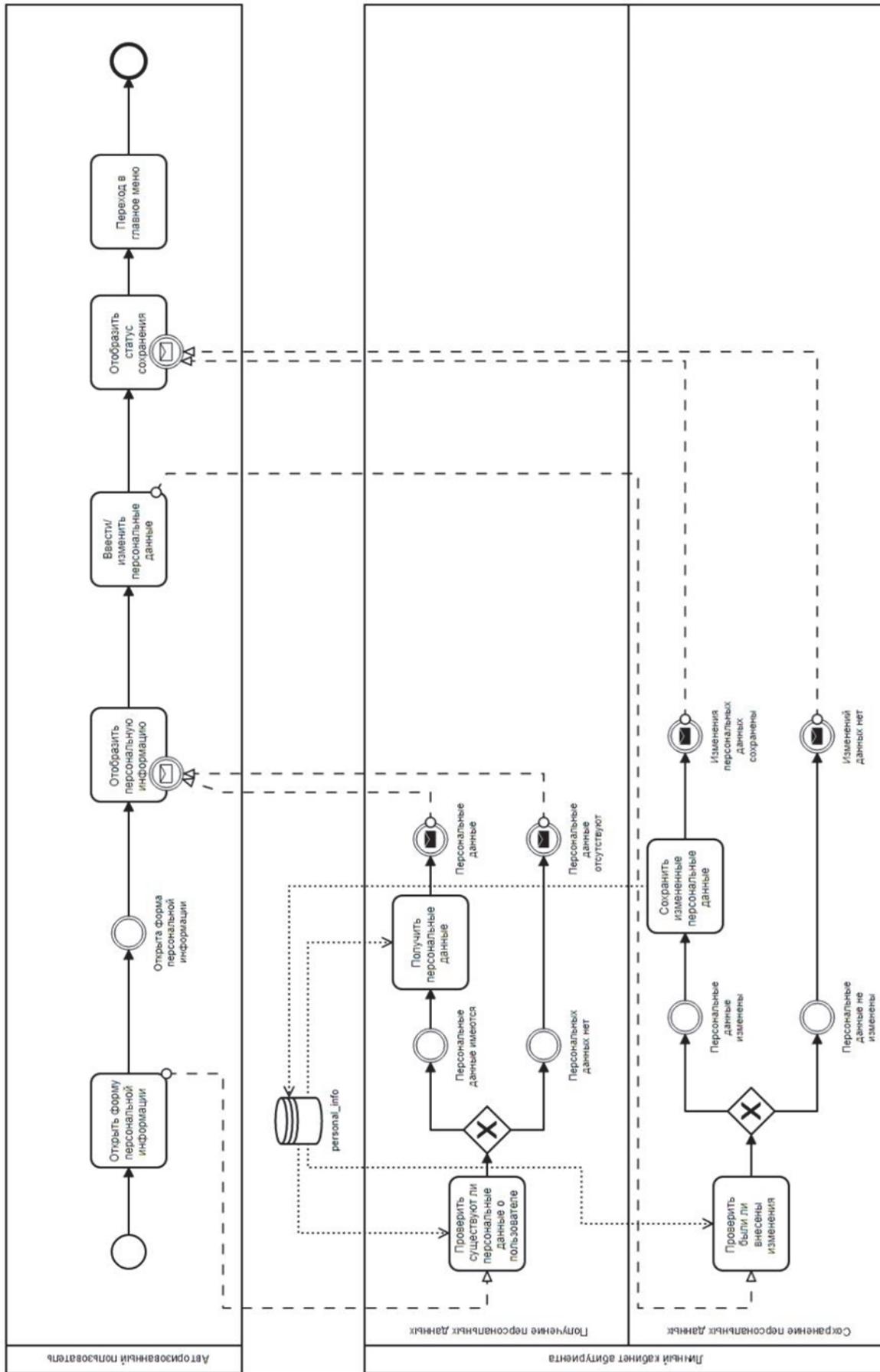


Рисунок 2 – Процесс получения и сохранения персональных данных

Для снижения зависимостей объектов друг от друга, упрощения написания тестов и тестирования кода применяется паттерн Dependency Injection. А Dagger – библиотека, которая помогает в реализации данного паттерна. Плюсы Dagger в том, что он генерирует несложный для понимания и отладки код, проверяет зависимости на этапе компиляции, не создает проблем при использовании proguard (инструмент обфускации и оптимизации Java-кода).

Для приложения была выбрана архитектура MVVM (Model-View-ViewModel), где Model – это логика, связанная с данными приложения, такими как классы для работы с API, базой данных и пр. Модель должна быть полностью независима от остальных частей приложения. View – это разметка экрана и логика отображения данных полученных от модели. ViewModel – объект, в котором описывается логика поведения View в зависимости от результата работы Model. Концепция данного подхода заключается в отделении бизнес – логики от логики представления данных путем связывания элементов представления со свойствами и событиями View – модели. Можно утверждать, что каждый слой этого паттерна не знает о существовании другого слоя.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Поддымникова, А. Е. Разработка мобильного приложения для абитуриентов СГУПС / А. Е. Поддымникова, А. А. Уланов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 354 - 357.

2 Нотация BPMN 2.0: ключевые элементы и описание. – 2021. – URL: <https://www.terrasoft.ru/page/bpmn> (дата обращения 08.12.2021).

3 Нотация BPMN. Практическое моделирование. – 2021. – URL: <https://rzbpm.ru/knowledge/bpmn-prakticheskoe-modelirovanie.html> (дата обращения 08.12.2021).

УДК 004.4

Мавровский Иван Дмитриевич, студент; Mavrovsky Ivan Dmitrievich

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент; Shchelkunova Marina Evgenievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ КЛИЕНТАМ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

### **DESIGNING AN INFORMATION SYSTEM FOR THE PROVIDING SERVICES TO CUSTOMERS OF A TRANSPORT COMPANY**

Аннотация. В данной работе рассмотрено проектирование информационной системы, ориентированной на работу по предоставлению услуг клиентам автотранспортного предприятия.

Abstract. In this paper, the design of an information system focused on the provision of services to customers of an automotive enterprise is considered.

Ключевые слова: информационная система, класс, прецедент, UML.

Keywords: information system, class, precedent, UML.

Информационная система на сегодняшний день представляет из себя совокупность средств, методов и персонала, взаимосвязанных между собой. Используется информационная система для хранения, обработки и выдачи информации для достижения цели в соответствии поставленной задачей. Совокупность отдельных частей информационной системы составляющих ее структуру формирует подсистемы, которые по определению являются частью системы, выделенной по определенному признаку. При формировании информационной системы или ее классификации постоянно возникают проблемы с описанием решаемых задач, связанные с их формальным-математическим и алгоритмическим описанием. Продуктивность и эффективность работы всей информационной системы в первую очередь зависят от степени ее формализации. Также нельзя не затронуть уровень ее автоматизации, который определяется степенью участия человека при принятии определенного решения, основанного на полученной информации.

Осуществив анализ данной темы, было принято решение о разработке информационной системы для предоставления услуг клиентам автотранспортного предприятия. Система разрабатывается для сайта данной организации. Система предназначена для автоматизации процессов

предоставления сотрудниками предприятия услуг по бронированию транспорта клиентами, а также в упрощении процесса формирования путевки с интересующими клиента параметрами транспорта для водителей, работающих на данное предприятие. Объект исследования – непосредственно, информационная система. Предметом же является информационная система для предоставления услуг клиентам автотранспортного предприятия. В ходе работы необходимо выполнить следующие задачи: описание предметной области, составление спецификации требований к системе, описание взаимодействия пользователей с программным компонентом информационной системы в виде диаграммы прецедентов, а также описание общих принципов и правил программного компонента информационной системы в виде диаграммы классов объектов. В статье [2] авторам рассматривались подобные методы разработки. При проектировании информационной системы будет задействовано такое программное обеспечение UML-разработки, как «UMLet» и «drawio».

В качестве первого этапа разработки информационной системы предоставления услуг клиентам автотранспортного предприятия было определено описание предметной области: предприятие содержит автомобили разных марок и штат водителей с допусками на определенный тип транспорта, утром на предприятие поступает заявка с указанием типа транспорта, времени оказания услуги, пунктов назначения, сотрудник формирует путевку для водителя на основе изложенной клиентом заявки.

Далее были разработаны спецификации требований, а именно: были определены функциональные требования к программе, описаны процессы взаимодействия между системой и внешним пользователем и созданы основы для моделирования прецедентов.

Следующим этапом проектирования информационной системы является построение диаграммы прецедентов для системы предоставления услуг клиентам автотранспортного предприятия (рисунок 1). Данная диаграмма описывает последовательность действий, которые совершает программа в отношении внешнего субъекта (актера). Внешними пользователями, взаимодействующими с системой являются: главный диспетчер, диспетчер. На диаграмме отображены основные актеры системы и прецеденты. Также проиллюстрированы все взаимодействия между актерами и прецедентами информационной системы.

Для данной диаграммы был определен ряд прецедентов использования системы, таких как: изменение данных о клиенте, оформление заявки, оформление путевки и т.д. Прецеденты указывают, какие функции должны быть введены в систему с точки зрения пользователей.

В процессе формирования диаграммы были учтены отношения, которые можно рассмотреть на примере прецедента изменения данных о клиенте. Данный прецедент имеет отношение включения с прецедентом выбора клиента и отношение расширения с прецедентами: изменение ФИО, изменение адреса, изменение телефона. Различие между отношениями включения и расширения состоит в том, что при втором типе отношений прецедент используется только при наступлении определенных условий.

Процесс проектирования диаграммы прецедентов осуществляется в программном обеспечении UML-разработки «UMLet» (рисунок 1). Данная среда проектирования использовалась авторами при составлении диаграмм прецедентов в статьях [1, 3].

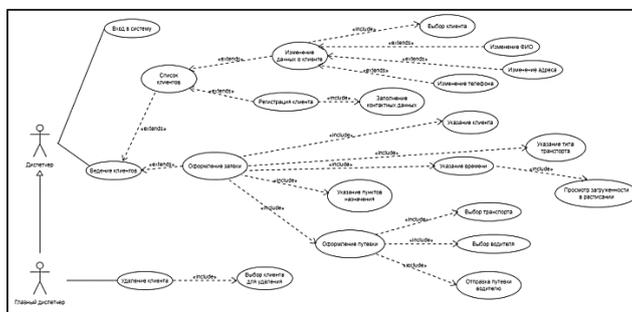


Рисунок 1 – Диаграмма прецедентов

Следующий этап проектирования информационной системы – формирование объектов и классов, определяющих логическую структуру и методы конкретного объекта путем создания диаграммы классов на основе разработанной ранее диаграммы прецедентов. Класс отвечает за обработку конкретных данных. Исходя из поставленной задачи был определен список классов объектов (рисунок 2).

<p>Классы объектов:</p> <p>Транспорт (Марка, Тип транспорта, Количество посадочных мест, Грузоподъемность, Объем вмещаемого груза, Расписание, Статус).</p> <p>Расписание транспорта (Время, Наличие брони).</p> <p>Водитель (Фамилия, Имя, Отчество, Расписание, Категория прав, Статус).</p> <p>Расписание водителя (Время, Наличие брони).</p> <p>Тип транспорта (Обозначение категории, Категория прав, Описание).</p> <p>Клиент (Фамилия, Имя, Отчество, Адрес, Телефон).</p> <p>Пункты назначения (Адрес, Описание).</p> <p>Путевка (Клиент, Тип транспорта, Транспорт, Водитель, Пункты назначения, Время заявки).</p>
---

Рисунок 2 – Список классов объектов

На основе классов объектов представляется возможным построение диаграммы классов объектов. Процесс проектирования диаграммы классов осуществляется в программном обеспечении UML-разработки «drawio» (рисунок 3). Стоит отметить, что похожие методы UML-разработки были задействованы в статьях [2, 4]. В приведенном фрагменте диаграммы были описаны разные виды отношений между классами. Связь классов список водителей, водитель и путевка сформирована путем использования ассоциаций. Представление ассоциации между классом список водителей и водителем осуществляется как один-ко-многим. Отдельный экземпляр класса список клиентов может быть связан с несколькими экземплярами класса водитель, на что указывает двойная стрелка. Тот же подход описан для классов водитель и путевка. Связь классов водитель и расписание водителя сформирована путем использования агрегирования, на что указывает ромбик. Это говорит о том, что класс водитель включает в себя класс расписание водителя, а значит и все элементы этого класса. Подобные связи были использованы по всей диаграмме классов.

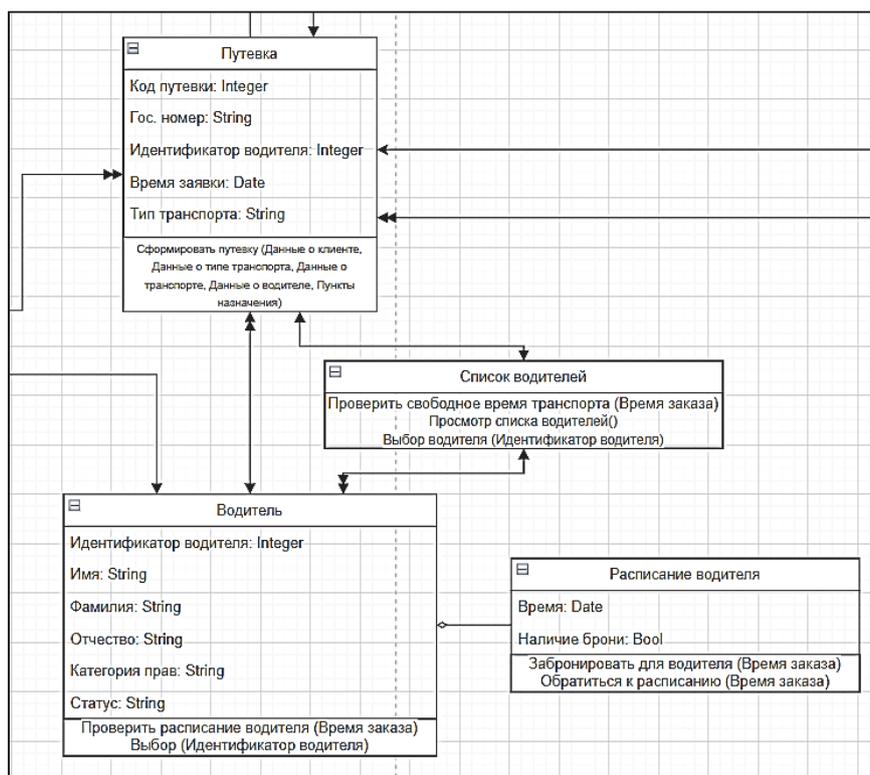


Рисунок 3 – Фрагмент классов и их отношений на диаграмме

Непосредственно программный компонент информационной системы будет реализован в операционной системе Windows 10 с использованием языка программирования C# в среде разработки Visual Studio. Для разработки программного компонента информационной системы предоставления услуг клиентам транспортного предприятия будет использовано следующее аппаратное обеспечение: компьютер с процессором AMD Ryzen 3 поколения с тактовой частотой 3200 МГц, оперативная память объёмом 8 Гб, сетевая карта.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Еремеев, А. А. Разработка программного обеспечения обучающей игры «Школьная библиотека» / А. А. Еремеев, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 195-197.

2 Баранова, С. В. Разработка сервиса получения онлайн-услуг по технологическому присоединению к инженерным сетям регионального сегмента / С. В. Баранова, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 221-224.

3 Иванчихина, А. А. Разработка программного обеспечения обучающей игры по информатике на тему «Информация и ее кодирование» / А. А. Иванчихина, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 223-224.

4 Морошкин, Е. М. Разработка программного обеспечения обучающей игры по информатике на тему «Информация и ее кодирование» / Е. М. Морошкин, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 257-258.

УДК 004.4

Мастевной Сергей Сергеевич, студент; Mastevnoy Sergey Sergeevich

Петрова Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент; Petrova Anna Nikolaevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **DATA MINING: ОБЗОР МЕТОДОВ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

### **DATA MINING: OVERVIEW OF METHODS AND AREAS OF THEIR APPLICATION**

Аннотация. Данная статья посвящена краткому обзору методов Data Mining в период информационной эры. Все методы по способу работы с данными можно разбить на два вида: методы, в которых используются исключительно данные, и дистилляция шаблонов. Примером первого вида является кластеризация – процесс отбора и формирования кластера по определенному типу данных, примером второго вида – кросс-табуляция.

Abstract. This article is devoted to a brief overview of Data Mining methods during the information age. According to the method of working with data, all methods can be divided into two types: methods that use only data, and template distillation. An example of the first type is clustering – the process of selecting and forming a cluster according to a certain type of data, an example of the second type is cross-tabulation.

Ключевые слова: data mining, анализ данных, большие данные, технологии обработки информации.

Keywords: data mining, data analysis, big data, information processing technologies.

С началом информационной эры и без того большой объем информации с каждым годом только растет. Интернет-пространство захламлено посредственными и однотипными пересказами, многие компании и корпорации скопили огромное количество данных, которые необходимо анализировать. Эти объемы настолько велики, что во многих случаях человеческие возможности спадают на нет. Справится с этой проблемой помогает Data Mining – способ анализа больших массивов данных и вычленения из них полезной информации для разрешения требуемых задач.

Впервые термин Data Mining ввел Григорий Пятецкий-Шапиро. Целью данного метода является поиск полезной информации. Важность такого рода информации показана в работах [1, 2].

Data Mining может включать в себя от двух до трех стадий. Первая, свободный поиск, подразумевает нахождение закономерностей. Вторая, прогностическое моделирование, подразумевает нахождение каких-либо значений с помощью выявленных на первой стадии закономерностей. Третья, анализ исключений, подразумевает поиск и трактовку ошибок, найденных в закономерностях.

Методы по способу работы с данными можно разбить на два вида: методы, в которых используются исключительно данные, и дистилляция шаблонов.

В первом случае подробно представленные исходные данные, применяются на второй и третьей стадии Data Mining. Существенным минусом данной группы является сложность в анализе громоздких объемов данных. К методам этого вида относятся: кластерный анализ, метод ближайшего соседа, метод k-ближайшего соседа, рассуждение по аналогии.

Во втором случае, дистилляция шаблонов подразумевает преобразование части исходных данных в систематизированную конструкцию. В этом виду относятся методы: логические, визуализации, кросс-табуляции.

Рассмотрим по одному примеру методов каждого вида.

К первому виду относится кластеризация, которая также упоминалась в статье [3]. Кластеризация – процесс отбора данных и упорядочивания объектов в относительно однородные классы на основе сравнения этих объектов. Данный анализ, состоящий из различных наборов алгоритмов, разделяет начальное множество объектов на группы. Наиболее популярным и наглядным представлением результата такого анализа является дендограмма. Пример приведен на рисунке 1.

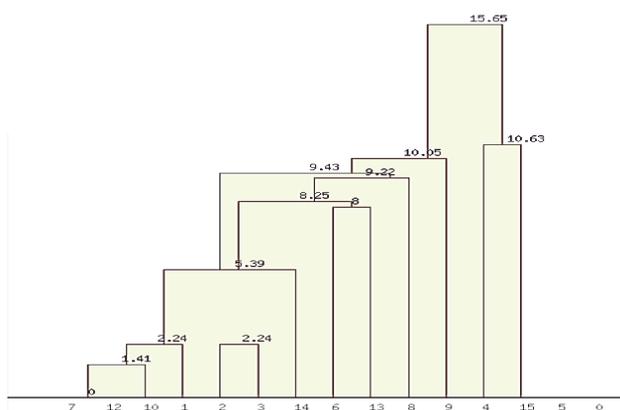


Рисунок 1 – Пример дендограммы

Данный метод не приписан к какой-то определенной области. Кластеризация применяется в психиатрии, медицине, археологии и т.д. В первом случае, диагностика симптомов пациента с помощью кластерного метода позволяет поставить план терапии. Во втором случае, рассматриваемый метод помогает в классификации болезней или симптомов. В третьем случае, посредством кластерного анализа классифицируются археологические объекты.

Ко второму виду методов, рассматриваемых Data Mining, относится кросс-табуляция. Это относительно простая форма анализа, обычно используемая в отчетах.

В качестве примера возьмем и используем данный метод на маркетинговом исследовании местного фитнес-центра, в котором был проведен опрос среди клиентов по продолжительности пребывания в спортзале в промежутке одного занятия. Для упрощения визуализации и анализа полученной в ходе опроса информации был выбран кросс-табличный метод (один из методов кросс-табуляции) показанный в таблице 1.

Таблица 1 – Пример использования кросс-табуляции

Время пребывания в фитнес-центре (часы)	Возраст			Количество опрошенных клиентов
	до 25 лет	25-45 лет	после 45 лет	
Менее 1	5	8	6	19
1-1,5	35	42	16	93
Более 1,5	14	46	24	84
Всего	54	96	46	196

По данным таблицы видно основную аудиторию и время, затрачиваемое на одно занятие. Эти данные помогают маркетологам в исследовании рынка.

Без использования методов Data Mining обработка больших объемов информации была бы сложна. Сравнив методы, можно сделать вывод, что последний более понятен в визуальном представлении для обычного пользователя.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Минченко, В. Разведка на основе открытых источников (OSINT) и ее методология в современных реалиях / В. Минченко, Г. Ф. Вильдяйкин // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 319-322.

2 Недиков, И. О. Разработка агрегатора данных для оптимизации автономных гибридных энергетических систем / И. О. Недиков, В. Д. Бердонос // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 338-340.

3 Свирина, Е. А. Обзор методов анализа успеваемости студентов вуза / Е. А. Свирина, А. А. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 379-382.

УДК 004.4

Мастевной Сергей Сергеевич, студент; Mastevnoy Sergey Sergeevich

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент; Shchelkunova Marina Evgenievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **АЛЬФА- И БЕТА-ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ «ЛАБИРИНТ»**

#### **ALPHA AND BETA TESTING OF THE «MAZE» PROGRAM**

Аннотация. Данная работа посвящена выявлению необходимости и важности альфа- и бета-тестирования для программ. Сам процесс тестирования подразумевает сравнение ожидаемого результата с фактическим. Таким образом, если они не совпадают, выявляются ошибки, исправив которые, программа становится готовым продуктом. В качестве примера была протестирована игра «Лабиринт», разработанная на языке Visual Basic.

Abstract. This work is devoted to identifying the need and importance of alpha and beta testing for programs. The testing process itself involves comparing the expected result with the actual one. Thus, if they do not match, errors are detected, after correcting which, the program becomes a finished product. As an example, the game «Maze», developed in Visual Basic, was tested.

Ключевые слова: альфа-тестирование, бета-тестирование, выявление ошибок, ожидаемый результат, фактический результат, игра «Лабиринт».

Keywords: alpha testing, beta testing, error detection, expected result, actual result, «Maze» game.

Все программы выполняют заложенные в них алгоритмы, которые пишет человек. Человеку как живому существу свойственно постоянно ошибаться, так он учится. Продукты, созданные им, несмотря на свой безупречный вид могут иметь множество изъянов. Тестирование программного обеспечения служит помощником, поисковиком различных ошибок путем сравнение реального и ожидаемого результатов. Стоит отметить, что значимость тестирования также упоминалась в работах [1, 2, 3].

Для того, чтобы лучше изучить и понять, как проходит альфа- и бета-тестирование была разработана игра «Лабиринт» на языке программирования Visual Basic в Microsoft Excel. Про-

граммный код реализует генерацию одной из двух ранее созданных карт и передвижение персонажа по игровой области с помощью кнопок. Имеются четыре вида объектов: пустые поля – белые, стены – черные, игрок – зеленый, выход – красный. При попадании на красную ячейку игра заканчивается. Интерфейс программы во время прохождения игры представлен на рисунке 1.

После разработки продукта, его необходимо протестировать. Первым этапом является альфа-тестирование – вид тестирования, направленный на выявление основных недочетов программы. Проверкой, происходившей на стороне разработчика, занималась небольшая команда тестировщиков, численностью равной десяти.

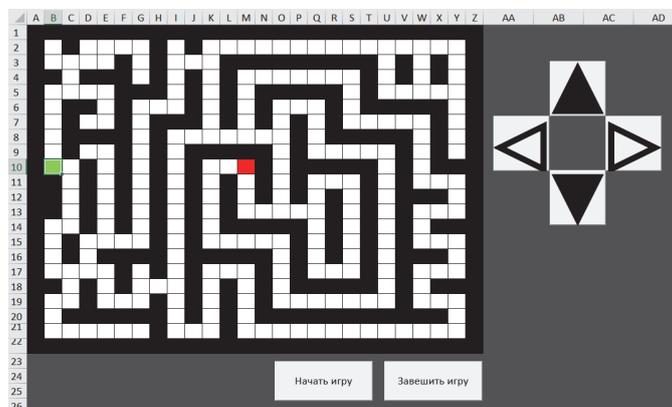


Рисунок 1 – Интерфейс программы во время прохождения

Члены команды обнаружили на этом этапе две ошибки: первая – невозможность досрочно завершить игру, вторая – неверно работающая игровая кнопка для смещения персонажа (зеленой ячейки) вниз. Тестировщики предоставили отчеты по альфа-тестированию, приведенные в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Отчет по альфа-тестированию № 1

Приоритет: 1		
Идея: Возможность досрочно завершить игру на любом моменте игрового процесса		
Действия	Ожидаемый результат	Результат теста
<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Запустить игру.</li> <li>2 Нажать на кнопку «Сгенерировать лабиринт».</li> <li>3 Нажать на кнопку «Начать игру».</li> <li>4 Выполнить два шага передвижения зеленого квадрата к красному, используя игровые кнопки (влево, вправо, вниз, вверх) на интерфейсе.</li> <li>5 Нажать на кнопку «Завершить игру»</li> </ol>	Появление на экране надписи «Лабиринт»	Смещение персонажа (зеленой ячейки) влево

Причиной обеих ошибок был неверно выбранный макрос. В первом случае – для кнопки «Завершить игру», при нажатии на которую персонаж смещался влево, во втором – для игровой кнопки «Вниз», помеченной стрелочкой с характерным направлением. Ошибки были исправлены командой разработчиков. По завершению альфа-тестирования, которое длилось значительную часть времени, было принято решение перейти к бета-тестированию.

Таблица 2 – Отчет по альфа-тестированию № 2

Приоритет: 1		
Идея: Возможность сместить персонажа (зеленую ячейку) вниз на пустое поле		
Действия	Ожидаемый результат	Результат теста
<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Запустить игру.</li> <li>2 Нажать на кнопку «Сгенерировать лабиринт».</li> <li>3 Нажать на кнопку «Начать игру».</li> <li>4 Сместиться персонажем (зеленой ячейкой) так, чтобы под ним был проход (белая ячейка).</li> <li>5 Нажать на игровую кнопку, стрелка которой указывает вниз</li> </ol>	Смещение персонажа (зеленой ячейки) вниз	Персонаж (зеленая ячейка) остался на том же месте

Бета-тестирование – тестирование, при котором продукт, находящийся на последних стадиях разработки, проходит очень много проверок представителями потенциальных пользователей для того, чтобы выявить и исправить как можно больше ошибок перед его распространением.

После рассылки о скором выходе игры и начала бета-тестирования было найдено множество желающих стать бета-тестерами. За период бета-тестирования было выявлено несколько недочетов, касающихся интерфейса, и серьезная ошибка, отчет по которой показан в таблице 3.

Таблица 3 – Отчет по бета-тестированию

Приоритет: 1		
Идея: Нельзя изменить положение персонажа при помощи мышки		
Действия	Ожидаемый результат	Результат теста
1 Запустить игру. 2 Нажать на кнопку «Сгенерировать лабиринт». 3 Нажать на кнопку «Начать игру». 4 Щелкнуть кнопкой мышки в любое место лабиринта	Персонаж остался на месте, активная ячейка не изменилась	Персонаж остался на месте, активная ячейка изменилась

В результате бета-тестирования были исправлены все найденные недочеты в реализации интерфейса и одна серьезная ошибка в защищенности изменения структуры лабиринта. Длительность альфа-тестирования превышала почти в два раза длительность бета-тестирования.

Исправление данной ошибки осуществлялось с помощью встроенной в Microsoft Excel функции защиты ячеек от форматирования. На вкладке «Рецензирование», в группе «Защита», была нажата кнопка «Защитить лист», во всплывшем окне убраны все галочки и отмечен единственный пункт «Форматирование ячеек». Результат защищенной игры представлен на рисунке 2. Активная ячейка с игроком не подсвечена.

После проведения альфа- и бета- тестирования и устранения ошибок, было принято решение о том, что игра готова к выпуску. Только благодаря проведению тестированию игра смогла принять приемлемый для продукта вид.

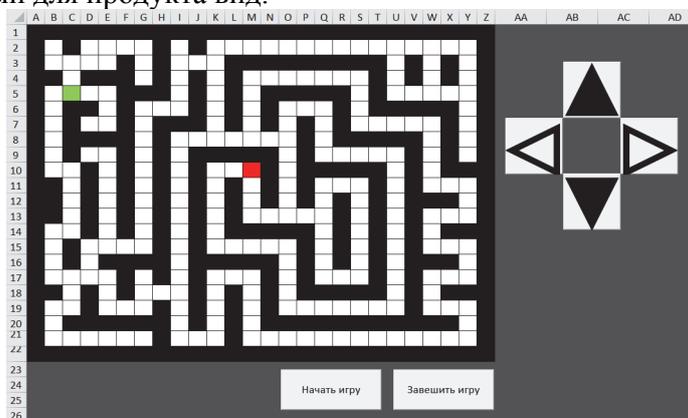


Рисунок 2 – Исправленная в ходе бета-тестирования ошибка

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Еремеев, А. А. Разработка программного обеспечения обучающейся игры «Школьная библиотека» / А. А. Еремеев, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 195-197.

2 Иванчихина, А. А. Разработка программного обеспечения обучающей игры по информатике на тему «Информация и ее кодирование» / А. А. Иванчихина, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 222-225.

3 Павлюк, Е. И. Модель системы адаптивного тестирования учащихся / Е. И. Павлюк, Е. Б. Абарникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 281-283

УДК 004.9

Нацвин Алексей Викторович, аспирант; Natsvin Alexey Viktorovich  
Амурский государственный университет

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МАКЕТИРОВАНИЕ АЛБАЗИНСКОГО ОСТРОГА В 1685 ГОДУ**

### **COMPUTER PROTOTYPING OF THE ALBAZINSKY FORTRESS IN 1685**

Аннотация. В работе рассматривается практичность использования приложений для работы с компьютерной графикой для исторической реконструкции объекта деревянного зодчества XVII века, а именно: анализ существующих исторических источников, работа с топографическими планами раскопок, и последующее трехмерное моделирование, и практическая реализация физического макета изготовленного с использованием технологии трехмерной печати.

Abstract. The paper considers the practicality of using applications for working with computer graphics for the historical reconstruction of the object of wooden architecture of the XVII century, namely: analysis of existing historical sources, work with topographic excavation plans, and subsequent three-dimensional modeling and practical implementation of a physical layout made using three-dimensional printing technology.

Ключевые слова: 3D-моделирование, 3D-печать, Албазинский острог, макет, IT-технологии.  
Keywords: 3D modeling, 3D printing, Albazinsky fortress, scale model, IT technologies.

На данный момент сохранение и реконструкция памятников нашей истории является довольно значимой проблемой. Применение информационных технологий, таких как трехмерное моделирование, позволяет получить существенный прогресс реконструкции исторических объектов. В Амурской области одним из наиболее важных объектов исторического наследия является первое русское укрепление на Амуре – Албазинский острог. В данном материале будет рассмотрена репликация острога по состоянию до начала первой осады (1685 год).

На данный момент существуют различные подходы к реконструкции Албазинского острога: макетирование; художественный эскиз; топографический план, сделанный на компьютере; компьютерный эскиз. Основной недостаток макетирования, в случае ошибки переделке может подвергнуться весь макет, что довольно трудоемко, то же касается и художественного эскиза. Существующие компьютерные реализации не использовали всех современных исторических данных. Поэтому была поставлена следующая цель: реконструировать общий вид основных архитектурных построек Албазинского острога по его состоянию на 1685-й год и с применением современных информационных технологий [1].

Первым этапом исследования является анализ существующих исторических и археологических данных. Существует несколько документов, в которых говорится о внешнем виде и о конфигурации сооружения – это росписи 1674 и 1684 года, а также различные донесения, рапорты. Со стороны Китая это были свидетельства осады крепости, написанные Лантанем – маньчжурским полководцем, руководившим осадой крепости, и главный графический источник рисунок «Luosha» из атласа XVII века, хранящегося в библиотеке конгресса США [2].

Другим важными источниками об остроге являются топографические планы раскопок. На Албазинском городище было проведено три экспедиции: первая экспедиция 1974–1976 гг. с продолжением в 1979–1980 гг. под руководством В.В. Сухих и С.Г. Глинского; вторая 1988-2002 гг. под руководством А.Р. Артемьева; третья 2011-2016 гг. под руководством А.Н. Черкасова [4].

Итогом анализа исторической и археологической информации являлся план острога с внутренним устройством. Данный план был составлен по алгоритму, описанному далее. На топографический план, составленный третьей экспедицией, был нанесен раскоп воскресенской церк-

ви, найденный той экспедицией. Далее на карту наносится раскоп северо-восточной угловой башни и раскоп южной проездной башни-колокольни, найденный второй и первой экспедициями соответственно. Далее, путем перевода старорусских величин, таких как аршин  $\approx 0,72$  м, маховая сажень  $\approx 1,8$  м и казенная сажень  $\approx 2,16$  м, из росписей были получены основные размеры построек и стен и далее были расположены в соответствии с раскопами. С помощью информации из картографического рисунка «Luosha» дополняем облик основных построек, а также получаем внутреннее устройство острога [3]. Вышеописанные действия выполняются в графическом редакторе GIMP.

Следующим этапом работы является создание чертежей каждой постройки [4]. В качестве примера представлен чертеж южной проездной башни-колокольни (рисунок 1, а), выполненный в системе автоматизированного проектирования КОМПАС.

Дальнейшим наиболее трудоемким этапом выступает трехмерное моделирование. Согласно чертежам, дополняя информацией об исторических аналогах создается детализированная модель в программном обеспечении трехмерного моделирования Blender. Виртуальное строительство ведется по аналогии с реальным, для этого используются доски, брус и бревна, интерпретируемые в программном обеспечении как прямоугольные параллелепипеды и цилиндры. Для оптимизации процесса моделирования данные элементы были унифицированы.

Трехмерный объект в процессе адаптируется под условия дальнейшей трехмерной печати:

1) Для снижения затрат материала, происходит максимальное упрощение внутреннего устройства сооружений.

2) Из-за ограниченной области печати используемого 3D-принтера и применяемой технологии FDM (FDM – технология трехмерной печати, в которой изделие «выращивается» путем наплавления филамента (термопластика), модель фрагментируется и создаются различные узлы для последующей сборки. Таким образом проездная башня разбивается на 21 печатный модуль (рисунок 1, б), при этом весь макет включает в себя 327 деталей.

3) Для размещения макета был выбран масштаб 1:72, что повлекло за собой введение ограничения на максимальную детализацию.

Готовые модели проходили обработку слайсером Cura. Слайсер – это программное обеспечение, предназначенное для преобразования трехмерной модели в файл инструкций для 3D-принтера. Печать происходит с применением термопластика PLA (полилактид), данный пластик был выбран в связи с прочностью и отсутствием усадки при изготовлении изделий [5].

После прохождения трехмерной печати детали проходят физическую обработку с целью удаления каймы (специальная область вокруг основания модели, необходимая для дополнительного удержания во время печати), поддержек (специальной пластинчатой структуры, предотвращающей расплывание еще не остывшего пластика во время печати). Далее происходит сборка готового изделия (рисунок 1, в).

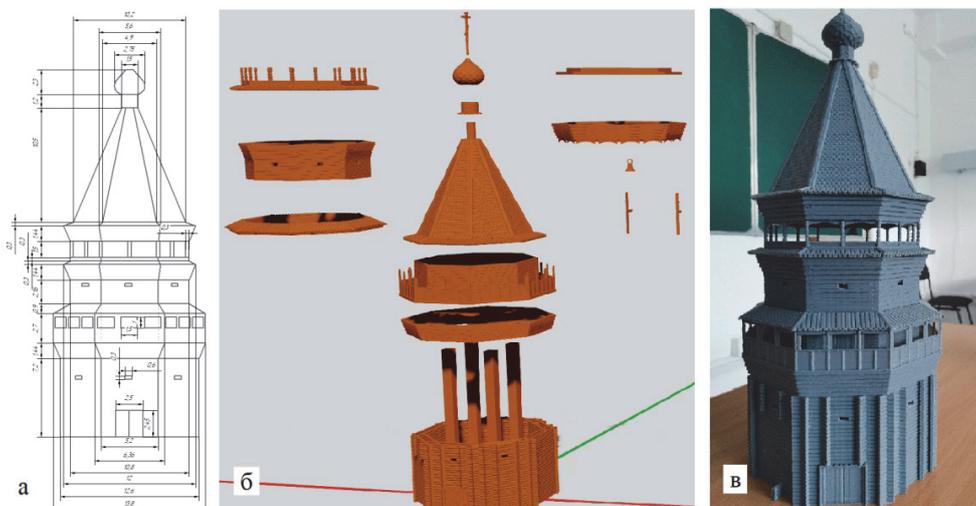


Рисунок 1 – Этапы реализации южной проездной башни-колокольни:  
а – чертеж; б – разобранная на печатные фрагменты трехмерная модель;  
в – собранная физическая реплика



Рисунок 2 – Макет Албазинского острога, установленный в научном музее Амурского государственного университета

Использование цифровых технологий обеспечивает гибкость в осуществлении виртуальной реконструкции, позволяя оперативно вносить изменения. Основную научную ценность проведенного квалификационного исследования представляет виртуальная реконструкция Албазинского острога, имеющая существенное отличие от его традиционных репликаций.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности тиражирования физической трехмерной модели острога, которая может быть востребована для экспозиции в музеях Российской Федерации. Следующим этапом исследования станет реконструкция деревоземляной крепости 1686 года.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Еремин И.Е., Трухин В.И., Бугаев С.Н. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. I // Информатика и системы управления. – 2019. – № 4(62). – С. 10-25.

2 Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. II // Информатика и системы управления. – 2020. – № 2(64). – С. 43-56.

3 Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И., Лохов А.Ю. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. III // Информатика и системы управления. – 2020. – № 3(65). – С. 14-25.

4 Еремин И.Е., Нацвин А.В., Трухин В.И., Черкасов А.Н. Трехмерное компьютерное моделирование Албазинского острога периода 1684 г. IV // Информатика и системы управления. – 2020. – № 4(66). – С. 3-16.

5 Low cost 3D Printing for Science, Education & Sustainable Development – URL: <http://sdu.ictp.it/3D/book.html> (дата обращения: 25.01.2022).

УДК 004.4

Никитина Валентина Олеговна, студент; Nikitina Valentina Olegovna

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент; Shchelkunova Marina Evgenievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ТЕСТИРОВАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА НА ПРИМЕРЕ МОДУЛЯ «ОТО AR»**

#### **TESTING THE USER INTERFACE ON THE EXAMPLE OF THE «OTO AR» MODULE**

Аннотация. В данной работе описывается тестирование пользовательского интерфейса, приводятся примеры тест-кейсов и анкеты для тестирования, рассматриваются варианты отчетов по тестированию и рекомендации по устранению выявленных в ходе тестирования замечаний.

Abstract. This paper describes testing the user interface, provides examples of test cases and questionnaires for testing, considers options for testing reports and recommendations for eliminating the comments identified during testing.

Ключевые слова: тестирование пользовательского интерфейса (GUI-тестирование), спецификация программного обеспечения, тест-кейсы, анкетирование, дополненная реальность (AR).

Keywords: user interface testing (GUI testing), software specification, test cases, questionnaires, augmented reality (AR).

Тестирование пользовательского интерфейса (по-другому GUI-тестирование) – это тестирование с имитацией действий пользователя (с помощью специальных тестовых фреймворков). Тестирование GUI включает проверку экранов с помощью элементов управления, таких как меню, кнопки, значки и все типы панелей: панель инструментов, строка меню, диалоговые окна, окна и т. д. Цель тестирования графического интерфейса пользователя (GUI) – обеспечить функциональность интерфейса пользователя согласно спецификации [1].

Целями такого тестирования являются:

- выявление ошибок функциональности;
- выявление необработанных исключений при взаимодействии с интерфейсом;
- выявление потери или искажения данных, передаваемых через элементы интерфейса;
- выявление ошибки в интерфейсе (несоответствие проектной документации, отсутствие элементов интерфейса) [2].

Особенность тестирования пользовательского интерфейса заключается в том, что тест-планы для проверки пользовательского интерфейса, как правило, представляют собой сценарии, описывающие действия пользователя при работе с системой. Выполнение тестов при этом производится либо оператором в ручном режиме, либо системой, которая эмулирует поведение оператора.

В целом, успех программного продукта во многом зависит от того, как графический интерфейс взаимодействует с пользователем и облегчает использование его различных функций. Следовательно, тестирование GUI очень важно. Ручное тестирование GUI иногда может быть повторяющимся и скучным и, следовательно, подверженным ошибкам. Автоматизация настоятельно рекомендуется для тестирования графического интерфейса [3].

Рассмотрим этот вид тестирования на примере модуля «ОТО AR» [4], который предназначен для визуализации 3D-моделей техборок и мест расположений дефектов с помощью технологии дополненной реальности и является частью системы Мобильный АРМ Контроллера, используемого контроллерами цехов агрегатно-сборочного производства авиастроительного завода КНААЗ.

Согласно руководствам по тестированию пользовательского интерфейса [5 - 7] сформулируем идеи для тестирования:

- 1 у не менее 80 % пользователей при работе в ПО на планшете более получаса не наблюдается зрительная и умственная нагрузки;
- 2 не менее 80 % пользователей считают, что ПО не содержит перегруженности данных, отвлекающей анимации, и элементы пользовательского интерфейса маленького размера (текст, кнопки и другие);
- 3 не менее 80 % пользователей не наблюдают задержку в отображении 3D-информации более 5 мс [1];
- 4 не менее 80 % пользователям удобны и понятны действия по созданию дефекта в ПО;
- 5 не менее 80 % пользователям удобны и понятны действия по позиционированию эскиза в ПО;
- 6 не менее 80 % пользователям для выхода из ПО в Мобильный АРМ Контроллера понадобится не больше двух кликов;
- 7 не менее 80 % пользователей считают, что в ПО реализовано достаточно функционала для выполнения операций ОТО с AR;
- 8 не менее 80 % пользователей поставили оценку визуальной части ПО не меньше семи баллов;
- 9 не менее 80 % пользователей считают, что пользовательский интерфейс ПО выполнен в едином графическом дизайне в стиле Мобильного АРМ Контроллера;
- 10 не менее 80 % пользователей отметили удобство в получении информации о 3D компонентах в ПО.

Был взят критерий не менее 80 % пользователей, поскольку он считается оптимальным, чтобы считать ПО протестированным с учетом субъективности оценки пользователей [8]. Кроме того, при тестировании использовались критерии для приложения под AR [4].

В таблицах 1, 2 представлены примеры анкеты и тест-кейса для данного тестирования.

Таблица 1 – Анкета для тестирования пользовательского интерфейса

1 Насколько удобным является интерфейс программы?			
Неудобный	Немного неудобный	Нормальный	Удобный
2 Насколько сложно Вам выполнять ОТО в данной программе?			
Очень сложно	Скорее сложно	Просто	Очень просто
3 Достаточно ли реализованных функций для выполнения ОТО в AR?			
Недостаточно	Нужно добавить еще	Пока не знаю	Достаточно
4 Наблюдается ли перегрузка зрительной информации при работе в программе?			
Да, сильно	Да, немного	Практически нет	Нет
5 Насколько быстро программа сохраняет и обновляет данные?			
Медленно	Немного медленно	Со средней скоростью	Быстро
6 Как Вы оцениваете внешний вид программы?			
Плохой	Нормальный	Хороший	Очень хороший
7 На сколько точно происходит позиционирование в программе?			
более 7 мм	5-6 мм	3-4 мм	1-2 мм

Таблица 2 – Тест-кейс № 3

Приоритет: 1	Тест 3	1
Идея: пользователю удобны и понятны действия по позиционированию эскиза в программе		
История изменений		
Дата создания: 10.01.2022 Никитина В.О.		Инициализация теста
Выполнение		
Процедура		Ожидаемый результат
1 запустить программу ПО «ОТО AR»; 2 выбрать эскиз и нажать кнопку «Продолжить»; 3 в открывшемся окне «Позиционирование» выбрать раздел «По точкам»; 4 выполнить позиционирование по точкам и нажать кнопку «Применить»; 5 проверить, что эскиз спозиционировался; 6 ответить на вопрос: «Вы считаете действия по позиционированию эскиза в программе понятными и удобными?»		не менее 80% пользователей ответили «Да»

В соответствии с тест-кейсами было произведено тестирование программы восемью пользователями. В таблице 3 представлен результат тестирования, который не соответствует ожидаемому. В таблице 4 вариант пройденного анкетирования.

Таблица 3 – Отчет по тест-кейсу № 3

Приоритет: 1	Тест 3	1	
Идея: пользователю удобны и понятны действия по позиционированию эскиза в программе			
История изменений			
Дата создания: 10.01.2022 Никитина В.О.		Новый тест-кейс	
Выполнение			
Описание действий	Ожидаемый результат	Фактический результат	Статус тестирования
1 запустить программу ПО «ОТО AR»; 2 выбрать эскиз и нажать кнопку «Продолжить»; 3 в открывшемся окне «Позиционирование» выбрать раздел «По точкам»; 4 выполнить позиционирование по точкам и нажать кнопку «Применить»; 5 проверить что эскиз спозиционировался; 6 ответить на вопрос: «Вы считаете действия по позиционированию эскиза в программе понятными и удобными?»	не менее 80 % пользователей ответили «Да»	60 % пользователей ответили «Да»	Отрицательный

Таблица 4 – Анкета после тестирования

1 Насколько удобным является интерфейс программы?			
Неудобный	<b>Немного неудобный</b>	Нормальный	Удобный
2 Насколько сложно Вам выполнять ОТО в данной программе?			
Очень сложно	Скорее сложно	<b>Просто</b>	Очень просто
3 Достаточно ли реализованных функций для выполнения ОТО в AR?			
Не достаточно	Нужно добавить еще	<b>Пока не знаю</b>	Достаточно
4 Наблюдается ли перегрузка зрительной информации при работе в программе?			
Да, сильно	Да, немного	<b>Практически нет</b>	Нет
5 Насколько быстро программа сохраняет и обновляет данные?			
Медленно	Немного медленно	Со средней скоростью	<b>Быстро</b>
6 Как Вы оцениваете внешний вид программы?			
Плохой	Нормальный	<b>Хороший</b>	Очень хороший
7 На сколько точно происходит позиционирование в программе?			
более 7 мм	5-6 мм	<b>3-4 мм</b>	1-2 мм
Пожалуйста, приведите любые дополнительные комментарии по поводу программы: Нужно добавить отображение PMI элементов к деталям техсборок, сделать позиционирование по точкам более понятным.			

Таким образом, по результатам тестирования и анкетирования можно сказать, что программу нужно доработать в плане удобства интерфейса и функционала, а по визуальной части критических замечаний не выявлено. Благодаря тестированию можно значительно улучшить взаимодействие пользователя с интерфейсом программного продукта [8].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Тамре, Л. Введение в тестирование программного обеспечения / Л. Тамре ; пер. с англ. В. В. Марченко. – М. : Вильямс, 2017. – 368 с.

2 Мухин, Н. П. Задача программной проверки качества канала соединения клиент/сервер / Н. П. Мухин, М. Е. Щелкунова // Актуальные проблемы информационно-коммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности : материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 20-25 марта 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 212-214.

3 Дик, Д. И. Тестирование пользовательского интерфейса: лабораторный практикум / Д. И. Дик, Н. М. Кокина. – 1-е изд. – Курган : КГУ, 2008. – 35 с.

4 Никитина, В. О. Создание приложения дополненной реальности на примере модуля «ОТО AR» / В. О. Никитина, В. А. Тихомиров // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 273-275.

5 Бирман, И. Б. Пользовательский интерфейс / И. Б. Бирман. – М. : Изд-во Бюро Горбунова, 2017. – 311 с.

6 Кравцов, А. А. Совершенствование пользовательского интерфейса визуализации трехмерных объектов при помощи технологии дополненной реальности / А. А. Кравцов, В. И. Лойко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) – Краснодар : КубГАУ, 2014. – №06(100). С. 1408 – 1420. – URL: <http://ej.kubagro.ru/2014/06/pdf/91.pdf> (дата обращения 17.12.2021). – Режим доступа: свободный.

7 Павлюк, Е. И. Модель системы адаптивного тестирования учащихся / Е. И. Павлюк, Е. Б. Абарникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3 – С. 281-283.

8 Черпаков, М. Формирование модели сопровождения несоответствий на промышленном предприятии / М. Черпаков, В. П. Котляров // Актуальные проблемы информационно-коммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности : материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 20-25 марта 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 149-154.

УДК 004.4

Овчинникова Анастасия Андреевна, студент; Ovchinnikova Anastasia Andreevna  
Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент; Abarnikova Elena Borisovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ САЙТА ДЛЯ СПОРТИВНОГО КЛУБА АЙКИДО**

### **DESIGNING A WEBSITE FOR AIKIDO SPORT CLUB**

Аннотация. В настоящее время большинство школ, преподающих различные боевые искусства, используют старые технологии для информирования и привлечения потенциальных учеников. Данная работа посвящена проектированию сайта для спортивного клуба, в котором можно ознакомиться с искусством айкидо и с клубом, в котором проводятся занятия по этому виду единоборств.

Abstract. Currently, most martial arts schools are using old technology to inform and engage potential students. This work is devoted to designing a site for a sports club, where you can get acquainted with the art of aikido and with a club that conducts classes in this type of martial arts.

Ключевые слова: сайт, спортивный клуб, айкидо, японское боевое искусство.

Keywords: site, sports club, aikido, Japanese martial art.

Айкидо – японское боевое искусство, которое было создано в XX веке Мастером Морихэем Уэсибой. Оно объединяет в себе практические приемы самозащиты, заимствованные из фехтования на мечах и копьях, дзюдзюцу, айкидзюцу и других более древних и эзотерических видов боевых искусств [1]. Айкидо учит человека эффективной самозащите, самоконтролю, развивает координацию движений, подвижность, прокачивает равновесие. Айкидо может заниматься человек любого возраста и без уровня подготовки.

В настоящее время большое количество людей пользуются гаджетами и Интернетом, с помощью которых решают свои задачи. Одной из таких задач является быстрое получение информации о том или ином виде досуга для себя или своих детей. Создание web-сайта [2] – это оптимальное решение для различных секций и кружков. С помощью него пользователи смогут узнать о деятельности секции, познакомиться с преподавателями, которые ведут занятия, узнать какие в секции происходят или будут происходить мероприятия, узнать расписание занятий и записаться на них. Положительным фактором данного сайта является возможность получить всю необходимую информацию о секции, не выходя из дома. Для руководителей секций сайт будет являться ресурсом для привлечения клиентов.

Цели создания сайта для спортивного клуба айкидо:

- увеличение количества заинтересованных в айкидо людей;
- увеличение количества посетителей клуба;
- уменьшение затрат на рекламу спортивного клуба.

Сайт «Клуб айкидо» состоит из двух частей: клиентской и администраторской.

Клиентская часть – это то, что пользователь видит на экране в браузере. В этой части находятся следующие блоки:

- главная;
- занятия;
- мероприятия;
- контакты.

Блок главной содержит в себе информацию о том, что такое айкидо, его преимущества; информацию о клубе в виде видеоролика, а также блока подачи заявки на пробное занятие в клубе.

бе. В блоке подачи заявки человеку необходимо ввести фамилию, имя, отчество, а также электронную почту.

Блок занятий содержит в себе информацию об инструкторах клуба в виде фотографий и текстовой информации, информацию об учителях инструкторов, информацию о расписании занятий в клубе в виде таблицы.

Блок мероприятий подразделяется на две части: фото/видео и новости. Фото/видео включает в себя фотографии или видео различных событий из жизни клуба. Новости представляют собой информацию о проведенных мероприятиях в виде текста, фотографий или прикрепленных документов.

Блок контактов включает в себя карту с местонахождением клуба и текстовую информацию с адресом и телефонами, а также ссылки на партнеров клуба.

Администраторская часть – система управления сайтом, с помощью которой можно добавлять, обновлять, удалять контент, управлять отдельными элементами. К этой части имеет доступ только руководитель клуба. В администраторской части находятся следующие блоки:

- авторизация;
- просмотр заявок;
- редактирование контента;
- персональные настройки.

Блок авторизации представляет собой поля для ввода почты и пароля, а также возможность восстановления пароля.

Блок просмотра заявок представляет собой полученные в виде списка заявки от пользователей, которые содержат в себе ФИО, почту, дата заявки, время заявки, статус заявки, а также отметку о выполнении.

Блок редактирование контента позволяет добавлять текстовую, фото и видео информацию, а также различные документы на клиентскую часть.

Блок персональных настроек представляет собой поля для смены старого пароля на новый. Функциональные модели в нотации BPMN представлены на рисунке 1-5.

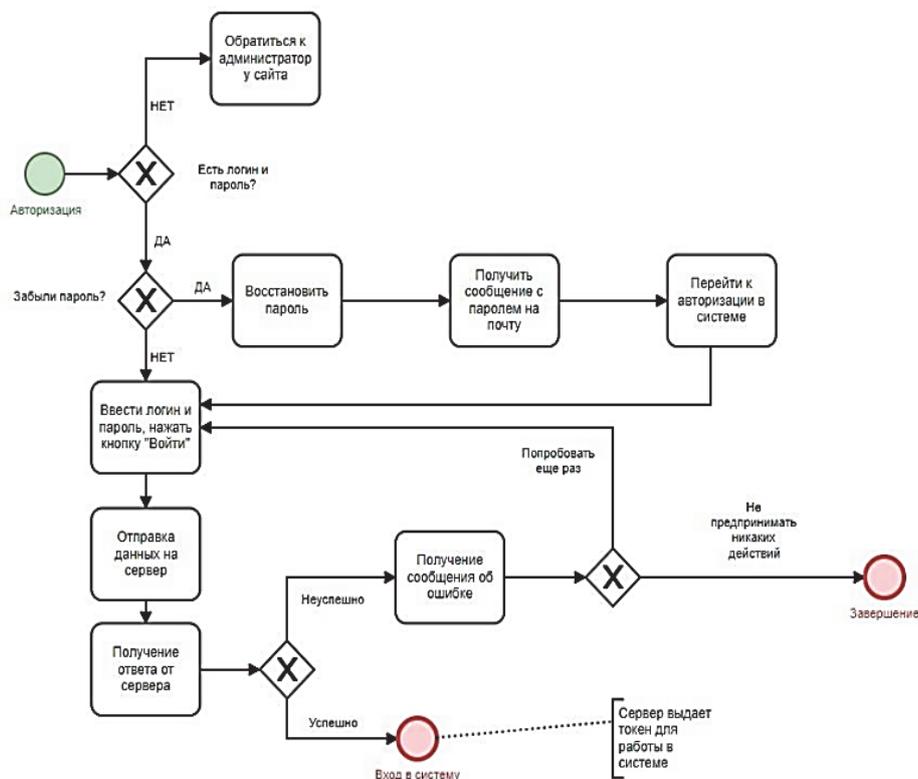


Рисунок 1 – Авторизация

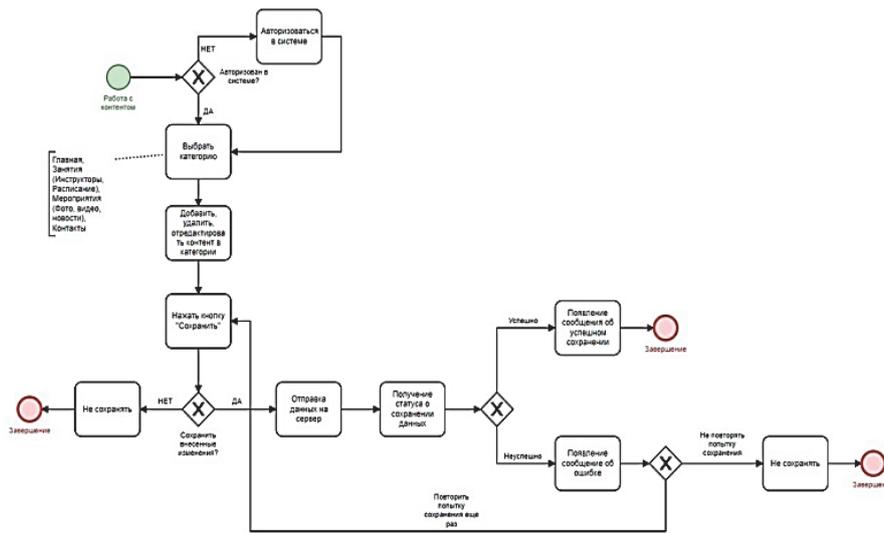


Рисунок 2 – Добавление контента

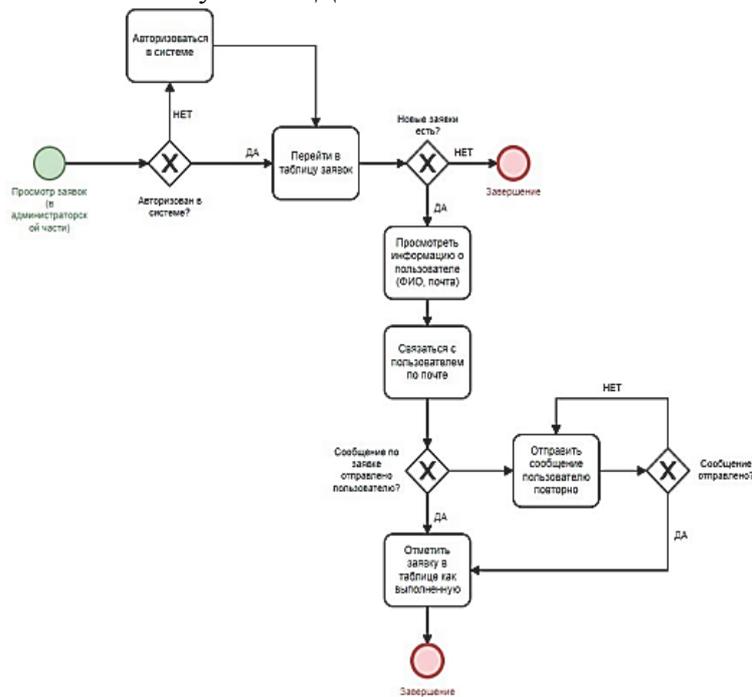


Рисунок 3 – Работа с заявками

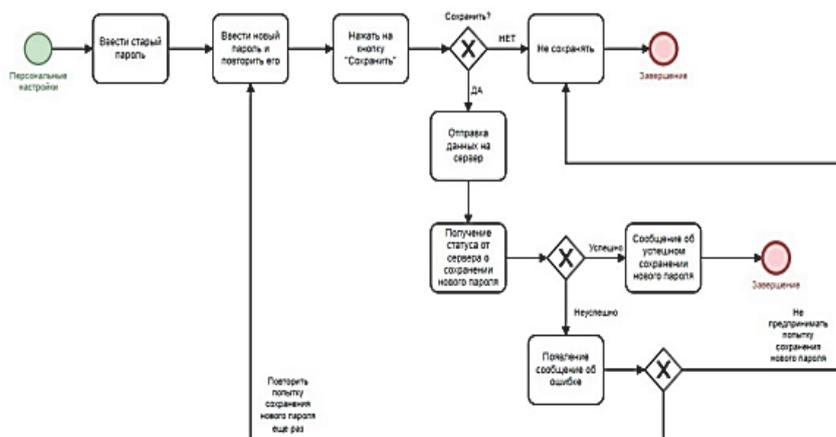


Рисунок 4 – Персональные настройки



Цели создания интернет-каталога:

- повышение доступности художественных фондов;
- расширение количества организаций культуры, которым доступны технологии цифровой трансформации [1];
- повышение интереса к работам художников и скульпторов Дальнем Востоке.

Актуальность данной проблемы обусловлена тем, что в рамках государственных программ цифровой трансформации различных отраслей одним из актуальнейших вопросов является цифровизация учреждений культуры, в первую очередь – музеев и арт-галерей.

Существуют решения для больших музеев, таких как Эрмитаж или Третьяковская галерея. Но они абсолютно не доступны для маленьких музеев из-за высокой стоимости и высоких требований к уровню IT-подготовки пользователя.

Для небольших «провинциальных» арт-галерей и музеев изобразительных искусств характерны небольшие площади, на которых физически невозможно разместить свои фонды.

Бюджетное и простое решение в виде интернет-каталога позволит решить эти проблемы.

Уровень востребованности заключается в том, что в последние годы интерес к Дальнему Востоку, его истории, культурным традициям растет в геометрической прогрессии не только в нашей стране, но и за рубежом. Однако, задача посещения Дальнего Востока, является достаточно серьезной, в первую очередь, финансовой проблемой. Пандемия еще больше усложнила эту проблему в связи с ограничением перемещений. На Дальнем Востоке функционируют более 50 галерей и музеев.

Интернет-каталог арт-галереи состоит из нескольких модулей:

- авторизация – модуль для модернизации содержания галереи (только для сотрудников);
- поиск – модуль для нахождения авторов и их произведений;
- навигационная панель – модуль, который представляет собой список варианта выбора гиперссылок, обеспечивающих доступ к информации сайта;
- новости – модуль, позволяющий ознакомиться с различными событиями, которые произошли в галерее;
- афиши – модуль, позволяющий ознакомиться с различными событиями, которые должны произойти в галерее.

Основные функции интернет-каталога арт-галереи:

- просмотр работ по разным направлениям (например экспрессионизм, ювелирное дело, живопись, скульптура и другое);
- просмотр информации об авторе и его работах;
- поиск конкретного автора, произведения или нескольких произведений по определенному тегу;
- просмотр новостей галереи и афиш на предстоящие мероприятия.
- добавление / редактирование / удаление новостей и афиш галереи;
- добавление / редактирование / удаление информации об авторах;
- добавление / редактирование / удаление информации о работах по направлениям.

Функциональные модели в нотации BPMN [2] представлены на рисунках 1, 2, 3.

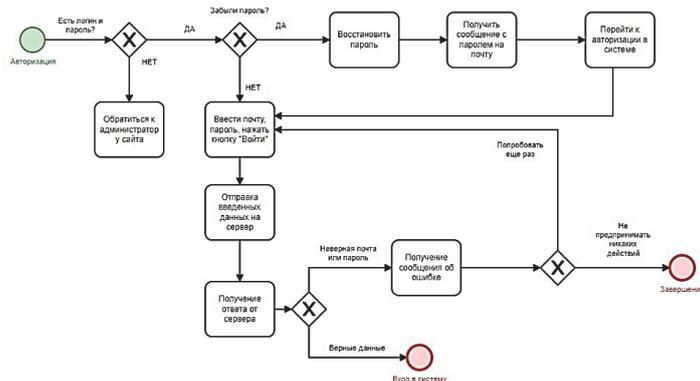


Рисунок 1 – Авторизация

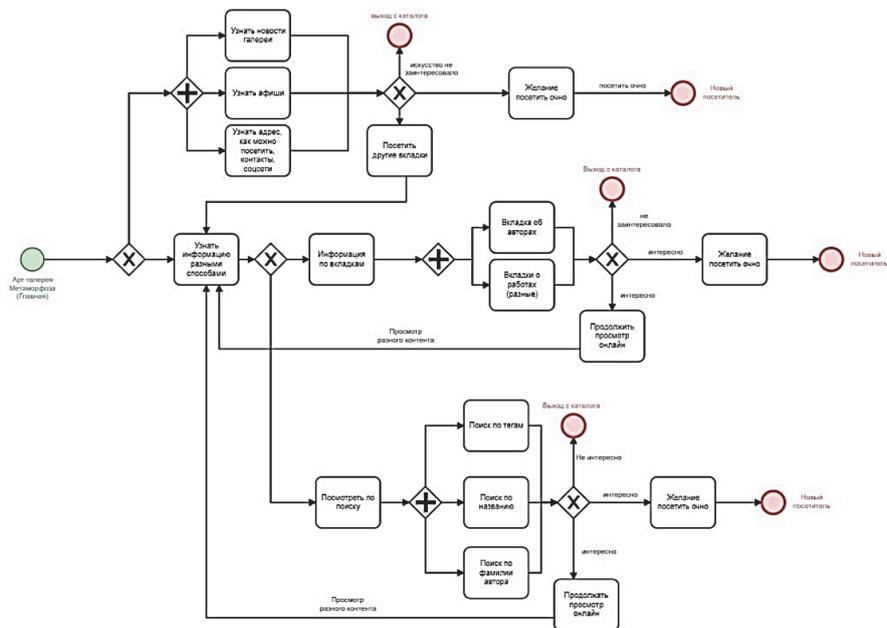


Рисунок 2 – Просмотр информации

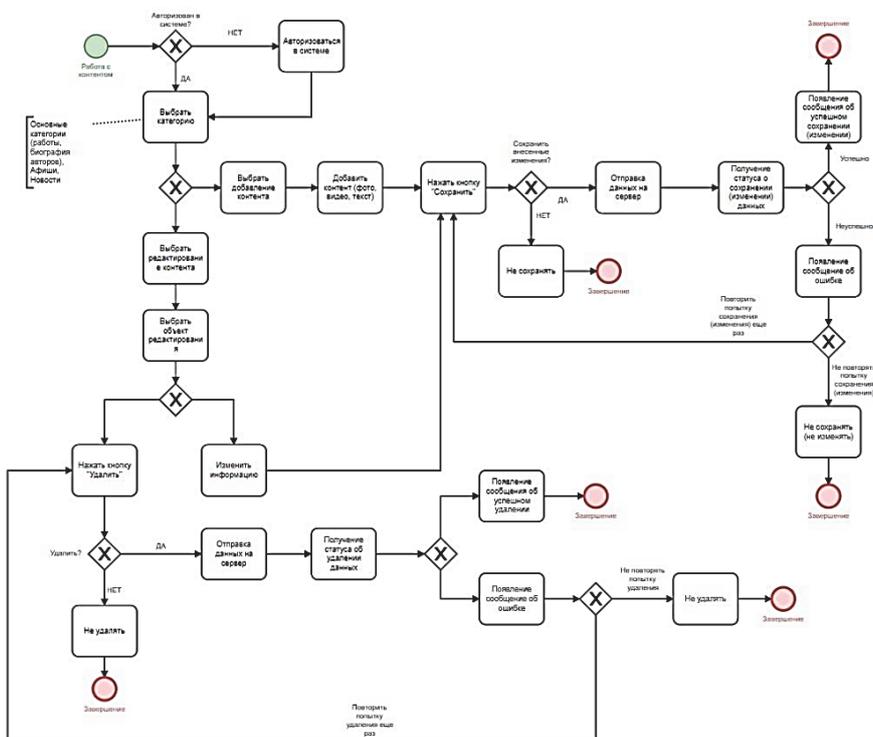


Рисунок 3 – Добавление контента

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Цифровая трансформация. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание второе, исправленное и дополненное. – М. : ООО «КомНьюс Групп», 2019. – 368 стр., ил.

2 Репин, В. Моделирование бизнес-процессов в нотации BPMN. Пособие для начинающих / В. Репин. – СПб. : Издательские решения, 2019. – 90 с.

3 Ячменев, А. А. Разработка сайта «Виртуальный фитнес-тренер» // А. А. Ячменев, Е. Б. Абарникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 338-340.

УДК 004.4

Разумовская Ирина Витальевна, студент; Razumovskaya Irina Vitalievna

Петрова Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент; Petrova Anna Nikolaevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УЧЕТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ КОМПЛЕКТУЮЩИМИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ В ДЕТСКОМ КЛУБЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА**

### **DESIGNING A WEB-APPLICATION FOR ACCOUNTING FOR THE AVAILABILITY OF COMPONENTS FOR CONDUCTING CLASSES IN THE CHILDREN'S CLUB OF TECHNICAL CREATIVITY**

Аннотация. Статья посвящена проектированию веб-приложения для учета обеспеченности комплектующими для проведения занятий в детском клубе технического творчества. Определены актуальность, проведен обзор аналогов, определены требования к веб-приложению.

Abstract. The article is devoted to the design of a web-application to account for the availability of components for conducting classes in the children's club of technical creativity. The relevance is determined, the review of analogues is carried out, the requirements for the web-application are determined.

Ключевые слова: проектирование программного обеспечения, веб-приложение, информационная система.

Keywords: software design, web-application, information system.

Актуальность. Объектом исследования данной работы является детский клуб технического творчества. Форма организации данного клуба направлена на творческую деятельность для детей. На занятиях дети знакомятся с конструированием, моделированием, развивают научно-экспериментальный интерес к окружающей среде, а также проявляют творческий потенциал в данной сфере.

В зависимости от направления занятий, содержания и тематики работы, различается необходимое специальное оборудование, инструменты, детали, конструкционные материалы и прочее.

Так как на сегодняшний день клуб пользуется большим спросом, а в силу роста спроса занятий – растет важность контроля обеспеченности комплектующими, появилась необходимость в автоматизации учета комплектующих и оптимизации их распределения.

Таким образом, чтобы добиться своевременного и полноценного снабжения сотрудников детского клуба технического творчества необходимым материалом для проведения занятий, должны быть налажены автоматизированный контроль и система управления запасами. Оптимизация данного процесса позволит обеспечить стабильную работу сотрудников предприятия, в результате чего повысит уровень получения прибыли, что и является главной целью предприятия. Стоит отметить, что вопрос о повышении уровня прибыли за счет оптимизационных решений, был рассмотрен и в статье [1].

По результатам анализа данной предметной области, для повышения эффективности деятельности предприятия, конкурентоспособности и обеспечения устойчивого положения на рынке услуг, было решено спроектировать и разработать информационную систему для администрирования комплектующих для проведения занятий в детском клубе в форме веб-приложение.

В настоящее время существует множество решений для автоматизации различных сфер деятельности. Такие программные продукты в основном нацелены на комплексную автоматизацию деятельности предприятия или на отдельные бизнес-процессы. Изучив предметную область, был сделан вывод, что предприятие имеет свои индивидуальные особенности, которые не позволяют использовать программные продукты, уже имеющиеся на рынке, по следующим причинам:

- необходимая часть функционала представлена не в полной мере, а оплата производится за весь продукт и дальнейшее сопровождение;

- используя несколько разных программных продуктов, для автоматизации одного бизнес-процесса, не практично и трудоемко, что занимает в разы больше времени, а также допускает возможность ошибок.

Сложившаяся ситуация поспособствовала решению спроектировать и в дальнейшем разработать индивидуальное веб-приложение для предприятия, которое позволит автоматизировать специфические бизнес-процессы, а также будет учитывать функциональные требования заказчика. Таким образом, сформулировать требования к проектируемому веб-приложению:

- предоставлять доступ к данным и функциям системы, в зависимости от ролей сотрудника на предприятии;
- реализовывать удобное и современное веб-приложение, предназначенное для контроля и управления данными о комплектующих;
- выполнять процессы управления информацией с использованием базы данных;
- располагать необходимыми инструментальными средствами для анализа и оценки данных по средствам расчетов;
- возможность обработки информации и быстрое формирование решений.

В ходе дальнейшей разработки были исследованы существующие программные средства на рынке. Выполняя обзор сайтов с похожей предметной областью, выполнен сравнительный анализ, приведенный в таблице 1.

Для успешной реализации информационной системы прежде всего необходимо спроектировать структуру программного обеспечения и структуры данных, и лишь потом интерфейсы пользователей [2]. В результате анализа функциональных требований к программному обеспечению и обзора аналогов приложений была спроектирована структура сайта, которая представлена на рисунке 1.

Для обеспечения должного уровня информационной безопасности и соответственно защиты определенной информации, на предприятии должны быть приняты такая мера, как разграничение всей информации по уровню защиты и доступа к ней сотрудников [3, 4].

Таблица 1 – Обзор аналогов

Характеристика	Наименование веб-приложения			
	Параплан CRM	Мой склад	1С:Фитнес клуб для детского центра	Разрабатываемое веб-приложение
Авторизация и доступ к данным по ролям	+	-	+	+
Раздел для ведения списка преподавателей	+	-	+	+
Раздел для ведения программы занятий	+	-	+	+
Раздел для ведения списка моделей и наборов	-	+	-	+
Раздел для формирования данных по инвентаризации	-	+	+	+
Предоставление статистических данных по расчетам инвентаризации	-	+	+	+
Автоматический расчёт используемого материала на занятиях	-	-	+	+
Автоматический расчет остатка комплектующих за указанный период	-	+	+	+
Раздел для ведения учета ремонта запчастей	-	-	-	+



Рисунок 1 – Структура веб-приложения

Для получения доступа к данным на сайте, на главной странице предоставляется окно с авторизацией. Таким образом, проектирование и дальнейшая разработка веб-приложения позволит достигнуть следующих положительных моментов:

- обеспечит качественную подготовку сотрудников к занятиям, предоставляя актуальную информацию по обеспеченности комплектующими;
- минимизирует трудоемкость и сократит время выполнения рутинных технических операций, связанных с выполнением расчетов, проверкой правильности вычислений;
- предоставление банка данных, для хранения сведений о сотрудниках, занятиях, и сопутствующих материалах (комплектующих) к занятиям;
- анализирование результатов инвентаризации с подготовкой выходных данных;
- сокращение время, затрачиваемое для оптимального выстраивания занятий по уровню сложности их проведения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ли, Ш. Разработка сайта для мебельного салона / Ш. Ли, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 305-307.

2 Белова, Д. М. Исследование объектной модели данных в сложной информационной системе / Д. М. Белова, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 224-227.

3 Лазарев, Р. М. Комплексное обеспечение информационной безопасности в автобизнесе / Р. М. Лазарев, В. А. Челухин // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 300-302.

4 Соколов, М. В. Разработка сайта «Здоровое питание человека» / М. В. Соколов, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 311-314.

УДК 004.4

Робачинский Данил Викторович, студент; Robachinsky Danil Viktorovich

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент; Shchelkunova Marina Evgenievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СТАТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

### **RESEARCH OF METHOD THE STATIC SOFTWARE TESTING**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию принципа работы статического тестирования для программного обеспечения, в частности, фрагментов кода проекта. Первый этап заключается в использовании онлайн-инструмента статического тестирования SoftaCheck. В результате тестирования составляется список ошибок. Заключительный этап состоял в применении результатов тестирования для устранения недостатков в программном обеспечении.

Abstract. This work is devoted to the study of the principle of static testing for software, in particular, fragments of the project code. The first stage is to use the online static testing tool SoftaCheck. As a result of testing, a list of errors is compiled. The final stage consisted in applying the test results to eliminate flaws in the software.

Ключевые слова: статическое тестирование, тестирование ПО.

Keywords: static testing, software testing.

Разработчики программного обеспечения не редко встречают дефекты на последних стадиях разработки ПО, что в итоге приводит к более высокой стоимости исправления ошибок. Стоимость ошибки растет по мере продвижения разработки программного обеспечения, чем позже будет обнаружена ошибка, тем большая часть кода пострадает, что может привести к запуску разработки программного обеспечения заново, что может привести к срыву срока сдачи программного продукта и финансовым потерям. Для того, чтобы предотвратить дефекты, проводится статическое тестирование, направленное на устранение дефектов на ранних этапах разработки программного обеспечения, аналогичные идеи рассматриваются в статьях [1, 2].

Примерами ошибок, которые потенциально можно выявить с помощью автоматического статического тестирования, могут быть:

- утечки ресурсов (утечки памяти, неосвобождаемые файловые дескрипторы и так далее);
- возможность переполнения буфера;
- неиспользуемые переменные;
- ситуации неполной обработки ошибок.

Как правило, результатом автоматического анализа кода является список рекомендаций для некоторых участков кода, потенциально содержащих ошибки [3].

В рамках исследования метода статического тестирования было взято программное обеспечение для электрической лавовой лампы «GyverLamp2», автором которой является AlexGyver, проект данного программного обеспечения находится в открытом доступе на сайте github. Поиск ошибок происходит методом статического анализа с использованием специального (автоматического) инструмента проверки синтаксиса кода SoftaCheck. Для выполнения тестирования необходимо открыть официальный сайт инструмента и ввести ссылку на репозиторий проверяемого проекта.

Идеи тестирования:

- в коде не используются необъявленные переменные;
- код не содержит ошибок при использовании неизвестных имён типов;
- код не содержит ошибок с инициализацией параметров объектов;
- код не должен содержать синтаксических ошибок;
- код не должен содержать ошибок при подключении библиотек.

Для проверки работоспособности инструмента проверим проект на наличие ошибок. На сайте инструмента SoftaCheck необходимо ввести ссылку на проект расположенный на GitHub. Проведем анализ кода с помощью SoftaCheck и выявим ошибки программном обеспечении «GyverLamp2».

После завершения тестирования на экране появляются все найденные ошибки. Фрагмент отчета приведен на рисунке 1.

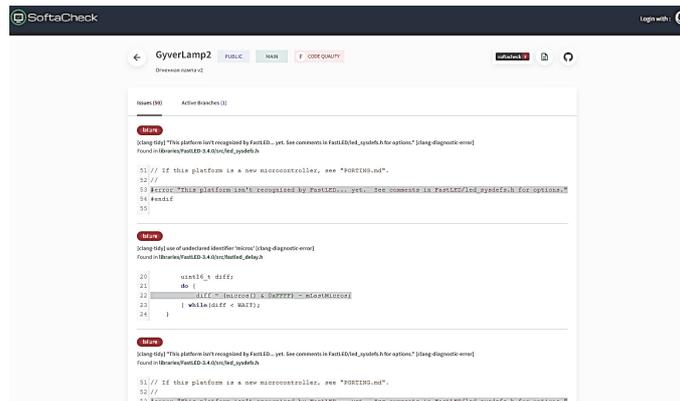


Рисунок 1 – Результаты статического тестирования

В результатах тестирования показан весь список найденных ошибок, справка по ошибке, а также ссылка на файл, в котором была найдена ошибка. При нажатии на ссылку на файл в котором найдена ошибка SoftaCheck открывает проблемный фрагмент кода.

Анализ ошибок показан на рисунках 2, 3, 4.

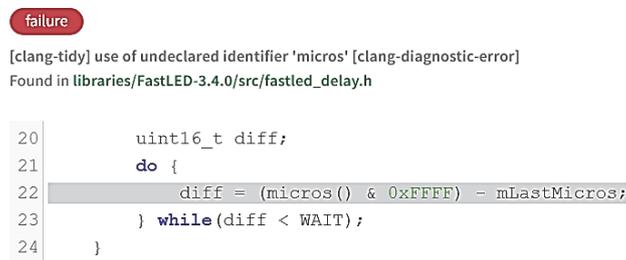


Рисунок 2 – Анализ найденных ошибок. Первая ошибка

Анализатор обнаружил ошибку, заключающуюся в использовании необъявленного идентификатора. Для её устранения нужно заранее объявлять идентификаторы.

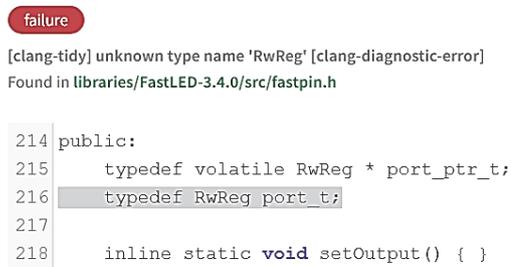


Рисунок 3 – Анализ найденных ошибок. Вторая ошибка

Анализатор обнаружил ошибку, заключающуюся в использовании несуществующего типа данных. Для её устранения нужно использовать существующий тип данных.

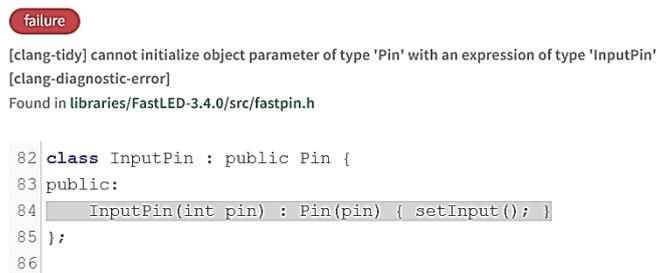


Рисунок 4 – Анализ найденных ошибок. Третья ошибка

Третья ошибка заключается в неудачной инициализации объекта типа выражением типа. Остальные ошибки являются аналогичными и не требуют подробного анализа.

Результат тестирования программного обеспечения для электрической лавовой лампы показал актуальность метода статического тестирования. Онлайн-инструмент SoftaCheck обладает простым интерфейсом, быстрой скоростью обработки всего кода на поиск потенциальных ошибок, одним из главных преимуществ этого инструмента является возможность запускать тест с помощью github, что ускоряет работу команды над самим проектом [4].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Залата, Р. В. Разработка программного обеспечения для визуального контроля сборки фюзеляжа самолета в дополненной реальности / Р. В. Залата, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 282-284.

2 Кудряшов, Е. С. Разработка и реализация алгоритмов дистанционного управления серверными приложениями ПЭВМ с планшетного устройства / Е. С. Кудряшов, В. А. Тихомиров // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 324-327.

3 Левичев, А. Анализ защиты беспроводных сетей на устойчивость к атакам / А. Левичев, И. А. Трещёв // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 302-305.

4 Лобец, С. А. Разработка игровой программы в среде android / С. А. Лобец, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 341-343.

УДК 621.311

Силин Николай Витальевич, доктор технических наук, доцент; Silin Nikolay Vitalevich  
Сидоренко Андрей Сергеевич, аспирант; Sidorenko Andrey Sergeevich  
ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»

#### **К ВОПРОСУ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ**

#### **ON THE ISSUE OF CHOOSING DIRECTIONS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES OF DIGITAL ELECTRIC POWER INDUSTRY**

Аннотация. В работе приводится перечень и краткий анализ направлений и перспектив информационно-коммуникационных технологий при переходе к цифровой электроэнергетике. Рассмотрены характеристики отдельных направлений, таких как повышение пропускной способности, оцифровывание, интеллектуализация, персонализация и интеграция.

Abstract. The paper provides a list and a brief analysis of the directions and prospects of information and communication technologies in the transition to digital electric power industry. The characteristics of individual areas, such as increasing bandwidth, digitization, intellectualization, personalization and integration, are considered.

Ключевые слова: электроэнергетика, цифровизация, информационно-коммуникационные технологии, цифровой двойник, Интернет вещей.

Keywords: electric power industry, digitalization, information and communication technologies, digital twin, Internet of Things (IoT).

Цифровизация в настоящее время является одним из основных трендов развития как в мировой экономике, так и в мировой энергетике. Размер рынка цифровых технологий в мировой энергетике более 60 млрд. долларов, причем показывает ежегодный прирост в 3-5 процентов.

Целью данной статьи является рассмотрение направлений и перспектив развития информационных технологий в электроэнергетике, анализ существующих проблем и варианты их решения.

В наше время остро встает вопрос о необходимости создания и развития адаптивных и интеллектуальных энергосистем, а также систем их управления. Именно этим обосновано активное внедрение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Информационно-коммуникационные технологии - один из важнейших инструментов модернизации и изменения социальной и экономической сферы в наше время. К ИКТ относятся технологии связи и передачи информации. Функционал ИКТ заключается в проведении различных операций, таких как, сбор, обработка, преобразование, хранение и т.д. Создание энергообъединений, интеллектуальных электрических сетей сопровождается стремительным ростом объемов информации, а также расширением зон применения ИКТ. Совершенствование и развитие ИКТ не уменьшает необходимость предъявления строгих требований относительно надежности, стабильности работы и производительности в режиме реального времени.

Наиболее перспективными вариантами развития цифровизации и информационно-коммуникационных технологий являются – повышение пропускной способности, оцифровывание, интеллектуализация, персонализация и интеграция. Для анализа возможностей необходимо подробное рассмотрение каждого из этих направлений.

### **1 Повышение пропускной способности**

Повышение пропускной способности сети подразумевает создание глобальной скоростной широкополосной системы связи, которая путем использования волоконно-оптических технологий может обеспечивать максимальную скорость передачи данных. Без увеличения пропускной способности линий связи и повышения доступных скоростей передачи данных невозможно дальнейшее развитие цифровизации. Существующие на сегодняшний день технологии мобильной связи четвертого поколения (4G) функционируют в пределах ширины частотной полосы 100 МГц и могут достигать пиковых скоростей загрузки информации в 1 Гбит/с. В ближайшем будущем исследования в данной области (развитие 5G) сделают возможным повышение трафика более чем в 100 раз, увеличение скорости (вплоть до 10 Гб/с) и числа подключенных к сети устройств. Возможности новых технологий также позволят сократить издержки на 80 %. Влияние технологии 5G на процессы управления производством и потреблением электроэнергии будет выражено в гибком управлении с помощью полноценного использования цифровых ресурсов.

Волоконно-оптическая связь благодаря своим преимуществам, таким как, высокоскоростная передача данных, низкие потери, сигналы высокого качества и повышенная информационная безопасность в перспективе позволит достичь еще более высоких скоростей. Согласно оценкам экспертов, в ближайшие 10-15 лет развитие технологий такой связи позволит производить передачу данных с практически неограниченной скоростью.

Кроме того, для расширения возможностей в данном направлении могут быть усовершенствованы технологии спутниковой связи. Их сильной стороной является широкое покрытие сети и слабая подверженность стихийным явлениям. Такие системы экономичны, надежны, и обладают возможностью использования параллельной связи в нескольких точках несколькими субъектами.

### **2 Оцифровывание. Технологии распознавания образов**

Оцифровывание заключается в преобразовании требуемой информации в иные формы, такие как аудио, текст или изображение, то есть переход от аналоговой формы каналов к цифровым. Одним из важных средств выполнения этого процесса является технологии распознавания образов. Их задачей является обработка и анализ объектов компьютером с целью дальнейшего распознавания этих объектов.

В отношении объектов электроэнергетики данная технология может быть реализована как вариант внешнего изучения электростанций и подстанций, позволяющий проанализировать текущее состояние оборудования, повреждения материалов, выявление мест коротких замыканий, обледенений, загрязнений, что позволит ускорить процессы диагностики и ремонта оборудования. Визуальный контроль как средство цифровизации позволяет организовать круглосуточное наблюдение при любых климатических условиях, выявлять отклонения от рабочего состояния оборудования и оповещать персонал об этих изменениях. Изучение работы данной технологии

на практике показало, что постоянный визуальный контроль силового оборудования подстанций позволяет снизить негативные эффекты от таких явлений, как:

- течь масла через швы;
- возможные пожары из-за повреждений маслонаполненного оборудования;
- загрязненность поверхности оборудования.

### **3 Интеллектуализация**

Технологии искусственного интеллекта активно развиваются и расширяют свои возможности для решения задач различных областей. Интеллектуализация подразумевает такие операции с информацией, как: передача, обмен, хранение, обработка и гибкое управление. Главной особенностью этих процессов является использование функционала программно-конфигурируемых сетей для обработки и передачи информации в любых условиях.

Наиболее перспективной разработкой в этой области является технология цифровых двойников – математических моделей, открывающих огромные возможности по моделированию ситуаций работы оборудования, оценке элементов системы, оптимизации эффективности, прогнозирования состояния параметров как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе и т.д. Эта технология подразумевает рассмотрение реальных элементов системы как сложных математических моделей методом внедрения реальных данных с целью получения откликов для определенных входных параметров.

### **4 Персонализация**

Персонализация — это возможность осуществления связи в любом месте у каждого человека с другими людьми. Направления реализации и развития персонализации заключаются в повышении пропускной способности сети и внедрение гибкие сетевых интеллектуальных устройств.

В разрезе электроэнергетики это подразумевает персонализацию конкретных потребителей, путем предоставления им услуг и регулирования стоимости электроэнергии, адаптирующихся в соответствии с заданными параметрами.

### **5 Интеграция**

Значение интеграции среди современных технологий сложно переоценить. Она позволяет объединять сети любых видов, в перспективе обеспечить слияния Интернета и Интернета вещей, что позволит расширить область действия сетей и даст новые возможности для предоставления услуг потребителям. Движущими силами данного процесса являются достигаемые в результате электроэнергетической интеграции эффекты, такие как:

- снижение потребности в установленных генерирующих мощностях за счет разновременности максимумов нагрузки (как в суточном, так и в годовом разрезе) в разных странах и регионах;
- повышение надежности объединяемых электроэнергетических систем (ЭЭС);
- вовлечение в энергобалансы разных стран источников возобновляемой (гидравлической, ветровой, солнечной) энергии;
- получение доходов от торговли электроэнергией;
- расширение электроэнергетических рынков и интенсификация торговли электроэнергией между странами и др.

Интернет вещей является одним из важнейших элементов информационно-коммуникационных технологий, он сочетает в себе технологии связи и технологии информационных систем, позволяет реализовать удаленный мониторинг состояния оборудования цифровых подстанций, потребителей, ЛЭП, контроль и управление процессами производства в реальном времени. В будущем Интернет вещей станет основой для общего энергообъединения и даст возможности для реализации гибких методов управления, позволяющих значительно повысить безопасность и эффективность эксплуатации.

Работа информационно-коммуникационных сетей, цифровизация электроэнергетики невозможна без применения технологий работы с большими данными, облачных вычислений.

Большие данные — это совокупность инструментов, подходов и методов, предназначенных для обработки и анализа различных данных с целью получения воспринимаемых человеком результатов. Эта технология будет использоваться для скоростного моделирования ситуаций, для улучшения систем принятия решений. Такие системы моделирования и прогноза могут существенно повысить управляемость источников генерации возобновляемой энергии и эффективность ее использования.

В связи с имеющейся проблемой дефицита производительности при решении задач управления энергосистемами эффективнее всего использовать технологии облачных вычислений и хранения данных. Это позволит обеспечить реализацию планов по использованию существующих суперкомпьютеров в соответствии с важностью поставленных задач.

#### **Выводы:**

1 Проблемы низких экономических показателей, недостаточной управляемости и адаптивности существующих электрических сетей могут решаться путем разработки и развития Информационно-коммуникационных технологий, таких как Интернет и Интернет вещей.

2 На сегодняшний день информационно-коммуникационные технологии являются одним из наиболее перспективных направлений развития на энергетическом рынке. Они позволяют заложить основу для интеллектуальных систем управления крупными энергообъединениями. Для их развития производится активное внедрение таких технологий как Интернет вещей, большие данные, цифровой двойник, облачные вычисления и др.

3 Технологии аккумулирования энергии важны для масштабного и эффективного развития сферы возобновляемой чистой энергетики (в особенности солнечной, ветровой, а также приливной энергетики). Для повышения эффективности и надежности технологий аккумулирования электроэнергии ведется активная разработка, направленная на повышение энергоемкости и мощности систем аккумулирования, продление срока службы и снижения их стоимости.

4 В области инновационного развития технологий электрических сетей основная роль отведена оптимизации распределения энергетических ресурсов и использования возможностей интеллектуальных энергосистем для повышения как общей эффективности системы, так и отдельных ее частей. Первоочередной задачей становится увеличение дальности передач электроэнергии и повышение параметров надежности, безопасности и экономичности эксплуатации.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Е.В. Никитина, А.Н. Полуэктов, Свен Кох. Цифровой двойник для электрических сетей // Энергия Единой Сети №4. Август-сентябрь 2019. С. 32-36.

2 Лю Чженья. Глобальное энергетическое объединение. 2016. С. 378-386.

3 А.В. Гофман, А.С. Ведерников, В.М. Дашков. Технологии машинного интеллекта для мониторинга силовых трансформаторов // Энергия Единой Сети №4. Октябрь-ноябрь 2020. С. 48-55.

4 В.В. Бушуев, Н.Л. Николай, А.Н. Новиков Цифровизация экономики и энергетики: перспективы и проблемы // Экономические стратегии. 2019. №6. С. 96-105.

5 П.П. Медведев Цифровизация энергетики: Угрозы и возможности развития // Экономика и управление: сборник научных трудов. 2018. С. 139-143.

6 Концепция Цифровая трансформация 2030//Россети. 2018.

7 Н.И. Воропай, М.В. Губко, С.П. Ковалев, Л.В. Массель, Д.А. Новиков, А.Н. Райков, С.М. Сендеров, В.А. Стенников Проблемы развития цифровой энергетики в России // Проблемы управления №1. 2019. С. 2-14.

8 И.Н. Паскарь, А.А. Аксенова, Д.Е. Савенкова, Ю.Ю. Каракулова, Д.В. Хамидулина, Д.С. Березин, Е.Е. Цимбалист Цифровизация энергетики. Предпосылки, развитие, прогноз // Известия ТулГУ. Технические науки. Выпуск 8. 2020. С. 44-58.

УДК 004.4

Скрипаль Егор Игоревич, студент; Skripal Egor Igorevich

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент; Shchelkunova Marina Evgenievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИОБРЕТЕНИЯ СТРАХОВЫХ ПОЛИСОВ**

#### **DESIGNING AN INFORMATION SYSTEM FOR THE PURCHASE OF INSURANCE POLICIES**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию принципа работы информационной системы, предназначенной для покупки электронных страховых полисов.

Abstract.. This work is devoted to the study of the principle of operation of an information system designed for the purchase of electronic insurance policies.

Ключевые слова: информационная система, класс, прецедент, UML.

Keywords: information system, class, precedent, UML.

В настоящее время в сфере информационных технологий одно из ключевых мест занимают информационные системы. Информационные системы представляют собой совокупность различных данных, программного и технического обеспечения, а также организационного обеспечения. Основным предназначением информационных систем являются: хранение, поиск и обработка данных с надлежащими организационными ресурсами, которые удовлетворяют конкретные информационные потребности в определённой предметной области по типу массивов, баз данных, разнообразных информационных услуг. Классифицируются информационные системы по степени автоматизации, архитектурам, сферам применения и диапазонам различных задач.

Проанализировав данную тему, было выдвинуто решение о разработке информационной системы покупки страховых полисов. Данная система разрабатывается для сайта страховой компании, суть её заключается в упрощении процедур оформления и покупки страховок на сайте компании, экономии времени клиентов. Объектом исследования будет выступать информационная система. Предметом является информационная система для покупки электронных страховых полисов компании. В ходе работы необходимо выполнить: описание предметной области, составление спецификации требований к системе, диаграмму прецедентов, а также диаграмму классов объектов [3, 4]. Проектирование информационной системы будет произведено с помощью программного обеспечения UML-разработки «Software Ideas Modeler». В статье [6] автором рассматривались подобные методы разработки.

Первоначальным этапом по разработке информационной системы покупки страхового полиса является описание предметной области, в которой кратко и по существу описывается деятельность компании страховых полисов, возможности системы, взаимодействия субъектов и объектов. Далее идет разработка спецификации требований, в которой устанавливаются: правила регистрации пользователей, подача заявок на оформление страховых полисов, расчёт их стоимости, взаимодействия модерации с заявками клиентов, оплата. После этого выделяются основные классы объектов (рисунок 1) и на основе спецификации требований составляется список актёров (рисунок 2).

Вид страхования (вид страхования, наименование).
Заявка (ФИО, дата рождения, серия паспорта, номер паспорта, дата выдачи паспорта, кем выдан паспорт, название города, название улицы, электронная почта, номер телефона)
Полис (номер полиса, вид страхования, наименование, стоимость, номер договора, дата заключения, страховая сумма)
Клиент (номер клиента, логин, пароль, ФИО, номер телефона, номер паспорта, адрес проживания)
Менеджер (номер менеджера, логин, пароль, ФИО, номер телефона)
Список полисов (номер клиента, номер полиса, дата выдачи)
Список клиентов (номер клиента)
Список договоров (номер клиента, номер полиса)

Рисунок 1 – Таблица классов объектов

Незарегистрированный пользователь
Зарегистрированный пользователь
Менеджер

Рисунок 2 – Таблица основных актёров системы

После разработки классов объектов и проектирования прецедентов необходимо было произвести визуализацию путём создания диаграммы прецедентов для системы покупки страхового полиса (рисунок 3). В работах [2, 7] отражены подобные методы создания диаграмм. Необходимость разработки данной диаграммы заключалась в описании функционала и поведения, которое упрощает обсуждение будущего программного обеспечения для пользователей, заказчика и разработчика. Во время проектирования требований к программному компоненту информационной системы была разработана диаграмма прецедентов. На диаграмме проиллюстрированы основные актёры системы, прецеденты с их описанием, а также продемонстрированы все взаимодействия, происходящие между актёрами и прецедентами информационной системы.

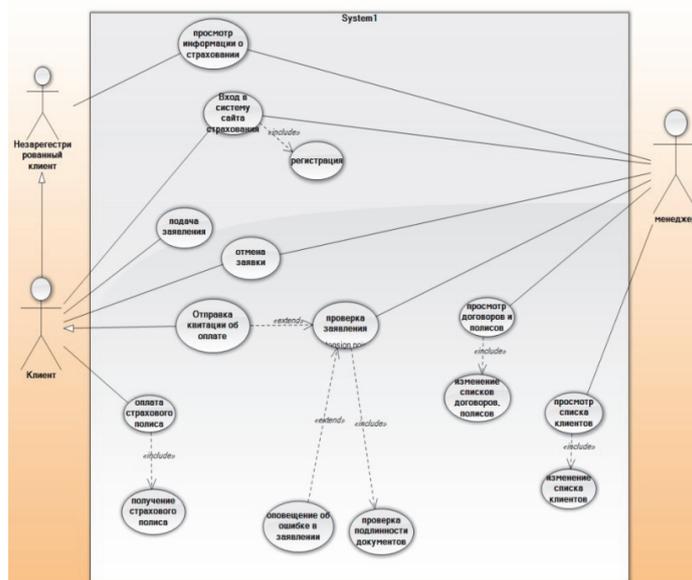


Рисунок 3 – Диаграмма прецедентов

В процессе разработки программного компонента информационной системы, в частности во время этапа проектирования на основе ранее выработанных классов объектов была составлена диаграмма классов (рисунок 6) в программном обеспечении UML-разработки «Software Ideas Modeler». Стоит отметить, что подобные методы отражены в статьях [1, 5]. Построение диаграммы предназначается для наиболее эффективного визуального анализа материала и логического осмысления общих принципов программного компонента информационной системы.

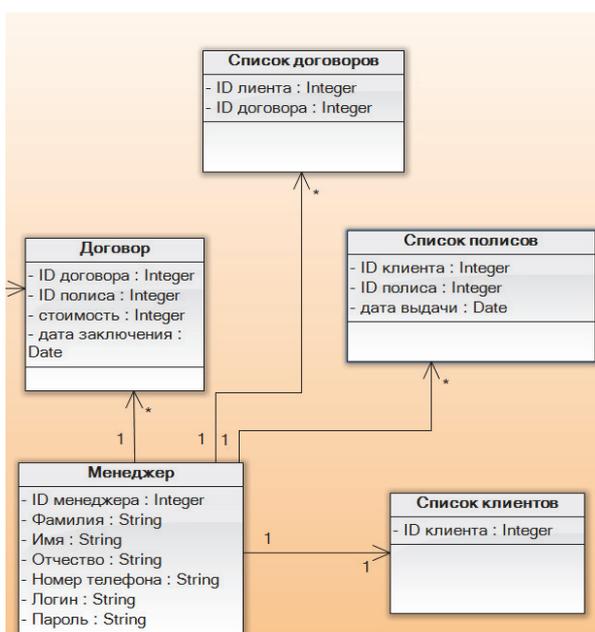


Рисунок 4 – Фрагмент классов и их отношений на диаграмме

Программный компонент ИС будет реализован в операционной системе Windows 10 в среде разработки Visual Studio, с использованием языка программирования C#. Для разработки программного компонента информационной системы покупки страхового полиса будет использовано следующее аппаратное обеспечение: компьютер с процессором AMD Ryzen 3 поколения с тактовой частотой 3200 МГц, оперативная память объёмом 8 Гб, сетевая карта.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Баранова, С. В. Разработка сервиса получения онлайн-услуг по технологическому присоединению к инженерным сетям регионального сегмента / С. В. Баранова, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 221-224.

2 Залата Р. В. Разработка программного обеспечения для визуального контроля сборки фюзеляжа самолета в дополненной реальности / Р. В. Залата, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 268-270.

3 Козлова, А. В. Система учета и анализа работы компании малого бизнеса / А. В. Козлова, А. Н. Петрова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях, Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – Ч. 2. – С. 193-195.

4 Ли, Ш. Разработка сайта для мебельного салона / Ш. Ли, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 305-307.

5 Мухин Н. П. Разработка программного обеспечения для проверки качества канала соединения клиент/сервер / Н. П. Мухин, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 212-214.

6 Сонарова А.А. Разработка программного обеспечения информационной системы для организации грузоперевозок / А.А. Сонарова, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 345-348.

7 Тищенко, Г. А. Проектирование системы учёта работы сети предприятий сферы услуг / Г. А. Тищенко, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 455-457.

УДК 004.4

Скрипаль Егор Игоревич, студент; Skripal Egor Igorevich

Петрова Анна Николаевна, кандидат технических наук, доцент; Petrova Anna Nikolaevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЯЦИОННЫХ СУБД, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ**

### **COMPARATIVE ANALYSIS OF RELATIONAL DATABASES APPLICABLE FOR WEB-APPLICATION**

Аннотация. В данной работе рассматривается сравнительный анализ реляционных систем управления базами данных. Представлено сравнение двух систем, используемых для web-разработок.

Abstract. This work is devoted to the comparative analysis of relational databases. The two systems used for web-development are compared.

Ключевые слова: программное обеспечение, СУБД, MySQL, PostgreSQL, SQL.

Keywords: Software, DBMS, MySQL, PostgreSQL, SQL.

В настоящее время в сфере информационных систем и технологий одну из ключевых позиций занимают системы управления базами данных (СУБД). Базы данных представляют собой чётко спланированные совокупности данных, которые хранятся в соответствии со спланированными схемами данных. Основным предназначением разработки баз данных является упорядоченное хранение данных об определенных группах объектов с одинаковыми свойствами, продолжительное время. Спектр применения баз данных довольно обширен и конечно же есть базы данных, которые используются в сферах web-разработки. Множество языков программирования, которые используются в web-сферах способны реализовывать большинство современных задач, но всё-таки работа с большими объёмами данных в подобных программах является не самым продуктивным вариантом и как раз для таких задач применяются базы данных.

Основной целью данной работы является проведение сравнительного анализа реляционных СУБД, применяемых в частности и для web-разработок.

Первый этап анализа заключался в поиске списка наиболее популярных баз данных, для последующего их сравнения, подобный способ анализа использовался в статье [2]. В данном случае выбраны одни из наиболее популярных и востребованных систем управления базами данных за последние несколько лет, такие как: PostgreSQL и MySQL. Рассмотрим эти программные обеспечения по отдельности, начиная с MySQL. В статье [1] для разработки применяются аналогичные средства. На первый взгляд, исходя из популярности данной системы и отзывов комьюнити, MySQL несильно отличается от PostgreSQL.

MySQL представляет из себя бесплатный, стабильный сервер. Эта система оснащена качественной защитой, а также снабжается обновлениями. Данная СУБД имеет совместимость со следующими операционными системами: Windows, Linux, MacOS. Выделим основные положительные стороны и возможности MySQL, к ним относятся:

- вариативность при выборе движка хранения данных;
- использование базы данных в облаке;
- многопоточность;
- поддержка неограниченного числа пользователей, которые могут одновременно работать с базой данных;
- количество чисел табличных строк достигают 50 миллионов;
- запись фиксированной и переменной длины строк;
- простота в использовании и настройке;
- значения всех полей по умолчанию;
- приятное визуальное оформление и удобность в использовании.

Далее производился анализ PostgreSQL. Эта программа является объектно-реляционной СУБД, она отличается более сложными структурами данных и находится в открытом доступе. Также эта система является расширяемой, а принцип работы основан на каталогах, то есть на возможности хранения в себе информации о таблицах. PostgreSQL обладает надёжной защитой и

снабжается обновлениями. Данное ПО имеет совместимость с операционными системами, такими как: Windows, MacOS, Linux (зачастую она используется на серверах данной ОС). К основным достоинствам данной относится:

- создание сложных запросов;
- поддержка NoSQL;
- надёжное структурированное хранилище;
- поддержка многоверсионности;
- соответствует ACID;
- разнообразие возможностей схемы JSON/BJSON;
- расширение кластеров с помощью сторонних библиотек;
- возможность шардинга табличных структур.

Результаты сравнения приведены в таблице 1.

После проведения сравнительного анализа двух СУБД, с кратким описанием их основных возможностей, делаем вывод:

1) Если стоит цель по разработке проекта оснащённого сложной логикой, связями между таблицами, необходимо использовать многофункциональную СУБД, поддерживающую разнообразные сложные запросы и схемы. Для такого варианта лучше всего подойдёт PostgreSQL поскольку она является универсальной во всех назначениях.

2) Система же MySQL является более распространённой, поскольку обладает понятным интерфейсом, разнообразным функционалом, способна функционировать со всевозможными языками программирования, а также проста в использовании. Данная система управления базами данных несомненно подойдёт для разработки проектов для различных онлайн приложений и ресурсов.

Таблица 1 – Сравнение СУБД

Параметры сравнения	MySQL	PostgreSQL
Исходный код	Обладает открытым исходным кодом	Обладает открытым исходным кодом
Хранение данных	Данные записываются на диск в отсортированных файлах	Принцип хранения не сильно отличается от MySQL
Движки	Основные поддерживаемые движки: Berkley DB, MyISAM, InnoDB	Storage engine
Обработка запросов	Загружает весь ответ сервера в память клиента	Использование курсоров для перемещения по полученным данным. Ответ хранится в памяти сервера баз данных, пользователь получает только указатель. Поддержка регулярных выражений в запросах
Тип данных	28 типов данных, пример (TINYINT, SMALLINT, MEDIUMINT, DATE, TIME, YEAR, VARCHAR, BLOB и другие)	33 типа данных, пример (bigint, Boolean, date, money, line, mac-addr, path, real, serial, text, uuid, xmi и другие)
Производительность	Благодаря таблице InnoDB индексы быстро получают данные с диска	Заголовочная информация хранится в оперативной памяти

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Яминский, И. А. Разработка Web-приложения для товарищества собственников недвижимости / И. А. Яминский, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 2. – С. 425-428..

2 Недиков, И.О. Разработка агрегатора данных для оптимизации автономных гибридных энергетических систем / И. О. Недиков, В. Д. Бердонос // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 3. – С. 338-340.

УДК 006.91

Фирсин Александр Иванович, аспирант; Firsin Alexander Ivanovich  
 Волошин Евгений Александрович, аспирант; Voloshin Evgeny Alexandrovich  
 ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь

## МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ МЕСТА ПОРЫВА КАБЕЛЯ

## METHOD OF DETECTING THE PLACE OF CABLE BREAKAGE

Аннотация. Методика по обнаружению порыва кабеля П-274 на больших расстояниях, с использованием приборов для измерения ёмкости, позволяет существенно сократить время обнаружения обрыва.

Abstract. The technique for detecting a breakage of the P-274 cable at long distances, using capacitance measuring devices, can significantly reduce the time for detecting a breakage.

Ключевые слова: П-274, полевой кабель, визуальный осмотр, емкостной метод, жила кабеля, металлический штырь.

Keywords: P-274, field cable, visual inspection, capacitive method, cable core, metal pin.

В современном мире существует множество датчиков и методов для обнаружения обрыва кабеля, которые могут находить порывы кабеля на расстоянии до 100 метров.

Стандартным способом обнаружения порыва полевого кабеля является только один метод визуального осмотра.

Данный метод является эффективным, но таким способом поиск порыва кабеля является долгим и трудным, например, если длина кабеля будет 500 метров, обрыв произошел на расстоянии 50 метров, скорость человека 5 километров в час, то порыв обнаружат примерно через 1 час. Датчиков и методов обнаружения обрыва полевого кабеля не существует.

Кабель П-274 протягивается на расстоянии от 500 метров до 30. Некоторые части кабеля пролегают через: дороги, тропы.

Решением данной проблемы будет метод, который поможет находить порывы кабеля во много раз быстрее, также с помощью него можно определить количество поврежденных жил.

Для обнаружения обрыва жил кабеля используем емкостной метод. При порыве кабеля изменяется его емкость, что поможет находить порыв полевого кабеля на больших расстояниях.

По полученным значениям, экспериментальным путем получаем формулу (1), с помощью которой можно вычислить расстояние до места порыва кабеля  $lx$ :

$$lx = (LC_1) / (C_1 + C_2), \quad (1)$$

где  $C_1$  и  $C_2$  – емкости участков поврежденной жилы, измеряемые с двух сторон кабеля;  
 $L$  – общая длина кабельной линии.

Таблица 1 – Параметры измерений для определения зависимости

$C_1$ , nF	$C_2$ , nF	$L$ , м
0,58	1,4	50
0,57	0,91	40
0,43	0,78	30
0,46	1,58	20
0,79	3,3	10
0,036	0,052	1

Для данного метода необходимо измерить емкость с двух концов, так как необходимо узнать два значения, так же нужно знать длину полевого кабеля. Полученные значения подставляются формулу для определения  $lx$ .

Недостатком данного метода является то, что для обнаружения порыва, необходимо измерить емкость с двух концов поврежденного кабеля.

В случае обрыва сразу двух жил полевого кабеля П-274 необходимо использовать металлический штырь, который втыкается в землю и измерения производятся между жилой кабеля и металлическим штырем.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Бобровников Л.З. Радиотехника и электроника. Москва 2017. 374 с.
- 2 Гусев В.Г. Электроника. Оренбург 2017. 304 с.
- 3 Дорошев А.В., Мухин А.В., Студеникин А.В. «Технология монтажа и обслуживания направляющих систем». Учебно-методическое пособие. Ставрополь 2016. – 272 с.
- 4 Дорошев А.В., Студеникин А.В., Гальвас А.В., Киселев П.Б. «Ремонт и обслуживание линейно-кабельных сооружений связи». Часть 1. Монтаж и обслуживание кабельных линий связи с металлической жилой. Учебно-методическое пособие. Ставрополь 2017. – 286 с.
- 5 Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование организаций и учреждений. Москва 2016. 148 с.
- 6 Telta Пермский телефонный завод: [Электронный ресурс]. Москва, 2005-2021. Режим доступа: <http://www.telta-perm.ru> (дата обращения 5.02.2021).
- 7 Производитель кабельно-проводной продукции: [Электронный ресурс]. Москва, 2000-2021. Режим доступа: <http://www.informsystema.com> (дата обращения 14.01.2022).

УДК 006.91

Фирсин Александр Иванович, аспирант; Firsin Alexander Ivanovich  
Волошин Евгений Александрович, аспирант; Voloshin Evgeny Alexandrovich  
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь

#### **ПРОИЗВОДСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА СТАЦИОНАРНЫХ ПУНКТАХ ДИСЛОКАЦИИ, ОСНОВАННОЕ НА ПРИНЦИПЕ КОНДЕНСАЦИИ**

#### **PRODUCTION OF DRINKING WATER AT STATIONARY LOCATIONS BASED ON THE PRINCIPLE OF CONDENSATION**

Аннотация. Производство воды из атмосферы методом конденсирования от холодильного аппарата, используется, когда есть что фильтровать, а если воды нет или она в непригодном для фильтрации состоянии, конденсирования воды из атмосферы не требуется сверх низких температур, достаточно достижение температуры «точки росы».

Abstract. The production of water from the atmosphere by condensation from a refrigeration unit is used when there is something to filter, and if there is no water or it is in an unsuitable state for filtration, condensation of water from the atmosphere is not required above low temperatures, it is enough to reach the temperature of the «dew point».

Ключевые слова: испаритель, компрессор, радиатор, фреон, конденсирование, точка росы, объемный расход.

Keywords: evaporator, compressor, radiator, freon, condensation, dew point, volume flow.

Природные воды делят на атмосферные, поверхностные и подземные. Каждой группе присущи свои особенности, оказывающие существенное влияние на их пригодность для удовлетворения тех или иных потребностей людей. Качество воды в большой мере зависит не только от ее происхождения, но и от правильности способа добычи и доставки потребителям. Поэтому знание и соблюдение правил добычи и распределения воды совершенно необходимо для сохранения ее природных свойств.

Существуют станции комплексной очистки, позволяющие в рамках единой технологической схемы очищать и опреснять воду. Названные средства позволяют удалить из воды естественные загрязнения, радиоактивные и отравляющие вещества, токсины и болезнетворные микроорганизмы.

Наиболее распространенная схема обработки воды может быть представлена на примерах работы фильтра ТУФ-200. Но это всё хорошо, когда есть что фильтровать, а если воды совсем

нет или она в непригодном для фильтрации состоянии. В решении этой проблемы поможет один случай из быта человека. Многие замечали, что когда из холодильника вынимаешь обычную стеклянную банку, спустя несколько минут, она покрывается капельками воды (конденсатом). Данное устройство поможет решить проблему с недостатком воды.

Принцип работы любого охлаждающего устройства основан на резком понижении давления. При резком понижении давления уменьшается температура любого вещества (в нашем случае газ фреон). Мотор-компрессор сжимает газообразный фреон и выталкивает его в конденсатор. В конденсаторе, нагретый в результате сжатия фреон остывает до комнатной температуры и окончательно переходит в жидкое состояние. Жидкий фреон, находящийся под давлением, через отверстие капилляра попадает во внутреннюю полость испарителя, переходит в газообразное состояние, в результате чего, отнимает тепло от стенок испарителя, а испаритель, в свою очередь, охлаждает внутреннее пространство холодильника.

Этот процесс повторяется до достижения заданной терморегулятором температуры стенок испарителя.

Этот же процесс происходит при охлаждении ожога человеком. Для того чтобы снизить температуру ожога. Человек обдувает ожог через тонкое отверстие между губ. Также как фреон выходит через тонкое отверстие капилляра, из области с повышенным давлением в область с пониженным давлением. Для конденсирования воды из атмосферы от холодильного аппарата не требуется сверх низких температур, достаточно лишь достижение температуры «точки росы».

Для увеличения площади охлаждаемой поверхности целесообразно установить радиатор на испаритель и поместить его под углом 35-40 градусов для скатывания образующегося конденсата.

Также для увеличения объема воздуха, проходящего через радиатор целесообразно установить вентилятор (кулер). Подойдет обычный кулер от системного блока компьютера. Но есть один нюанс, если скорость потока воздуха, проходящего через радиатор будет слишком высокой, то воздух не будет успевать охлаждаться до нужной температуры и конденсация прекратится. Для того чтобы регулировать скорость проходящего потока воздуха, кулер необходимо установить на специальных направляющих, на расстоянии позволяющих менять его местоположение. Если скорость потока слишком высока, то кулер нужно отодвинуть, а если скорость потока воздуха недостаточная, то необходимо пододвинуть кулер ближе к радиатору. Объемный расход – это количество воздуха, проходящего через устройство за 1 минуту.

Давление воздуха в среднем 750 мм ртутного столба что равно 1 бару.

При температуре сухого воздуха 25° С и 60 % влажности конденсация наступает при охлаждении воздуха до 16.7° С.

Рабочее давление для стандартного компрессора равно 4 барам. Таким образом данное устройство при постоянной работе за сутки конденсирует 18,9 литров питьевой воды или 0,7 литра в час.

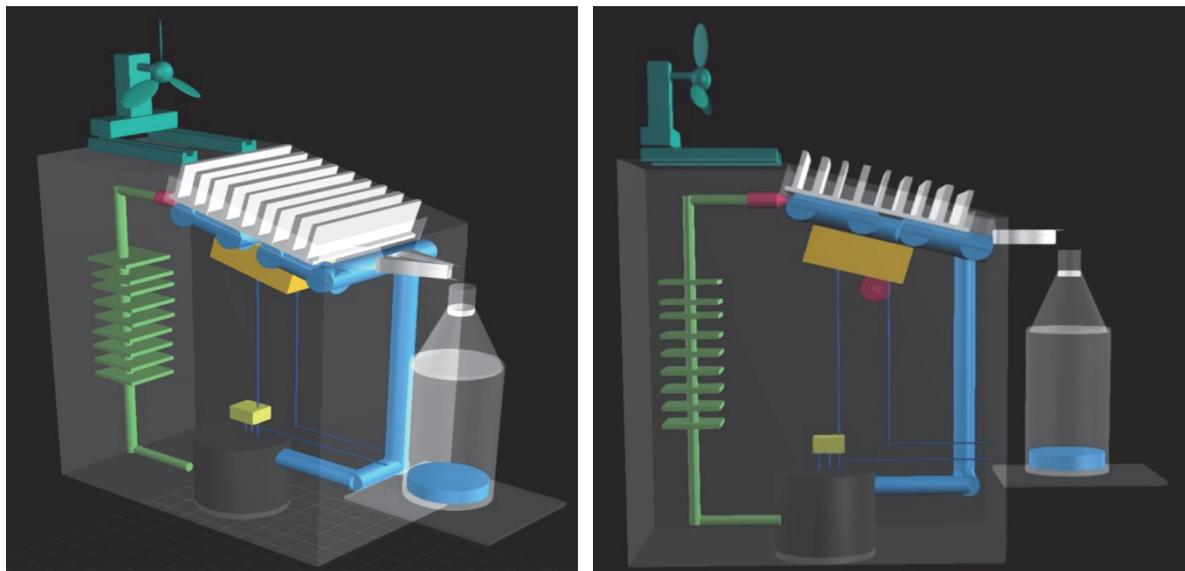


Рисунок 1 – Устройство производства питьевой воды (вид изнутри)

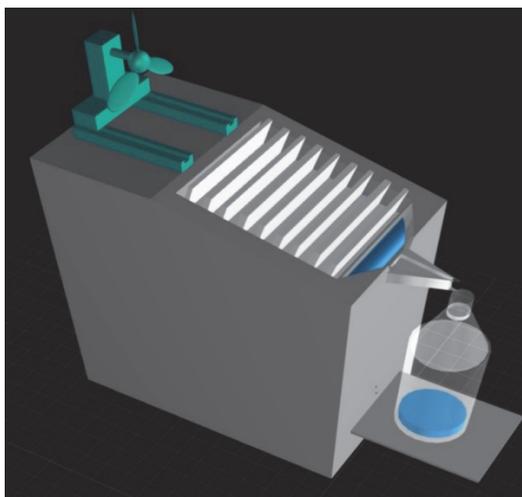


Рисунок 2 – Устройство производства питьевой воды (внешний вид)

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л. : Гидрометиздат, 2014. 32 с.
- 2 Грабовский Р.И. Курс физики. М. : Высшая школа, 2014. 46 с.
- 3 Петров К.Л. Основы холодильной техники. М. : Наука, 2016. 170 с.
- 4 Лепав Д.А. Электроприборы. М. : Легкая индустрия, 2014. 336 с.
- 5 Лурье П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа. СПб. : Гидрометиздат, 2016. 123 с.

УДК 004.4

Шаповалов Евгений Эдуардович, студент; Shapovalov Evgeny Eduardovich

Абарникова Елена Борисовна, кандидат технических наук, доцент; Abarnikova Elena Borisovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКТОРА ОНЛАЙН-ХАКАТОНОВ

##### DESIGNING AN ONLINE HACKATHON CONSTRUCTOR

Аннотация. Данная работа посвящена проектированию web-сервиса «Конструктор Хакатонов». Определена актуальность и новизна сервиса. Выполнен обзор аналогов, приведен набор схем в нотации BPMN 2.0.

Annotation. This work is devoted to the design of the web service «Hackathon Constructor». The relevance and novelty of the service has been determined. An overview of analogs is performed, a diagram of precedents and a set of schemes in BPMN 2.0 notation are given.

Ключевые слова: конструктор, онлайн мероприятие, разработка web-сервиса, проектирование web-сервиса, хакатон, идеатон.

Keywords: constructor, online event, web service development, web service design, hackathon, ideaton.

Хакатоны – это очень популярные мероприятия, целью которых является собрать специалистов определенной области для совместной работы над какой-нибудь проблемой любого характера. Исходом мероприятия является готовое или почти готовое решение данной проблемы, участники предоставившие наиболее качественные решения объявляются победителями хакатона, после чего они получают дополнительные средства на развитие своего решения или же выгодные предложения по работе.

В настоящее время хакатоны являются неотъемлемой частью социальной, научной и экономической жизни общества, с ростом их популярности такой формат проведения применяется повсеместно, от поиска новых сотрудников для компании до привлечения внимания людей к культурной среде.

Новизна предлагаемых в проекте решений состоит в следующем [1, 2, 3]:

- создана универсальная объектная модель хакатона;
- разработаны алгоритмы, обрабатывающие модель динамически изменяющейся структуры документо-ориентированных баз данных;

- реализована технология динамически изменяющихся веб-страниц для создания адаптивной настройки Хакатонов.

В результате проведенных исследований, были выявлены наиболее значимые критерии и проведен сравнительный анализ конкурентов и их существующих решений. Результаты анализа в сжатой форме представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты анализа существующих решений

	Yandex Cup	All Cups	Zucker.Studio	Codenrock	russianhackers
Высокая техническая реализация	+	+	-	-	-
Свободное создание мероприятий	-	-	-	-	-
Возможность проведения как онлайн, так и офлайн	-	-	+	+	+
Охват различных сфер деятельности	-	-	+	+	-
Адаптивно настраиваемые параметры	-	-	+	+	+

При выполнении интернет-запроса формируется немалый список сервисов, предлагающих создать или организовать свой онлайн хакатон, однако, в основном предоставляются услуги организации хакатонов (отдельный сайт или офлайн-организация мероприятия), площадки для конкретного свободного создания отсутствуют.

Разрабатываемый сервис решает данную проблему, путем предоставления функционала для создания собственного хакатона в удобном, быстром и адаптированном под потребности пользователя формате. Таким образом, например, преподавателю или менеджеру отдела не составляет труда организовать среди своих учеников или работников хакатон на любую тематику.

Участникам данный сервис также облегчает работу, достаточно просто перейти по ссылке или сразу с главной страницы сервиса перейти на нужное мероприятие и начать участие.

Основные функциональные модели в нотации BPMN 2.0 представлены на рисунках 1, 2.

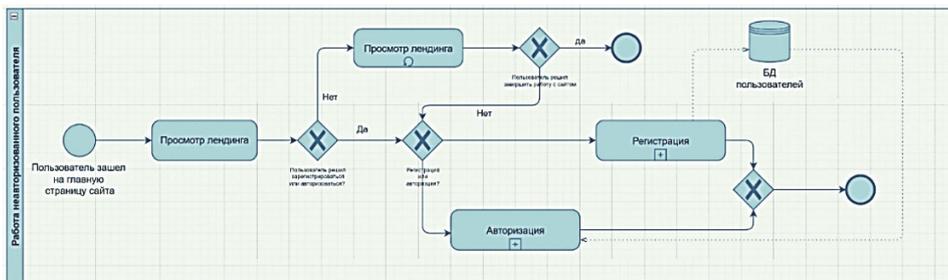


Рисунок 1 – Диаграмма процесса неавторизованного пользователя

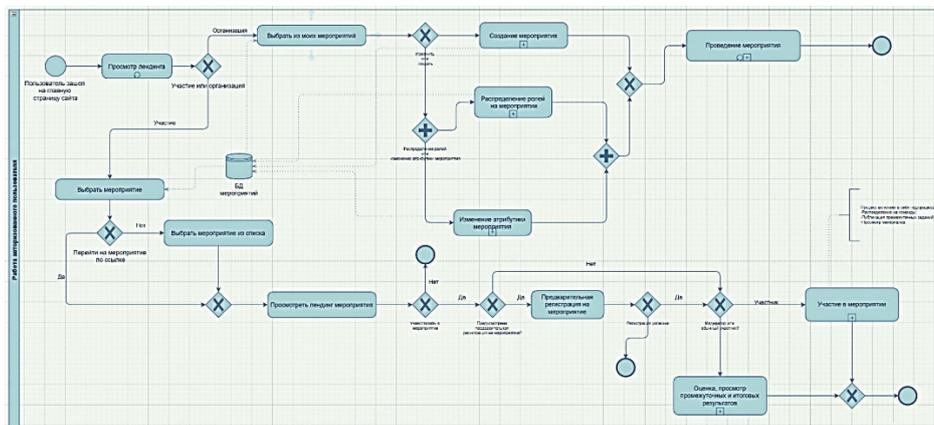


Рисунок 2 – Диаграмма процессов авторизованного пользователя

Главная страница сервиса встречает пользователя лэндингом с описанием функций сервиса и его преимуществ. На лэндинге пользователь может нажать на кнопку «Организатор» или «Участник». Кнопки перенаправляют пользователя на соответствующую роль только в том случае, если он предварительно зарегистрирован.

Окно организатора. Первое, что встречает пользователя в режиме организатора это список его созданных мероприятий. Далее пользователь может создать мероприятие, после нажатия на кнопку «Создать мероприятие» попав в меню конструктора. Если пользователь нажимает на одно из ранее созданных мероприятий, то он переходит в меню редактирования этого мероприятия. Из окна редактирования можно попасть в меню распределения ролей. Там организатор имеет возможность сформировать группу участников, группу экспертов, и наблюдателей, если заранее была настроена возможность открытого просмотра результатов команд.

Окно участника. Первое, что встречает пользователя в качестве участника, это список всех опубликованных мероприятий на сервисе. Далее пользователь заходит на нужное ему мероприятие (выбор из списка или по ссылке). В зависимости от того, как настроил мероприятие организатор, пользователь, либо проходит предварительную регистрацию, либо сразу получает доступ к участию. В этом же окне участники между собой распределяются на команды, если организатор предоставил такую возможность.

Окно эксперта. Эксперт имеет возможность просматривать этапы работы команд и участников. Так же эксперту доступно форма для оценки итоговых и промежуточных результатов.

Для проектирования структуры базы данных была выявлена базовая объектная модель. Данная модель с основными объектами и базовыми наборами атрибутов приведена на рисунке 3.

Помимо базовой структуры сервиса, пользователю предоставляется возможность самому создать то мероприятие, которое пользователь планирует.

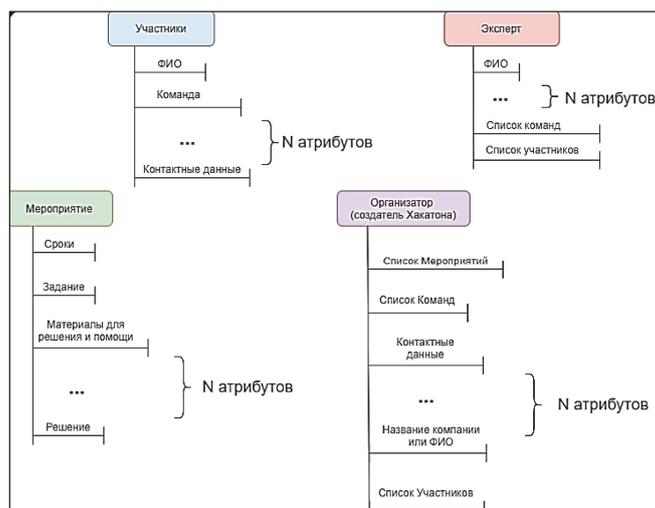


Рисунок 3 – Базовая объектная модель

Имеется базовый шаблон, в котором перечислены стандартные атрибуты, если же пользователю захочется добавить атрибут или у участников, или у заданий, он добавляет нужные ему атрибуты. Таким образом вносятся изменения в структуру базы данных, параллельно с этим разработанный алгоритм под изменившуюся структуру базы данных видоизменяют страницу сайта.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Закусило, А. М. Разработка конструктора электронных атласов / А. М. Закусило, Е. Б. Абарникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редакция: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 265-267.

2 Habr : веб-сайт о программировании : сайт. – Москва, 2006 – . – URL: <https://metanit.com/nosql/mongodb/1.1.php> (дата обращения 22.01.2022). – Режим доступа: свободный.

3 Metanit : веб-сайт о программировании : сайт. – Москва, 2012 – . – URL: <https://habr.com/ru/post/457580> (дата обращения 20.01.2022). – Режим доступа: свободный.

УДК 004.4

Шконда Данил Николаевич, студент; Shkonda Danil Nikolaevich

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент; Shchelkunova Marina Evgenievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИНТЕРНЕТ-СТРАНИЦ

### TESTING THE PERFORMANCE OF INTERNET PAGES

Аннотация. Авторами был проведен сбор данных в области тестирования производительности сайта используя нагрузочное тестирование с помощью сервисов be1.ru и Google PageSpeed.

Abstract. The author collected data in the field of site performance testing using load testing with help of the be1.ru and Google PageSpeed services.

Ключевые слова: ПО, тест-кейс, производительность, тестирование, индексирование страниц.

Keywords: software, test-case, performance, testing, page indexing.

Тестирование производительности в инженерии ПО – это тестирование, которое проводится с целью определения как реагирует различное ПО под различной нагрузкой. Также служит для проверки таких атрибутов качества ПО как: масштабируемость, надежность и потребление ресурсов. В наше время перед выпуском любой продукции производится множество тестов на работоспособность продукта.

Тестирование производительности – это одна из сфер, что продолжает активно развиваться в области инженерии производительности. Нагрузочное тестирование – это тривиальная форма тестирования производительности. Она проводится для оценки поведения приложения под ожидаемой нагрузкой. Это позволяет идентифицировать слабые места баз данных, серверов, сайтов и так далее [1 – 2].

Для тестирования интернет-сайта rimaschool.ru были выбраны онлайн-сервисы be1.ru и Google PageSpeed. Они доступны для всех на бесплатной основе. Стояла задача проверить, способен ли сайт rimaschool.ru в 2022 году соответствовать требованиям по быстрой загрузке страницы с ПК или смартфона, на индексирование страниц, на уникальность ссылок, ведущих к этому сайту.

Используемые для тестирования сервисы be1.ru и Google PageSpeed с помощью своих внутренних инструментов анализируют домены сайтов, просматривают доступную статистику. Собрав информацию они выдают её, подробно расписывая недостатки и способы их исправления.

Тесты, которые проводились:

- тест на производительность – загрузка должна быть быстрее трех секунд, размер страницы не должен превышать 3 Мб;
- тест на индексирование страниц – количество страниц в поисковой системе Google должно превышать 40000;
- тест на скорость загрузки сайта с смартфона – скорость загрузки элементов сайта на смартфоне оценивается в более 90 баллов по мнению Google PageSpeed;
- тест на уникальность ссылок на данный сайт – не менее 200 уникальных ссылок.

Для проведения тестирования были разработаны тест-кейсы, примеры которых показаны в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Тест-кейс № 1

Приоритет: 1	1
Идея: сайт загружается быстрее трех секунд	
История изменений	
Дата создания: 16.01.2022 Д.Н. Шконда	Инициализация теста
Выполнение	
Описание действий	Ожидаемый результат
1 зайти на сервис be1.ru; 2 ввести адрес сайта rimaschool.ru в окно для тестирования; 3 получить результат скорости загрузки сайта в разделе «Информация о сайте»	< 3 секунд

Таблица 2 – Тест-кейс № 2

Приоритет: 2	2
Идея: скорость загрузки элементов сайта на телефоне оценивается в более 90 баллов по мнению Google PageSpeed	
История изменений	
Дата создания: 16.01.2022 Д.Н. Шконда	Инициализация теста
Выполнение	
Описание действий	Ожидаемый результат
1 зайти на сервис Google Page Speed; 2 ввести адрес сайта pimaschool.ru в окно для тестирования; 3 получить оценку скорости загрузки элементов сайта в разделе «Индексация сайта»	> 90

Для запуска тестирования необходимо зайти на сервис [be1.ru](http://be1.ru) и ввести ссылку на тестируемый сайт. Некоторое время спустя сервис выдаёт результат тестирования сайта. Результат тестирования сайта приведён на рисунках 1, 2. Тест-отчёты по проведенному тестированию сайта [pimaschool.ru](http://pimaschool.ru) приведены в таблицах 3, 4.

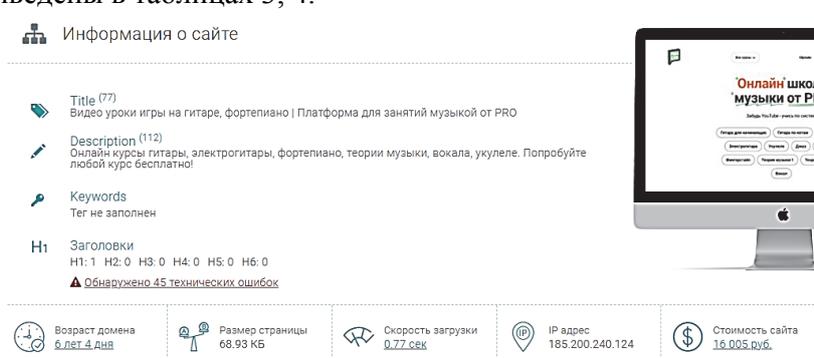


Рисунок 1 – Результат тестирования на сервисе [be1.ru](http://be1.ru)

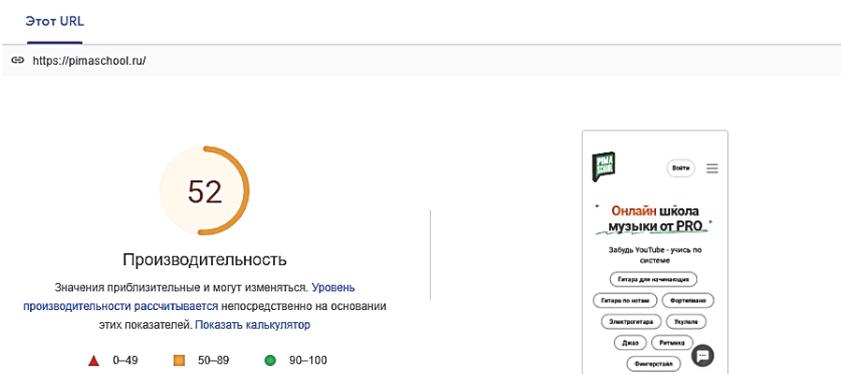


Рисунок 2 – Результат тестирования на сервисе Google PageSpeed

Таблица 3 – Тест-отчёт № 1

Приоритет: 1	1
Идея: сайт загружается быстрее чем за 3 секунды	
История изменений	
Дата создания: 16.01.2022 Д.Н. Шконда	Инициализация теста
Выполнение	
Описание действий	Ожидаемый результат
1 зайти на сервис <a href="http://be1.ru">be1.ru</a> 2 ввести адрес сайта <a href="http://pimaschool.ru">pimaschool.ru</a> в окно для тестирования; 3 получить результат скорости загрузки сайта в разделе «Информация о сайте»	< 3 сек
	Фактический результат
	0,77 сек

Таблица 4 – Тест-отчёт № 2

Приоритет: 2	2	
Идея: скорость загрузки элементов сайта на телефоне оценивается в более 90 баллов по мнению Google PageSpeed		
История изменений		Статус тестирования
Дата создания: 16.01.2022 Д.Н. Шконда	Инициализация теста	Отрицательный
Выполнение		
Описание действий	Ожидаемый результат	Фактический результат
1 зайти на сервис Google Page Speed и ввести адрес сайта в окно для тестирования; 2 получить оценку скорости загрузки элементов сайта в разделе «Индексация сайта»	> 90	13

Исходя из полученных результатов, можно сказать, что данный сайт имеет быструю загрузку на ПК, так как имеет не высокий размер страницы, но на смартфонах имеет очень плохие показатели по скорости загрузки страницы.

В статье [3] авторами говорится, что в случае неудовлетворительных результатов следует как можно быстрее исправить все недоработки и ошибки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Буянов, А. В. Разработка Web – приложения для агентства недвижимости / А. В. Буянов, А. Н. Петрова // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях, Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – Ч. 2. – С. 144-146.

2 Ли, Ш. Разработка сайта для мебельного салона / Ш. Ли, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 305-307.

3 Соколов М. В. Разработка интернет-магазина по ведению здорового образа жизни / М. В. Соколов, М. Е. Щелкунова // Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности : материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 20-25 марта 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 222-225.

УДК 004.04

Якимова Светлана Викторовна, студент; Yakimova Svetlana Viktorovna

Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;

Shchelkunova Marina Evgenievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ КАДРОВОГО АГЕНТСТВА SOFTWARE DESIGN FOR A RECRUITMENT AGENCY

Аннотация. Данная работа посвящена проектированию и разработке программного средства кадрового агентства.

Abstract. This work is devoted to the design and development of a software tool for a recruitment agency.

Ключевые слова: кадровое агентство, трудоустройство, проектирование, информационная система.

Keywords: recruitment agency, employment, design, information system.

Для коммерческой организации по предоставлению услуг особенно важно иметь возможность качественно и быстро обслуживать посетителей, ведь именно от них зависит прибыль ор-

ганизации [1]. Это высказывание справедливо практически для любой сферы деятельности, например, для сферы трудоустройства. Чем быстрее и корректнее будут подбираться кадры для обращающихся работодателей, тем больше будет полученная прибыль и выше репутация компании. В статье [2] был сделан следующий вывод: с помощью автоматизированных компонентов системы учёта у сотрудников сокращается время работы над документами и уменьшается вероятность появления ошибок в них. В связи с чем и возникает потребность в проектировании и разработке компонентов информационной системы, автоматически подбирающих соискателей и работодателей в пары и мгновенно оповещающих их об изменении статусов поданных ими заявлений.

Начальным этапом создания программного обеспечения является его проектирование. Необходимо изучить предметную область, создать её модель, опираясь на требования к ПО, а также определить внутренние и внешние свойства системы. Существует несколько вариантов нотаций, с помощью которых может быть реализовано проектирование: блок-схемы, ER-диаграммы, UML-диаграммы, DFD-диаграммы или макеты.

В данной статье разбирается проектирование программного обеспечения с применением нотации UML (унифицированного языка моделирования), созданной как стандарт графического описания объектно-ориентированного моделирования, позволяющий представлять ПО в виде набора диаграмм и являющийся средством коммуникации в команде разработчиков и при общении с заказчиками.

**Предметная область.** Кадровое агентство способствует трудоустройству безработных граждан. Агентство ведёт учёт и классификацию данных о безработных на основании резюме от них. От предприятий города поступают данные о свободных вакансиях, на основании которых агентство предлагает различные варианты трудоустройства соискателям. В случае положительного исхода поиска вакансия считается заполненной, а безработный становится трудоустроенным.

Соискатель обращается в кадровое агентство по вопросам трудоустройства, подаёт резюме, проходит собеседования. В ходе работы с резюме система агентства оповещает соискателя о необходимости пройти собеседование и о том, что его резюме вошло в сделку, то есть соискатель принят на работу.

Работодатель обращается в кадровое агентство по вопросам подбора персонала, размещает вакансии. В ходе работы с вакансией система агентства оповещает работодателя о том, что на определённую должность была найдена возможная кандидатура и что вакансия вошла в сделку – на определённую должность утверждён соискатель.

Рекрутер занимается проверкой правильности составления резюме и вакансий в случае личных встреч с обращающимися в агентство, одобряет подобранные системой пары, проводит собеседования и заключает сделки.

**Актуальность разработки.** Актуальность разрабатываемого программного обеспечения определяется по функциональным возможностям и качеству проектирования уже существующих информационных систем, не позволяющих автоматизировать работу рекрутера по части составления отчётной документации, корректного подбора соискателей на подаваемые должности и своевременного оповещения клиентов агентства о статусе поданных ими резюме и вакансий. Как следствие, в компании имеются следующие проблемы:

- большая вероятность в допуске ошибок при заполнении различных документов;
- медленный подбор пар, состоящих из соискателя и работодателя;
- отсутствие мгновенного оповещения клиентов о статусе поданных ими резюме и вакансий.

**Предлагаемое решение.** Для решения этих проблем необходимо спроектировать и разработать компонент информационной системы, позволяющий:

- вести списки резюме и вакансий;
- вести списки подобранных системой и одобренных рекрутерами пар;
- оформлять сопутствующую документацию;
- оповещать соискателя о необходимости пройти собеседование и о принятии его на работу;
- оповещать работодателя о подборе возможной кандидатуры на определённую вакансию и о заключении сделки.

Новизна предлагаемого решения. Проектируемая информационная система должна поддерживать:

- подачу резюме и вакансий через сайт;
- возможность коммуникации рекрутеров и клиентов внутри программного компонента;
- возможность фильтрации вакансий и резюме по выбранным должностям;
- мгновенное оповещение клиентов о статусе поданных ими заявлений.

Диаграмма прецедентов. При проектировании информационной системы была разработана диаграмма прецедентов, представленная на рисунке 1 [3]. Прецеденты описывают последовательность действий, выполняемых системой в интересах внешнего субъекта и наблюдаемых им. Внешним субъектом может быть пользователь или какая-либо другая система.

Исходя из диаграммы прецедентов, можно увидеть, что актёрами – основными лицами, взаимодействующими с системой, являются рекрутер, соискатель и работодатель.

Рекрутер, также как соискатель может вести список резюме и также, как и работодатель может проводить аналогичную работу со списком вакансий, поэтому на диаграмме отображено, что он наследует их прецеденты, а также выполняет свою непосредственную работу, но уже со списками пар.

Информационная система состоит из нескольких подсистем: ведение списков резюме и вакансий и ведение списков пар.

Ведение списка резюме подразумевает работу с резюме: после корректного заполнения формы оно заносится в базу, далее можно увидеть свой список поданных резюме, выбрать любое для просмотра информации и, если оно ещё не было подобрано в пару (имеет статус свободного), удалить.

Работа с ведением списка вакансий имеет такие же действия.

Ведение списка пар – подсистема, описывающая работу со списками подобранных системой и одобренных рекрутером пар. Рекрутер может разорвать некорректно подобранную системой пару или одобрить её, если резюме и вакансия совпадают по требуемым параметрам. Также рекрутер может разорвать одобренную пару, если в процессе собеседования понимает, что соискатель не подходит на рассматриваемую должность, или если работодателя не устраивает данный соискатель. В противном случае заключается сделка, закрывающая резюме и вакансию.

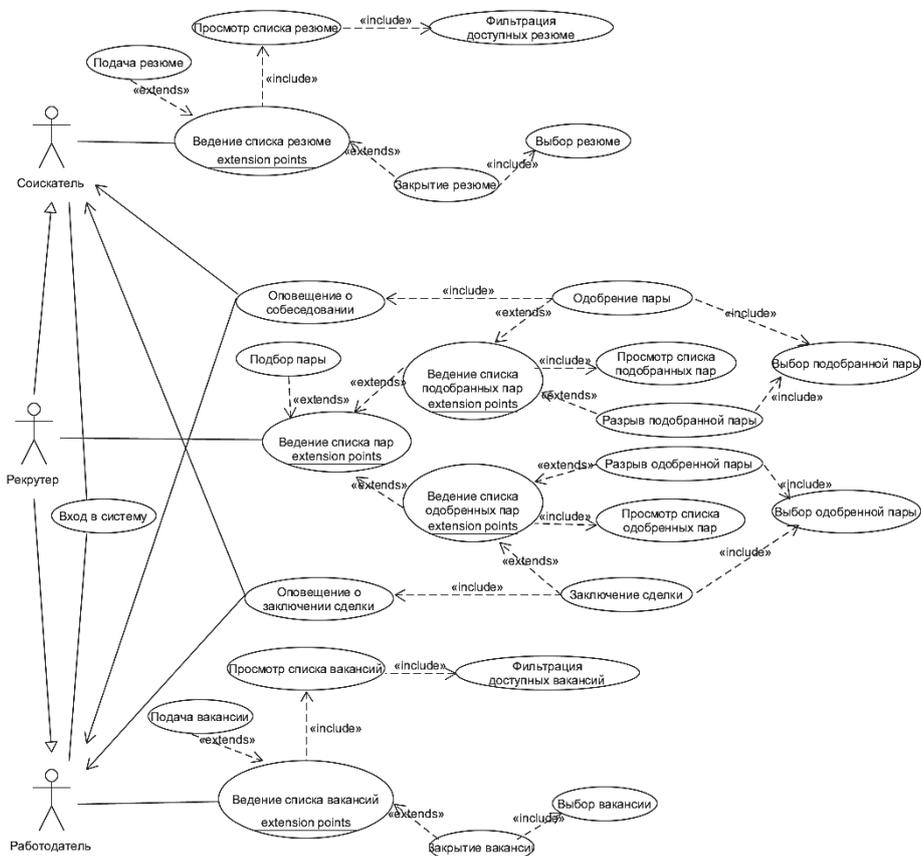


Рисунок 1 – Диаграмма прецедентов

Вывод.

В процессе проектирования информационной системы был выполнен анализ предметной области рабочей деятельности кадрового агентства, а также выявлены актёры, взаимодействующие с системой: рекрутер, соискатель и работодатель.

На этой основе была создана диаграмма прецедентов, у проектирования которой можно выделить следующие цели:

- определение границы и контекста моделируемой предметной области на ранних этапах проектирования;
- формирование общих требований к поведению проектируемой информационной системы;
- разработка концептуальной модели системы для её последующей детализации;
- подготовка документации для взаимодействия с заказчиками и пользователями системы.

Разработка информационной системы возможна на платформе 1С:Предприятие как предложено в статьях [4, 5]. Это позволит совместить разрабатываемые компоненты с уже существующей системой бухгалтерского учёта (если у компании имеется таковая на данной платформе) и упростить формирование отчётов и различных печатных форм. Также среда имеет интуитивно понятный интерфейс, не затрудняющий работу новым пользователям.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Борисенко, А. В. Разработка системы учета развлекательного центра «Киров парк» / А. В. Борисенко, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 220-222.

2 Москвитин, Е. С. Разработка программного обеспечения стратегического управления товарным ассортиментом предприятия / Е. С. Москвитин, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – Ч. 3. – С. 260-262.

3 Сонарова, А. А. Разработка информационной системы организации грузоперевозок / А. А. Сонарова, М. Е. Щелкунова // Актуальные проблемы информационно-коммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности : материалы I Международной научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 20–25 марта 2021 г. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 345-348.

4 Остапчук, А. О. Разработка компонент системы учета для акционерного общества «Комсомольский-на-Амуре аэропорт» / А. О. Остапчук, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – Ч. 2. – С. 386-389.

5 Тимофеев Г.А. Опыт организации репозитория для «гибридного» проекта на 1С / Г. А. Тимофеев, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – Ч. 2. – С. 396-399.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИГРОКА И ПРИЛОЖЕНИЯ «Я – ТУРИСТ»

### MATHEMATICAL MODELING OF THE INTERACTION OF THE PLAYER AND THE APPLICATION "I AM A TOURIST"

Аннотация. Данная работа посвящена проектированию, математическому моделированию взаимодействия игрока и приложения «Я – Турист».

Abstract. This work is devoted to the design, mathematical modeling of the interaction between the player and the application "I am a Tourist".

Ключевые слова: математическое моделирование, проектирование программного обеспечения, мобильное приложение, мобильные устройства, программирование в Unity.

Keywords: mathematical modeling, software design, mobile application, mobile devices, programming in Unity.

Актуальность данного материала обусловлена необходимостью популяризации среди молодого поколения знаний, связанных с экотуризмом и туристическим походом. Донесение информации через игровую форму позволяет лучше усваивать материал, а также получать удовольствие от самого процесса игры и триумфа победы.

В качестве средства донесения знаний выбор упал на мобильные устройства, преимущественно на смартфоны, поскольку это направление является одно из самых перспективных и быстроразвивающихся, а также мобильные устройства являются популярными игровыми девайсами. Каждый год аудитория и время, проведенное в мобильных приложениях, повышается [1].

Целью данной работы является привлечение молодого поколения к экологическому туризму, походу, донесение правил нахождения в заповедниках.

Экологический туризм – это форма современного туризма в местах, где природные территории не были загрязнены деятельностью человека. Туристский поход – это пешее прохождение по определенному маршруту с целью участия в оздоровительных, образовательных или спортивных мероприятиях.

На данный момент существует несколько видов мобильных игр: простая игра с проработанной механикой и графикой; более сложная, доступная для более широкого круга устройств. На этапе проектирования мобильного приложения предполагается использование концепции простой игры [2].

Главное окно мобильного приложения предполагаемо состоит из карты, на которой находятся различные маршруты для прохождения. При прохождении маршрута игроку будут встречаться различные задания – они могут как продвигать по маршруту, так и приближать к финальной цели маршрута. При прохождении заданий игрок либо получает, либо закрепляет знания в области экотуризма, заповедной зоны. Конечной целью прохождения маршрута может являться спасение пойманного животного, исчезающих видов флоры и фауны. После прохождения маршрута игроку будет открываться доступ к последующим маршрутам.

На рисунке 1 представлена диаграмма прецедентов, в которой отображено взаимодействие игрока с приложением на глобальном уровне.



Рисунок 1 – Диаграмма прецедентов взаимодействия игрока и приложения

При выполнении игроком каких-либо действий в приложении происходит обмен данными с приложением. Приложение обменивается какими-либо данными с игроком, а также выводит звук и управляет камерой с помощью полученных данных от игрока.

После проведения анализа предметной области была разработана математическая модель, базовая часть которой представлена в виде совокупности множеств (1):

Игра:

$$G = \langle Players, Routes, Results \rangle, \quad (1)$$

где  $Players = \{player_i\}, i = \overline{1, I}$  – множество игроков (2);

$Routes = \{route_j\}, j = \overline{1, J}$  – множество маршрутов (3);

$Results = \{result_k\}, k = \overline{1, K}$  – множество результатов (4).

Множество игроков:

$$player_i = \langle name_i, score_i \rangle, \quad (2)$$

где  $name_i$  – имя игрока;

$score_i$  – общий счет игрока.

Множество маршрутов:

$$route_j = \langle nameroute_j, Tasks \rangle, \quad (3)$$

где  $nameroute_j$  – название маршрута;

$Tasks = \{task_l\}, l = \overline{1, L}$  – множество заданий (5).

Множество заданий:

$$task_l = \langle name_l, text_l, answer_l, pos_l, type_l \rangle, \quad (5)$$

где  $name_l$  – название задания;

$text_l$  – текст задания;

$answer_l$  – правильный ответ;

$pos_l$  – позиция задания;

$type_l$  – тип задания.

Множество результатов:

$$result_k = \langle player_i, task_l, Status \rangle, \quad (4)$$

где  $player_i$  – информация об игроке;

$task_l$  – информация о задании;

$Status = \{ \text{«не выполнено»}, \text{«выполнено отлично»}, \text{«выполнено хорошо»}, \text{«выполнено удовлетворительно»} \}$ .

На основе представленной математической модели будет разработано игровое приложение «Я – Турист». Исходя из анализа предметной области и опыта разработчиков [1, 3], приложение будет реализовано с помощью языка программирования Visual C# и межплатформенной среды разработки Unity.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Морощкин, Е. М. Разработка игровой программы для мобильного устройства / Е. М. Морощкин, М. Е. Щелкунова // Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности : Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 20-25 марта 2021 года / Редколлегия: Григорьев Я. Ю., Трещев И. А. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 338-341.

2 Мэннинг, Д. Unity для разработчика. Мобильные мультиплатформенные игры / Д. Мэннинг, П. Батфилд-Эддисон. – Санкт-Петербург : Питер, 2018. – 352 с.

3 Еремеев, А. А. Разработка программного обеспечения обучающей игры "Школьная библиотека" / А.А. Еремеев, А.Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 195-197.

УДК 004.4

Якунина Кристина Денисовна, студент; Yakunina Kristina Denisovna  
Щелкунова Марина Евгеньевна, кандидат технических наук, доцент;  
Shchelkunova Marina Evgenievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ANDROID**

### **DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED DEVELOPMENT ENVIRONMENT FOR THE ANDROID PLATFORM**

Аннотация. Данная работа посвящена разработке интегрированной среды разработки для платформы Android. В работе описываются предпосылки создания подобной среды, раскрывается актуальность работы, описываются цель и задачи.

Abstract. This work is devoted to the development of an integrated development environment for the Android platform. The prerequisites for creating such an environment is described in this work, also the relevance of the work is revealed, and the goal and objectives is described.

Ключевые слова: интегрированная среда разработки, ИСР, Android, мобильные устройства, разработка программного обеспечения.

Keywords: integrated development environment, IDE, Android, mobile devices, software development.

Интегрированная среда разработки, ИСР (от английского Integrated development environment – IDE), также единая среда разработки, ЕСР – комплекс программных средств, используемый программистами для разработки программного обеспечения (ПО).

Среда разработки зачастую включает в себя:

- текстовый редактор,
- транслятор (компилятор и/или интерпретатор),
- средства автоматизации сборки,
- отладчик.

Интегрированные среды разработки созданы с целью упростить процесс разработки программ, и как следствие максимизировать производительность программиста. Актуальность разработки мобильной интегрированной среды заключается в том, что существующие интегрированные среды разработки на мобильных устройствах, значительно уступают своим аналогам, ориентированных на персональные компьютеры и работающих на операционных системах Windows, Linux и MacOS. Цель данной разработки в том, чтобы повысить мобильность программистов за счет создания интегрированной среды разработки для мобильных устройств.

Основываясь на опыте разработок программ и приложений, описанных в других работах [1 - 4], для проектирования и реализации интегрированной среды разработки, работающей на платформе Android, можно выделить следующие задачи исследования:

- анализ существующих IDE;
- изучение технологий создания ПО, обеспечивающих функции IDE;
- описание технологии создания IDE, работающих на мобильных устройствах;
- создание IDE, работающей на мобильных устройствах на платформе Andorid.

Интегрированные среды разработок, ориентированные на персональные компьютеры, на текущий момент пользуются большой популярностью. Данное программное обеспечение повышает продуктивность программиста за счет сокращения времени установки, ускорения задач разработки, информирования разработчиков о последних передовых методах и угрозах и стандартизации процесса разработки, чтобы каждый мог принять участие.

Однако, у IDE, ориентированных на персональные, есть очевидный недостаток – это наличие персонального компьютера, из-за чего разработчик «привязан» к рабочему месту. Это решается разными способами. В IDE, ориентированных на ПК, встраиваются инструменты поддержки удаленного репозитория или создаются портативные версии ПК IDE, что, конечно, способствует увлечению потенциальных рабочих локаций программиста, однако ухудшатся другие параметры. Так в варианте, когда в IDE встраиваются инструменты поддержки удаленного

репозитория, появляется зависимость от работы стороннего сервера, а в варианте портативных версий IDE зачастую значительно уменьшается предоставляемый функционал ПО, падает общая функциональность, да и, не смотря на увеличение рабочих локаций, «привязка» к персональному компьютеру все также сохраняется.

Также одними из вариантов решения поставленной проблемы могут быть Web/Cloud IDE и мобильные интегрированные среды разработки.

Web/Cloud IDE предоставляются по модели предоставления облачных вычислений «Платформа как услуга» (от английского Platform as a Service – PaaS). Такие IDE позволяют получить доступ к своей платформе из любой точки мира, и у разработчиков нет принуждения открывать проект только на рабочем столе своего офиса. Эти IDE поддерживают несколько типов устройств. Примеры Web/Cloud IDE: AWS Cloud9, Codeanywhere, Heroku. В целом можно подытожить, что «привязка» к рабочему месту сменилась «привязкой» к месту с доступом Internet. Это не всегда приемлемо, так как далеко не у всех программистов есть постоянный доступ в Интернет.

В связи с этим лучшим решением являются мобильные интегрированные среды разработки. По статистике на 2021 в мире около 6 млрд. пользователей смартфонов. Так как мобильные устройства изначально имеют небольшие размеры и обладают максимальной мобильностью, то программист сможет иметь доступ к мобильной IDE почти из любого места.

При разработке мобильной IDE нужно определиться, на какой мобильной операционной системе, будет работать. По данным статистики на конец 2021 года около 70 % смартфонов работают на платформе Android. На ОС iOS работает около 29 %, остальные работают на KaiOS или на специфичных ОС от производителей смартфонов. На рисунке 1 представлена диаграмма «Доля рынка мобильных операционных систем в мире» [5]. Проводимые разработки, описанные в статьях [6, 7], доказывают, что операционная система Android достаточная популярна у пользователей мобильных устройств.

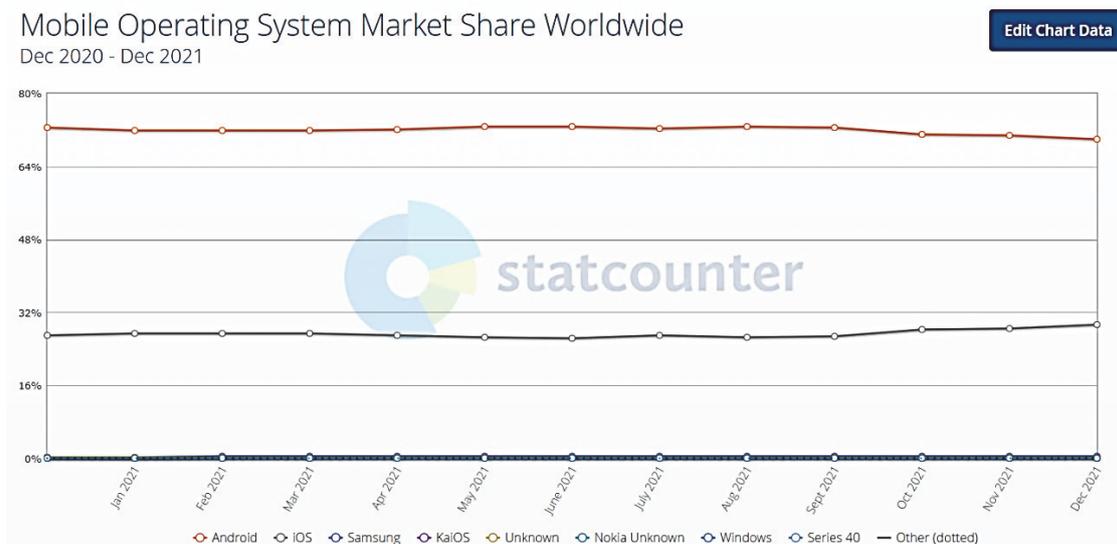


Рисунок 1 – Диаграмма используемых мобильных операционных систем в мире

В связи с этими данными актуальнее всего проектировать интегрированную среду разработки для платформы Android. Можно подвести следующий итог, одним из перспективных направлений развития интегрированных сред программирования – это интегрированные среды разработки для платформы Android.

Однако, на текущий момент отсутствуют качественные мобильные IDE. Большинство сред разработки языка для ОС Android не имеют автодополнения и анализа кода, а остальные предоставляют эти возможности с крайне низкой производительностью или/и на платной основе. Не обладают доступным пользовательским интерфейсом. В целом они значительно уступают по функциональности IDE, работающих на персональных компьютерах.

Таким образом, можно выделить потребность в разработке мобильной интегрированной среды. Данная среда должна работать на ОС Android. Среда должна предоставлять необходимый

при разработке функционал: текстовый редактор, транслятор (компилятор и/или интерпретатор), средства автоматизации сборки, отладчик. При этом иметь доступный графический интерфейс.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Тихомиров, В. А. Разработка и применение универсальных программных контрольно-измерительных комплексов для судостроения / В. А. Тихомиров // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – Т. 2. – № 2(52). – С. 65-72. – DOI 10.37220/MIT.2021.52.2.054.

2 Сонарова, А. А. Разработка информационной системы организации грузоперевозок / А. А. Сонарова, М. Е. Щелкунова // Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности : Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 20–25 марта 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 345-348.

3 Кондоурова, А. А. Разработка программного обеспечения для архива университета / А. А. Кондоурова, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – С. 326-328.

4 Яминский, И. А. Разработка web - приложения для товарищества собственников недвижимости / И. А. Яминский, А. Н. Петрова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года / Редколлегия: Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – С. 425-428.

5 Mobile Operating System Market Share Worldwide Dec 2020 - Dec 2021 // StatCounter – 2022. – URL : <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide> (дата обращения: 16.01.2022).

6 Лобец, С. А. Разработка игровой программы в среде Android / С. А. Лобец, М. Е. Щелкунова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – С. 356-359.

7 Лиханов, Д. С. Разработка приложения «Управление временем» для платформы Android / Д. С. Лиханов, С. Ю. Александров // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях, Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – С. 206-208.

## **СЕКЦИЯ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ОБРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ, ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ**

УДК 004.422.81, 004.622, 004.623

Васильев Гордей Владимирович, аспирант; Vasilev Gordei Vladimirovich

Бердоносков Виктор Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;  
Berdonosov Victor Dmitrievich

Васильев Александр Владимирович, аспирант; Vasilev Alexander Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### **СБОР ДАННЫХ О ПОГОДЕ ЧЕРЕЗ API OPENWEATHER**

#### **COLLECTING WEATHER DATA THROUGH API OPENWEATHER**

Аннотация. Использование открытых Интернет-ресурсов для сбора данных о погоде позволяет построить модель входных потоков гибридных энергетических систем. В статье рассмотрены принципы взаимодействия программного обеспечения с веб-сервисами посредством API (Application Programming Interface). Предложено новое автоматизированное программное обеспечение, которое в реальном времени с периодичностью в 10 минут отправляет запросы на API веб-сервиса OpenWeather. Помимо отправки запросов программное обеспечение производит синтаксический анализ JSON объекта, полученного в ответе от API.

Abstract. The use of open internet resources for weather data collection allows the construction of a model for the input flows of hybrid energy systems. The article discusses the principles of software interaction with web services using API (Application Programming Interface). New automated software has been developed that sends requests to the OpenWeather web service API in real-time with a frequency of 10 minutes. In addition to sending requests, the software parses the JSON object received in the response from the API.

Ключевые слова: гибридные энергетические системы, данные, загрузка данных, обработка данных, программное обеспечение, веб-сервисы.

Keywords: hybrid energy systems, data, data loading, data processing, software, web services.

Сегодня искусственный интеллект играет важную роль в нашей жизни. Так как он применяется в различных областях. Например, искусственный интеллект помогает в реализации разнообразных функций:

- интернет вещей [1];
- машинного зрения [2];
- распознавания изображений [3];
- обработки естественного языка;
- распознавания текстов;
- распознавания речи;
- машинного перевода [4, 5];
- интеллектуальных систем информационной безопасности [1, 6];
- бизнес-аналитики;
- экспертных систем;
- управления БПЛА (беспилотный летательный аппарат) [7];
- прогнозирования явлений;
- и др.

Искусственный интеллект может быть применён в моделировании погодных условий для прогнозирования генерируемой энергии от источников возобновляемой энергии [8], таких как солнечная радиация или ветровая энергия.

Первым этапом формирования модели является сбор данных. Этот этап необходим для обучения нейронной сети, которая является основой модели.

Для сбора данных о погоде авторами был выбран Интернет ресурс <https://openweathermap.org>. Данный ресурс предоставляет API. API – представляет собой про-

граммный посредник, позволяющий двум приложениям взаимодействовать друг с другом, а также содержит условия этого обмена данными. Традиционно программные продукты обмениваются данными и функциями через машиночитаемые интерфейсы. Интерфейсы прикладного программирования состоят из двух компонент:

- Техническая спецификация, описывающая варианты обмена данными между решениями со спецификацией, оформленной в виде запроса на обработку и протоколов доставки данных.
- Программный интерфейс, сформированный в соответствии со спецификацией, которая его представляет.

На выбранном ресурсе реализована Веб-API, этот класс API самый распространенный. Веб-интерфейсы API обеспечивают машиночитаемую передачу данных и функций между веб-системами, которые представляют архитектуру клиент-сервер. Эти API-интерфейсы в основном доставляют запросы от Веб-приложений и ответы от серверов с использованием протокола передачи гипертекста HTTP (HyperText Transfer Protocol).

Взаимодействие с API происходит посредством HTTP-метода GET. GET – метод для чтения данных с сайта. В ответ API отправляет JSON (JavaScript Object Notation) объект. JSON имеет стандартный текстовый формат для представления структурированных данных на основе синтаксиса объекта JavaScript. Он обычно используется для передачи данных в веб-приложениях. На рисунке 1 продемонстрирована работа API в программе Postman.

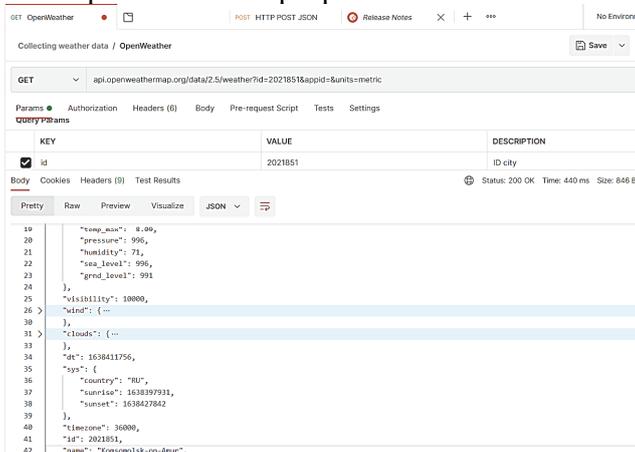


Рисунок 1 – Демонстрация API от OpenWeather

Наиболее интересные данные из ответа от API:

- время восхода, Unix, UTC;
- время заката, Unix, UTC;
- статус погоды;
- описание погоды;
- температура;
- влажность, %;
- атмосферное давление;
- скорость ветра, метр/сек;
- объем дождя за последний час, мм;
- объем снега за последний час, мм;
- облачность, %;
- и др.

API предоставляет данные с периодичностью в 10 минут по 219772 населенным пунктам, из которых 12885 находятся на территории Российской Федерации.

Авторами было реализовано новое ПО (программное обеспечение) на языке программирования Python, которое в автоматизированном режиме позволяет отправлять запросы на API каждые 10 минут. Это же программное обеспечение проводит синтаксический анализ JSON объекта и далее сохраняет данные в БД (база данных). Программное обеспечение устойчиво к сетевым сбоям благодаря конструкции try-except, которая позволяет обрабатывать ошибки во время исполнения кода. На рисунке 2 продемонстрирован запуск ПО.

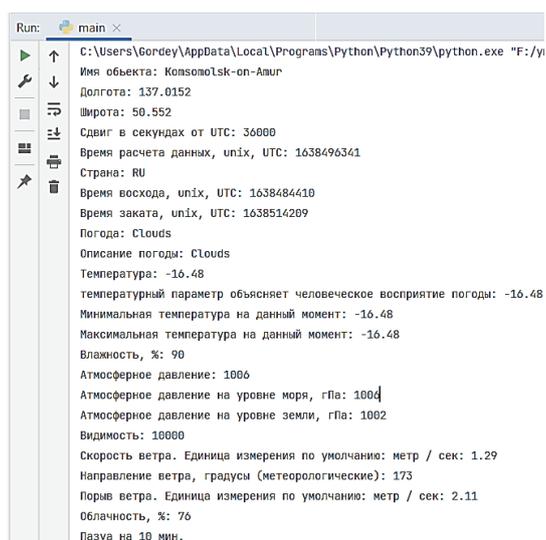


Рисунок 2 – Демонстрация ПО

ПО обеспечивает выполнение первого этапа для разработки и обучения нейронной сети, а именно этап сбор данных. Для эффективной разработки и обучения нейронной сети важно количество данных, так как данные будут подразделяться на валидационные, обучающие и тестовые наборы. Также возможно сильное влияние некоторых данных друг на друга, тогда часть этих данных, после анализа, необходимо будет исключить.

Используя данное новое ПО, можно за год получить более пятидесяти тысяч записей с 25 параметрами по каждому населенному пункту. Сбор данных позволит приступить к следующему этапу разработки нейронной сети, а именно к анализу собранных данных.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Лошманов А.Ю., Васильев Г.В., Кожин И.А., Куликов А.А., Белоусов С.А. Обеспечение безопасности систем «умного дома» на основе искусственного интеллекта// Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 198-202.

2 Васильев Г.В., Лошманов А.Ю., Васильев А.В. «Определение жизни» с помощью машинного зрения// Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. Ч. 2. С. 235-238.

3 Васильев Г. В., Васильев А. В. Распознавание домашних питомцев с помощью Mask R-CNN, COCO, OpenCV// Инновации. Наука. Образование. 2020. № 14. С. 564-567.

4 Zhivotova A.A., Berdonosov V.D., Redkolis E.V. Machine translation systems analysis and development prospects// International multi-conference on industrial engineering and modern technologies, Fareastcon. Vladivostok, 06-09 окт. 2020. С. 9271249.

5 Zhivotova A.A., Berdonosov V.D., Redkolis E.V. Improving the quality of scientific articles machine translation while writing original text// International multi-conference on industrial engineering and modern technologies, Fareastcon. Vladivostok, 06-09 окт. 2020. С. 9271442.

6 Белоусов С.А., Куликов А.А., Васильев Г.В., Кожин И.А. Обнаружение DOS-атак с применением нейронных сетей// Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов. 2018. Ч. 2. С. 132-135.

7 Бердоносков В.Д., Голованов А.Л., Журавлёв Д.О. О системах обнаружения динамических угроз для предотвращения столкновений БПЛА гражданского назначения// Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 27-32.

8 Васильев Г.В., Бердоносков В.Д. Анализ моделей потоков энергий гибридных энергетических систем// Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности: материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. 2021. С. 191-194.

УДК 004.65, 004.651.54, 004.658.2

Васильев Гордей Владимирович, аспирант; Vasilev Gordei Vladimirovich  
Васильев Александр Владимирович, аспирант; Vasilev Alexander Vladimirovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОПТИМИЗИРОВАННОЕ ХРАНЕНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ APACHE HIVE**

### **OPTIMIZED BIG DATA STORAGE WITH APACHE HIVE**

Аннотация. Авторы рассмотрели альтернативный способ хранения и обработку больших данных. Выявили преимущества и недостаток использования СУБД Apache Hive. Проанализировали варианты оптимизации в рассматриваемой СУБД.

Abstract. The authors considered an alternative way of storing and processing large data. Identified the advantages and disadvantages of using the Apache Hive DBMS. Analyzed the optimization options in the considered DBMS.

Ключевые слова: база данных, СУБД, таблицы, большие данные, Apache Hive.  
Keywords: database, DBMS, tables, big data, Apache Hive.

Большие данные – это комбинация структурированных, полуструктурированных и неструктурированных данных, собранных организациями, которые могут быть добыты для получения информации и использованы в проектах машинного обучения, прогнозного моделирования и других приложений расширенной аналитики.

Большие данные используются в своих системах для улучшения операций, улучшения обслуживания клиентов, создания персонализированных маркетинговых кампаний и других действий, которые, в конечном итоге, могут увеличить выручку и прибыль. Компании, которые эффективно используют большие данные, имеют потенциальное конкурентное преимущество перед теми, кто этого не делает, потому что они могут принимать более быстрые и обоснованные бизнес-решения.

Например, большие данные предоставляют ценную информацию о клиентах, которую компании могут использовать для совершенствования своего маркетинга, рекламы и рекламных акций, чтобы повысить вовлеченность клиентов и коэффициент конверсии. Как исторические данные, так и данные в реальном времени можно анализировать для оценки меняющихся предпочтений потребителей или корпоративных покупателей, что позволяет предприятиям более оперативно реагировать на желания и потребности клиентов.

Большие данные также используются медицинскими исследователями для выявления признаков заболеваний и факторов риска, а врачами – для диагностики заболеваний и состояний у пациентов. Кроме того, сочетание данных из электронных медицинских карт, социальных сетей, Интернета и других источников дает организациям здравоохранения и правительственным учреждениям самую свежую информацию об угрозах или вспышках инфекционных заболеваний.

Другие примеры использования больших данных:

- Фирмы, предоставляющие финансовые услуги, используют системы больших данных для управления рисками и анализа рыночных данных в режиме реального времени.
- Производители и транспортные компании полагаются на большие данные для управления цепочками поставок и оптимизации маршрутов доставки.
- Государственное использование включает реагирование на чрезвычайные ситуации, предупреждение преступности и инициативы умного города.
- В энергетической отрасли большие данные помогают нефтегазовым компаниям определять потенциальные места бурения и контролировать работу трубопроводов. Аналогичным образом, коммунальные предприятия используют большие данные для отслеживания электрических сетей.

Актуальность хранения больших данных вызвана тем, что данные растут экспоненциально. В 2008 году объём данных в мире составлял 0,18 зеттабайт. 1 зеттабайт равняется 1024 эксабайтам, 1 эксабайт равняется 1 миллиарду гигабайт. По прогнозам аналитиков из IBS в 2020 году объём данных должен был составить 44 зеттабайт. К 2025 году уже объём данных будет достигать 163 зеттабайт.

Таким образом помимо сбора данных [1] важно их хранение.

Теорема CAP – это теорема о распределенных вычислительных системах. Исходная формулировка теоремы Эрика Брюера гласит, что компьютерная система может в лучшем случае обеспечить два из трех свойств из следующего списка:

- **Согласованность:** представление данных актуально для всех элементов распределенной вычислительной системы.

- **Доступность:** данные всегда доступны для чтения и обновления

- **Допуск к разделению:** распределенная система продолжает работать в случае отказа сети, когда не все участники могут связаться с другими участниками [2].

В данной статье будут рассмотрены другие проблемы связанные с хранением больших данных. Существуют две важные проблемы, это объём хранения данных и скорость доступа.

Для хранения и обработки больших данных авторы выбрали СУБД Apache Hive (далее – Hive). Hive – это проект с открытым исходным кодом, которым руководят волонтеры Apache Software Foundation. Программное обеспечение хранилища данных Hive облегчает чтение, запись и управление большими наборами данных, находящимися в распределенном хранилище, с помощью SQL. Для подключения пользователей к Hive предоставляются инструмент командной строки и драйвер JDBC (Java DataBase Connectivity).

ORC (Optimized Row Columnar), это колоночный формат хранения больших данных в Apache Hadoop. ORC был разработан в 2013 года Hortonworks в сотрудничестве с Facebook. Hive обрабатывает данные в формате ORC более эффективно по сравнению с форматом RCFile. ORC имеет множество преимуществ, таких как:

- один файл в качестве выходных данных каждой задачи, что снижает нагрузку на NameNode;

- поддержка типов Hive, включая datetime, decimal и сложные типы (struct, list, map и union);

- блочное сжатие на основе типа данных;

- кодирование длин серий для целочисленных столбцов;

- кодировка словаря для строковых столбцов;

- одновременное чтение одного и того же файла с использованием отдельных RecordReaders;

- возможность разбивать файлы без сканирования маркеров;

- метаданные, хранящиеся с использованием протокольных буферов, это позволяет добавлять и удалять поля.

Сжатие файлов в формате ORC достигает до 78%. ORC хорошо подходит для чтения больших данных. Также ORC имеет поддержку быстрого поиска строк. Колоночное хранение позволяет работать только с нужными значения, которые необходимы для текущего запроса. В ORC строгая типизация, это позволяет наиболее эффективно выбирать кодировку для типа данных, создавая внутренний индекс по мере записи файла.

Hive является движком для трансляции SQL-запросов в mapreduce-задачи [3], таким образом простейшие запросы к таблице приводят к полному сканированию данных. Чтобы избежать полного сканирования данных производится партиционирование таблицы.

Авторы реализовали другой метод оптимизации. А именно использование bucket. Bucket результат разбиения таблицы на части, которые хранятся в разных каталогах и служит для ускорения работы по получению данных. Реализация bucket не требует от пользователя знания ограничений на значения столбцов, так как разделение на bucket происходит на основе применения хэш-функции к столбцам. В один bucket попадают строчки таблицы, для которых собственное значение хэш-функции совпадает со значением хэш-функции, вычисленным по определенному столбцу.

Таким образом можно обеспечить высокое сжатие данных и быстрый доступ. И также масштабированное хранение. Данную систему хранения можно применить для хранилища данных с автономных гибридных энергосистем [4].

Однако для использования Hive желательно наличия Hadoop и HDFS (Hadoop Distributed File System). Если не имеется возможность развернуть кластер с несколькими узлами, тогда можно использовать СУБД PostgreSQL [5] или MySQL.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Васильев Г.В., Васильев А.В., Бердонос В.Д. Программный-аппаратный комплекс для сбора данных, которые применяются в обучении искусственного интеллекта в области энергетики// Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2021. С. 1 63-165.

2 Васильев Г.В., Васильев А.В. Параллелизм и отказоустойчивость в обработки больших данных// Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности: материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. 2021. С. 257-260.

3 Васильев Г.В., Васильев А.В. Применение программной модели map/reduce в анализе больших данных в области медицины// Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности: материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. 2021. С. 260-263.

4 Berdonosov V.D., Gordin S.A., Shamak V.A., Nedikov I.O. Optimal strategy of storage unit selection for stand-alone hybrid power systems// Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Т. 200. С. 735-743.

5 Недиков И.О., Бердонос В.Д. Разработка агрегатора данных для оптимизации автономных гибридных энергетических систем// Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. Ч. 2. С. 338-340.

УДК 683.3.06

Вильдяйкин Геннадий Федорович, кандидат технических наук, доцент;

Vildyaykin Gennady Fedorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ ОТ ВНЕШНИХ АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗА СЧЕТ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ**

### **PROTECTION OF OBJECTS FROM EXTERNAL ACOUSTIC FIELDS OF INFLUENCE BY CHANGING THEM**

Аннотация. В работе исследуется влияние внешних акустических полей воздействия на объекты и их изменения для целей защиты.

Abstract. The paper investigates influence of external acoustic fields of influence on objects and their changes for protection purposes.

Ключевые слова: защита, поля.

Keywords: protection, fields.

В работе исследуются поля объектов, которые формируются за счет воздействия на объекты внешних полей. При этом одна сторона вопроса это поля внешнего воздействия, другая сторона - способность и возможность объекта формировать отраженные поля, несущие информацию об объектах. В общей постановке вопроса необходимо исследовать электромагнитные и акустические поля и их взаимодействия линейные и нелинейные. Класс объектов, которые имеют эти поля многочисленный. В статье будут рассмотрены акустические поля.

К внешним акустическим полям воздействия относятся поле в воздушной среде, вибрационное в средах и гидроакустическое поле. Использование внешнего акустического и вибрационного поля для получения информации об объектах в литературе отсутствует. Гидроакустические поля широко используется гидроакустической разведкой (ГАР). Из открытых публикаций известно, что современные гидролокационные станции (ГЛС) и эхолоты используют рабочие частоты, лежащие в пределах от единиц до нескольких десяткой килогерц. Мощность, излучаемая ГЛС, лежит в пределах от сотов ватт до сотен киловатт, КПД излучателей 20-70 %. ГАР с помощью внешних полей определяет уровень развития гидроакустической техники и выявление профиля военно промышленных объектов и направления проводимых работ в прибрежных районах, а также определение гидролокационных характеристик ПЛ, НК, минно-торпедного вооружения.

Рассмотрим защиту подводного объекта от воздействия внешнего поля средств разведки. Отраженный сигнал от объекта зависит от расстояния, условий распространения сигнала и свойств отражающего объекта. Основной вклад в эффективную защиту вносит коэффициент отражения от поверхности объекта, кроме его объема и формы. Изменение (снижение) уровня отраженного поля обеспечивает защиту.

Критерием оценки защиты примем уровень отраженного сигнала от объекта, не превышающий усредненный минимальный уровень шумов моря [1] при максимально возможном уровне излучения, который ограничен порогом кавитации вблизи излучателя [2].

Проведем расчеты спектральной интенсивности отраженного сигнала  $J_{omp}$  от подводного объекта традиционным методом по формулам:

$$J_{omp} (\text{дБ}) = J_{изл} + k_{ompJ} - 2N_{рас} - 2N_{зам}, \text{ где:}$$

$J_{изл} = J_{кав} + \Delta h + \Delta \tau$  – предельный уровень излучения, ограниченный кавитацией в среде насыщенной газом, зависящий от частоты, глубины погружения  $h$  и длительности  $\tau$  импульса, дБ [2];

$k_{ompJ} = 10 \lg(k_{ompP})^2$  коэффициент отражения от поверхности объекта по интенсивности в дБ, который связан с коэффициентами звукопрозрачности  $k_{прозJ}$  и поглощения  $k_{нозJ}$  по интенсивности и коэффициент отражения  $k_{ompP}$  по давлению, зависимостью:

$$k_{прозJ} + k_{нозJ} + (k_{ompP})^2 = 1 [4];$$

$N_{рас} = n (10 \lg r_1 - 10 \lg r_2)$  - потери на расширение фронта волны,  $r_1$ -единичное расстояние от излучателя равно 1 м.,  $r_2$  – расстояние до объекта в км.,  $n = 2$  – коэффициент фронта волны в сторону объекта,  $n = 2, 3, 4$  при отраженном от плоского, цилиндрического и сферического объектов соответственно, дБ [3];

$N_{зам} = 0,036 f^{3/2} r_2$  – потери на поглощения в зависимости от частоты и расстояния, затухание, дБ.

В расчетах используются спектральные уровни  $J, P$  и проведены в системе СИ. За нулевой уровень интенсивности принято значение  $J_0 = 10^{-12} \text{ вт/м}^2 \text{Гц}$ .

На рисунке 1 построены графики зависимости интенсивности отраженного сигнала при различных значениях коэффициента отражения объекта  $k_{ompP} = 0,1; 0,01$ , на дистанциях 1 км, 5 км, 10 км и разных коэффициентах фронта волны  $-n$ .

На этом же рисунке приведен график зависимости от частоты спектрального уровня интенсивности шумов моря  $J_{норм}$  (кривая 1), пересчитанный из [1] и который принят для критерия оценки защищенности подводного объекта при изменении акустического поля внешнего воздействия за счет изменения коэффициента отражения.

**Графики** представляют также зависимости уровня интенсивности отраженного сигнала от расстояния где учитывается, что отраженный сигнал от сферического препятствия убывает с расстоянием как  $1/r^4$ , от цилиндрического препятствия как  $1/r^3$ , от плоского как  $1/r^2$ . Уровень прямого сигнала изменяется по закону  $1/r^2$  [3].

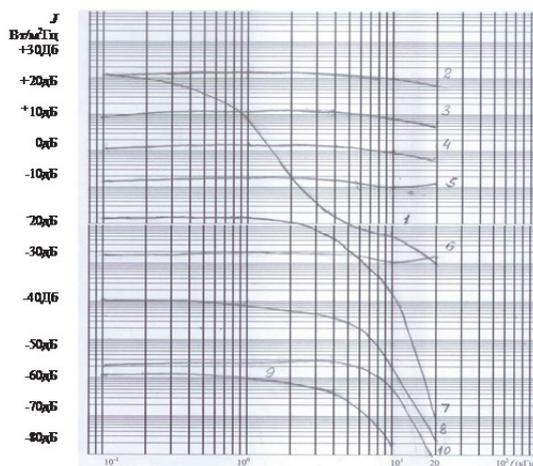


Рисунок 1 – Зависимости интенсивности отраженного сигнала и шума моря

На рисунке изображены графики для случаев:

$r_2 = 1$  км,  $n = 2$  графики 2, 3, 4, при  $k_P = 0,1; 0,03; 0,01$  соответственно.

$r_2 = 1$  км,  $n = 3$  графики 5, 6 при  $k_P = 0,1; 0,01$ ; соответственно.

$r_2 = 5$  км,  $n = 3$  график 10 при  $k_P = 0,03$ .

$r_2=10$  км,  $n=2$  графики 7,8, при  $k_p=0,1$ ; 0,01 соответственно

$r_2=10$  км,  $n=3$  график 9, при  $k_p=0,1$ .

Анализ графиков и результатов исследования позволяет говорить о следующем.

1. Независимо от вида подводного объекта ( $n=2,3,4$ ) на расстояниях в пределах 1 км изменение коэффициента отражения объекта в пределах 0,1-0,01 не позволяет обеспечить защиту от внешнего воздействия в частотном диапазоне 0,1-20 кГц по выбранному критерию защиты.

2. Для расстояний 5-10 км и выше коэффициент отражения ниже 0,1 обеспечивает защиту подводного объекта разной формы ( $n = 2,3,4$ ).

3. При снижении порогового уровня моря на 20-30Дб, например, до «*min Wenz*», при выборе критерия защищенности, защита не обеспечивается уже при коэффициенте отражения 0,1-0,01 и  $n=2$  (график 7), а также при  $k=0,01$  и  $n =3$  (график 6).

4. Здесь приводятся результаты теоретических расчетов интенсивности отраженных сигналов внешнего воздействия максимально возможного уровня излучения при различных характеристиках  $k_{отр}$ , которые обеспечивают поглощающие покрытия подводных объектов.

Показано что при  $k_{отр}$  в пределах 0,1-0,01 на дистанциях 5-10 км задача изменения поля внешнего воздействия по защите объектов может решена.

В натуральных условиях дистанции, на которых регистрируются отраженные внешние поля, могут существенно отличаться от значений, приведенных на графиках. В работе показаны характеристики и условия, которые могут влиять на защиту от внешних гидроакустических полей.

В настоящее время имеются и используются разные методы уменьшения поля внешнего воздействия на объект, такие как уменьшение объекта, изменения формы, применение резиновых и пузырьковых покрытий, вязких поглотителей, а также использование активной компенсации акустического поля /5/. Все эти методы позволяют изменить ослабить воздействие внешнего акустического поля на объекты

Для объектов, размеры которого малы по сравнению с длиной волны, никакие изменения формы тела, так же, как и никакие покрытия, не являются эффективным средством снижения уровня поля внешнего воздействия.

Вывод. С позиций излучения максимального уровня гидроакустического сигнала, ограниченного кавитацией, и минимального уровня шумов моря показано изменение уровня внешнего акустического поля, воздействующие на объекты за счет выбора коэффициента отражения в пределах 0,1- 0,01, что приводит к повышению эффективности ПД ГАР.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 А.В. Фурдуйев Спектры шумов океана и псевдозвуковые помехи звукоприему // Вопросы судостроения. Сер. Акустика.1978. Вып.10. с 41-51.

2 Л.В.Орлов, А.А.Шабров. Гидроакустическая аппаратура рыбопромыслового флота. Л.:Судостроение,1987,-222с.

3 А. П. Сташкевич. Акустика моря. Л.: Судостроение, 1966,- 253с.

4 А.Е.Колесников. Акустические измерения. Л.:Судостроение,1983,- 256с.

5 <https://riafan.ru/1220214-submariny-ssha-oblezayut-na-fone-novosti-o-russkom-noukhau>.16.10.2019.

УДК 683.3.06

Вильдяйкин Геннадий Федорович, кандидат технических наук, доцент;

Vildyaykin Gennady Fedorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ ОТ ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ ЗА СЧЕТ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ**

## **PROTECTION OF OBJECTS FROM EXTERNAL ELECTROMAGNETIC FIELDS IN INFRARED RANGE BY CHANGING THEM**

Аннотация. В работе рассмотрены характеристики внешних электромагнитных полей инфракрасного диапазона, воздействующие на объекты и их значение для съема информации об объекте. Показано как снижение коэффициента отражения объекта и мощности внешнего поля воздействия на объект влияет на его защиту.

Abstract. The paper considers characteristics of external electromagnetic fields of infrared range, affecting objects and their importance for capturing information about object. It is shown how reducing the reflection coefficient of object and the power of external field of influence on the object affects its protection.

Ключевые слова: защита, поля.

Keywords: protection, fields.

Автором в работе [1] рассмотрены собственные ИК поля объектов. В настоящей работе рассмотрим поля от внешнего источника излучения, воздействующие на объекты. Приемником отраженных сигналов выступает средства съема информации об объекте в ИК диапазоне. Задача решается в общем виде на физическом уровне. Определим, как изменить внешнее поле с целью обеспечения защиты объекта.

Диапазон инфракрасного излучения охватывает длины волн от 780 нм до примерно 1 мм или частоту от 300 ГГц и до 385 ТГц.

Внешние ИК излучения используются для получения информации об объекте, они более эффективны ночью, когда отсутствуют другие источники. В этом случае для подсветки используется непрерывное или импульсное ИК излучение в ближнем инфракрасном диапазоне длин волн (0,8...1 мкм).

Нами была составлена таблица 1 характеристик некоторых внешних источников ИК полей, которые воздействуют на объекты на земле.

Таблица 1 – Характеристики внешних источников ИК полей

Внешние источники ИК излучений	Характеристики		
	Освещенность, лк световой поток, м/м <sup>2</sup>	Сила света, кд Мощность, Вт	Длина волны, мкм
Солнце	-	На земле 108, Вт/м <sup>2</sup>	0,29 - 2,5 мкм
Луна	$4 \cdot 10^{-4}$ до $4 \cdot 10^{-1}$ лк	-	0,29 - 2,5 мкм
Звездное небо	$2 \cdot 10^{-4}$ лк . $2,4 \cdot 10^{-6}$ лм/м <sup>2</sup> , или $3 \cdot 10^{-6}$ Вт/ (м <sup>2</sup> •мкм)	-	0,5—1 мкм 5,5 мкм
Прожекторы	-	$6 \cdot 10^6$ кд	780 нм - 1 мм
ОКГ	-	Средняя 30—40 Вт импульсная 2 кВт	0,885 мкм
Для биноклей	-	30-100мВт	780-965
Для ТВ съемки	0,4-5,0 лк	40-300мВт	850-940

Из таблицы 1 виден используемый диапазон волн естественных ИК излучателей и генераторов подсветки. Показаны их энергетические характеристики. Приведенная часть солнечной энергии на поверхности Земли приходится на диапазон 0,29 – 2,5 мкм [3].

Дистанции съема информации от объекта, которые могут обеспечить требуемое внешнее ИК поля на объекте, так называемая дальность видимости, зависит от мощности ИК прожектора и составляет 0,2 - 1,5км.

Исследуем отраженные объектами ИК излучения от генераторов подсветки и естественные излучения, расположенные в длинноволновой части ИК спектра (до 3 мкм), которые являются основными.

Критерием оценки защиты объекта от внешнего ИК излучения определим дистанцию, которую может регистрировать приемник, средство разведки. Отраженный от объекта сигнал ИК внешнего излучения на больших расстояниях в основном регистрируется приборами ночного видения (ПНВ) со специальной подсветкой.

В [2] приводятся зависимости максимального расстояния ведения разведки от различных характеристик средства съема информации приборами ночного видения, при использовании источников подсветки ИК прожектора и оптическим квантовым генератором (ОКГ). Максимальная дистанция  $R_{\max}$ , которую регистрирует ПНВ с ОЭП можно после преобразования записать так:

$$R_{\max} = \Phi_n^{0,5} * \rho_{об} * P_{об} * P_{пр} * P_{под}, (1)$$

где  $\Phi_n$  - световой поток или мощность, излучаемые подсветкой;

$\rho_{об}$  – коэффициент отражения от объекта;

$P_{об}, P_{пр}, P_{под}$  – другие параметры объекта, приемника отраженного сигнала, источника подсветки соответственно

Как видно из приведенной формулы дистанция  $R_{макс}$  пропорциональна коэффициенту отражения и световому потоку или мощности излучения источником подсвета в степени  $0,5$ .

Коэффициент отражения от объекта -  $\rho_{об}$  зависит от вещества отражающего тела, от его формы, материала, из которого он сделан, и от длины волны луча. От гладких поверхностей значение  $\rho_{об}$  может составлять 98% при длине волны 1,5 мм.

Считая и принимая, что в момент ведения разведки (получения информации об объекте) данные об источнике излучения, об объекте и приемнике постоянны, можно при изменении коэффициента отражения  $\rho_{об}$  в  $n$  раз уменьшить дистанцию в  $n^{1/2}$ . Учитывая, что зона разведки объектов незначительная, такое изменение дистанции хороший показатель эффективности защиты.

Уменьшить дистанцию обнаружения до скрываемого объекта можно изменением другой составляющей в формуле (1) путем снижения внешнего светового потока  $\Phi_n$  или уровня мощность излучения, попадающего на объект.

Снижение уровня внешнего излучения можно получить, например, путем применения общих способов защиты, к которым относятся экранирование, градиент излучения объекта и фона, изменение параметров излучения и формы объекта, изменение состава и взаимного расположения объектов, создания активных помех. Эффективными средствами снижения внешнего поля в ИК диапазоне считается постановка дымовых и водяных завес, использование естественных и искусственных туманов и дождя. Многослойные теплоизолирующие чехлы и конструкции позволяют изменить внешнее ИК поле и получить разность излучения фона и защищаемых объектов до минимального и ниже уровня разрешения аппаратуры разведки [3]. Внешнее воздействие ИК излучение на объект разведки можно запутать так называемым интеллектуальным противодействием.

Выводы. Таким образом, уменьшением коэффициента отражения от объекта и снижением уровня внешнего инфракрасного излучения можно существенно повысить защищенность объекта.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Вильдяйкин Г.Ф. Защита собственных полей объектов с позиции их изменений. Сборник. Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Комсомольск-на-Амуре, 2021 г.

2 Криксунов П.З. Приборы ночного видения. 1974. 216 стр. Техника. Киев.

3 Староверов Н.Е. Камуфляж, т.е. средства или способы укрытия или маскировки. <https://findpatent.ru/patent/255/2552903.html> , 2021.

УДК 683.3.06

Вильдяйкин Геннадий Федорович, кандидат технических наук, доцент;

Vildyaykin Gennady Fedorovich

Спиридонов Виталий Андреевич, студент; Spiridonov Vitaliy Andreevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

им. В.И. Ульянова (Ленина)

#### ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ УЯЗВИМОСТИ ПРИ N-КРАТНОМ ТЕСТИРОВАНИИ САЙТОВ

#### ESTIMATION OF PROBABILITY OF DETECTING A VULNERABILITY DURING N-FOLD TESTING OF SITES

Аннотация. Для полученных значений вероятности обнаружения уязвимостей определены доверительные интервалы и ошибки первого и второго рода при фаззинг-тестировании web-приложений.

Abstract. For obtained values of probability of detecting vulnerabilities, confidence intervals and errors of first and second kind during fuzzing testing of web applications are determined.

Ключевые слова: уязвимость, фаззинг-тестирование.

Keywords: vulnerability, fuzzing testing.

Когда при поиске уязвимости вводится такой параметр как количество тестов, то вероятность обнаружения уязвимости  $P_{обн}$  будет определяться и этим параметром.

Для теста, вероятность обнаружения  $m$  уязвимостей из  $N$  сайтов составит:

$$P_{обн} = m/N,$$

За единичную вероятность обнаружения уязвимостей при тестировании примем значение вероятности обнаружения уязвимости  $P_1$ , Вероятность обнаружения за два теста будет равна:

$$P_2 = P_1 + (1 - P_1) * P_1,$$

а при количестве  $n$  тестов

$$P_n = P_1 + (1 - P_1) * P_1 + (1 - P_1)^2 * P_1 + \dots + (1 - P_1)^n * P_1^n$$

Преобразуем и получим

$$P_n = \frac{P_1 \cdot (1 - (1 - P_1)^n)}{1 - (1 - P_1)} = P_1 - (1 - P_1)^n$$

Это выражение можно переписать следующим образом:

$$P_n = 1 - [(1 - P_1)^{1/P_1}]^{-nP_1}$$

В случае, если вероятность обнаружения за один тест мала, то учитывая, что

$$\lim (1 - P_1)^{-1/P_1} = e, \text{ когда } P_1 \text{ стремится к нулю.}$$

Результирующая вероятность обнаружения уязвимости при  $n$  тестах выразится такой формулой:

$$P_n = 1 - e^{-nP_1} \quad (1)$$

**Исследовалась эффективность разработанного программного модуля для обнаружения уязвимостей типа XSS Web сайтов методом фаззинг-теста.**

Для сравнения с разработанным программным модулем, были выбраны четыре сканера такие как XSS-Scanner, XSSStrike, XSS-Hunter, Acunetix.

Была создана выборка из двадцати веб-приложений, оценивались ложные срабатывания и нахождение уязвимостей: хранимой и отраженной.

Итоговые данные: разработанный программный модуль обнаружил 95 процентов всех XSS-уязвимости с одним ложным срабатыванием на отраженной и хранимой уязвимости. Для модулей аналогов вероятности обнаружения  $P_{обн}$  составили 0,9; 0,85; 0,8; 0,75.

На основании данных опытов производилось вычисление вероятности правильного функционирования алгоритма, в данном случае вероятность обнаружения  $P_{обн}$ .

На рисунке 1 представлен график зависимости  $P_{обн} = f(n)$  и области значений вероятности обнаружения  $P_{обн}$  от  $n$ , для рассматриваемых модулей.

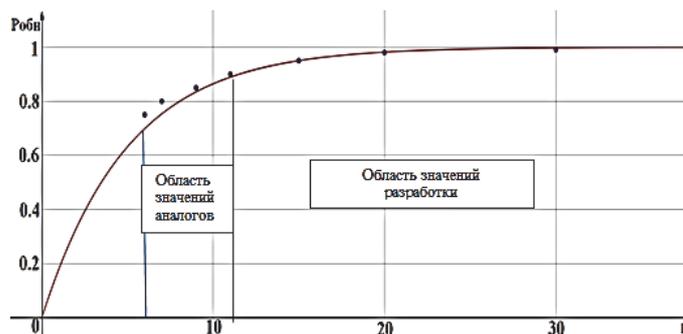


Рисунок 1 – График зависимости  $P_{обн} = f(n)$  и области значений  $P_{обн}$  аналогов и разработанного программного модуля

Полученные значения вероятности обнаружения  $P_{обн}$  экспериментальным путем для сканеров-аналогов, которые отмечены точками на графике, с достаточной точностью совпадают с теоретической кривой, построенной по формуле (1).

Как видно из графика существующие сканеры - аналоги получают фиксированные значения вероятностей и меньшие по величине, чем разработанный модуль. Разработанный программный модуль позволяет за счет увеличения числа тестов увеличить вероятность обнаружения

Из графика видно, что область значений  $n$ , от 5 до 11 соответствует фиксированным величинам  $P_{обн}$  аналогов сканеров. Область значений  $n$  от 11 до 30 говорит о высоком значении  $P_{обн}$ , разработанного модуля.

### Расчет доверительных интервалов для $P_{обн}$ при различных $n$ .

Используем метод доверительных интервалов для оценки достоверности результатов исследования. Доверительный интервал - интервал значений параметра, совместимых с опытными данными и не противоречащих им. Были определены 95%, 90% и 80% -ные доверительные интервалы  $p$  для вероятности обнаружения уязвимости  $P_{обн}$ , полученной при  $n$  различных наблюдениях. При этом использовался известный метод доверительных интервалов приведенной в книги [1], где по графикам, таблицам или формулам определяются значения  $p_1$  и  $p_2$  границы нижней и верхней доверительной области соответственно.

Расчет проводился для значений  $n$  количества фазинг-тестов, равных 5, 10, 15 и более.

Были использованы графики, приведенные ниже, для значений 95% ,90% и 80% - ных интервалов. Более точные значения доверительного интервала можно получать при использовании таблиц XIX приложений [1], где приведены соответствующие значения верхнего и нижнего доверительных пределов.

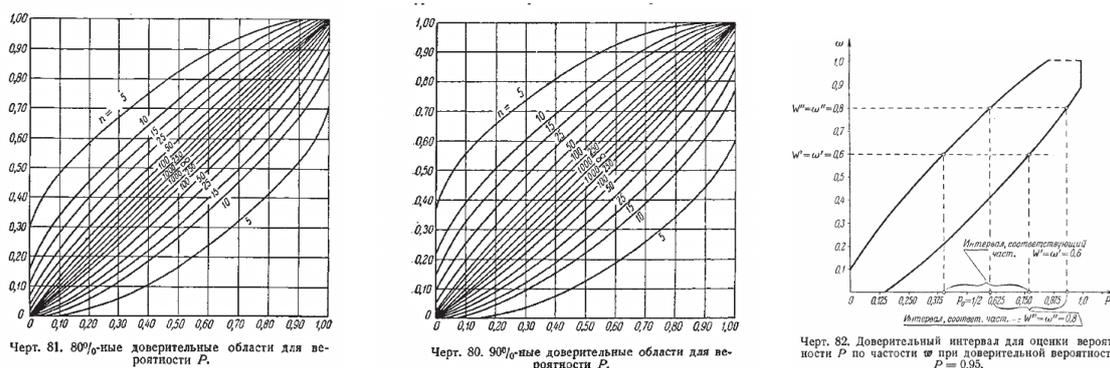


Рисунок 2 – Процентные доверительные области для вероятности обнаружения  $P_{обн}$

На этих 80% и 90% графиках по вертикали отложены значения доверительного интервала, по горизонтали - вероятность события наших опытов. Цифра над линиями графиков указывает на количество проведенных  $n$  фазинг-тестов.

Для примера, на 80% графике показано, что при вероятности обнаружения  $P_{обн}=0,8$  и  $n=10$  величина доверительного интервала составила величину от 0,48 до 0,98 с вероятностью  $P_{обн}=0,8$ . Для 90% графика и  $P_{обн}=0,8$  и  $n=10$  доверительный интервал составит величину от 0,50 до 0,96 с вероятностью  $P_{обн}$ , равной 0,9. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость доверительных интервалов от количества фазинг тестов

Процентные доверительные области %	n=15		n=10		n=5	
	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_2$	$p_1$	$p_2$
80	0,63	0,95	0,48	0,98	0,42	0,94
90	0,73	0,98	0,68	0,99	0,44	0,999
95 $n>15$	0,85	0,999	-	-	-	-

Из таблицы 1 видно, что граница доверительной области ( $p_1 - p_2$ ) расширяется с уменьшением количества фазинг-тестов  $n$  для различных процентных доверительных областей. Поэтому увеличение количества опытов, уменьшающие ширину доверительного интервала, является положительным фактором.

С другой стороны, с увеличением процентной доверительной области сужается граница доверительной области ( $p_1 - p_2$ ) для различных  $n$  тестов.

В основе использованной методики лежит понимание, что с изменением (уменьшением) количества проведенных испытаний мы получаем вероятность события, находящегося в некотором доверительном интервале, т.е. в диапазоне возможных ошибок. То есть доверительные интервалы как бы регламентируют ошибки разного рода.

**Об ошибках.** Измеренное количество уязвимостей является случайной величиной, которая описывается заданием функций распределения плотности вероятности  $p_0(x)$  и  $p_1(x)$  при гипотезах  $H_0$  и  $H_1$  соответственно. Гипотезы называются простыми, когда  $p_0(x)$  и  $p_1(x)$  заданы и независимы от новых параметров [1].

Исследователь должен принять стратегию, которая определяет выбор одной из двух гипотез при каждом возможном результате определения уязвимости. Например, в стратегии можно разбить интервал значений  $x$  на две области  $R_0$  и  $R_1$  и исследователь выбирает гипотезу  $H_0$ , когда величина  $x$  лежит в области  $R_0$ , и гипотезу  $H_1$ , когда  $x$  лежит в  $R_1$ , Рис. 3.

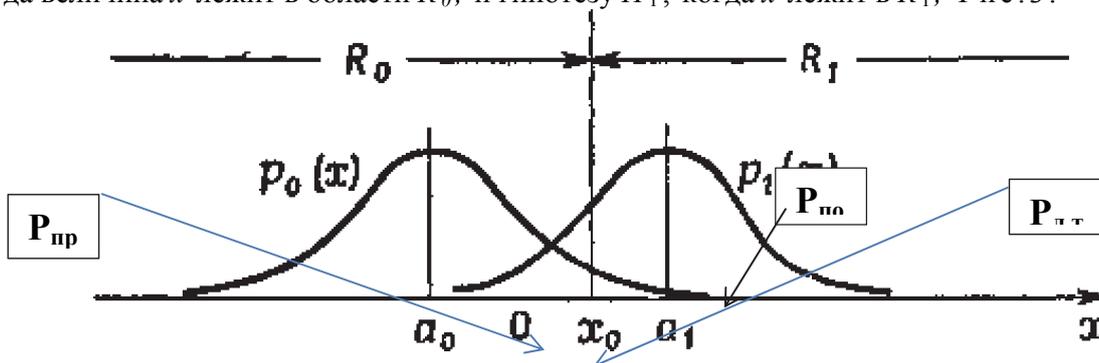


Рисунок 3 – Ошибки первого и второго рода

Вид функций распределения указывает, что будет достаточным простое разбиение диапазона значений  $x$  на два участка. Область  $R_0$  значений  $x$  соответствующая выбору гипотезы  $H_0$ , задана условием  $x < x_0$ , в то время как  $R_1$  образована значениями  $x > x_0$ .

Однако независимо от выбора точки  $x_0$  наблюдатель будет иногда делать неправильное решение.

Вероятность выбора гипотезы  $H_1$ , когда справедлива гипотеза  $H_0$ , так называемой **ошибки первого рода**,  $P_0$  равна

$$\int_{x_0}^{\infty} p_0(x) dx$$

и на Рис.3 определяется площадью под кривой  $p_0(x)$  правее точки  $x_0$ .

Вероятность выбора гипотезы  $H_0$ , когда справедлива  $H_1$ , «**ошибка второго рода**»  $P_1$ , равна

$$\int_{-\infty}^{x_0} p_1(x) dx.$$

и также определяется площадью под кривой  $p_1(x)$  левее точки  $x_0$ , Рис.3.

В нашем случае рассматривается задача обнаружения уязвимости. Априорная вероятность наличия уязвимости отсутствует. Цена пропуска уязвимости не определена. Когда гипотеза  $H_1$  регистрируется редко, основным является число тестов при поиске и определении  $P_0$ , в которых  $H_1$  выбрана неправильно. В этом случае **сделана ошибка первого рода** и такая «**ложная тревога**» может привести к проблемам.

Исследователь определяет значение вероятности  $P_0$ , которая может быть использована, и ищет стратегию решений, дающую это значение и в то же время, которая обеспечивает минимальную возможную вероятность  $P_1 = P_{мин}$ , **ошибки второго рода**. Это соответствует максимизации вероятности обнаружения уязвимости при выбранной вероятности ложной тревоги.

**Разработанный программный модуль** имеет характеристики.

Вероятность обнаружения  $P_0 = 0,95$ .

Вероятность определения уязвимости, которая при проверки оказалась ложной, составила  $P_{л.м.} = 0,05$ . Из определения, разработанный модуль имеет ошибку **первого рода**, с вероятностью  $P_{л.м.} = 0,05$ . При  $P_0 = 0,95$  полученная ошибка и показатель ошибки можно считать хорошим.

**Модули аналоги**, для которых определялись характеристики, имеют следующие характеристики. Вероятности обнаружения  $P_0$  равны 0,9; 0,85; 0,8; 0,75. С учетом того, что  $P_{пр} + P_{обн} = 1$ . Вероятности не обнаружения, пропуска уязвимости, составят соответственно величину:

$$P_{но} = P_{пр} = 0,1 ; 0,15; 0,20; 0,25.$$

В этом случае мы имеем ложный пропуск, то есть ошибку **второго рода**, с полученной вероятностью пропуска,  $P_{пр}$ .

На рис. 3 представлены показатели  $P_{пр}$ ,  $P_{обн}$ ,  $P_{л.м.}$ .

Вывод. По результатам фаззинг-тестирования web-приложений для поиска уязвимостей типа XSS определены доверительные интервалы и ошибки первого и второго рода.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 И.В. Дунин –Барковский и Н.В. Смирнов «Теория вероятностей и математическая статистика в технике». Гостехиздат.М.1955.

2 К.Хелстром. Статистическая теория обнаружения сигналов. Изд. Иностранная литература М.1963.- 430с.

УДК 683.3.06

Вильдяйкин Геннадий Федорович, кандидат технических наук, доцент;

Vildyaykin Gennady Fedorovich

Филатова Дарья Константиновна, студент; Filatova Darya Konstantinovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МОДЕЛЬ УГРОЗ АБОНЕНТСКОГО ПУНКТА ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

### THREATS MODEL OF THE STATE INFORMATION SUBSCRIBER STATION

Аннотация. В статье рассматривается построение модели угроз абонентского пункта ГИС по обновленной методике оценки угроз. Обозреваются введенные этапы создания модели угроз, кратко описаны основные моменты. Исключаются возможные для абонентского пункта угрозы безопасности с целью оптимизации процесса разработки модели угроз для этого типа объектов.

Abstract. The article discusses the construction of a threat model of a GIS subscriber station using an updated threat assessment methodology. The introduced stages of creating a threat model are reviewed, the main points are briefly described. Possible security threats for the subscriber station are excluded in order to optimize the process of developing a threat model for this type of objects.

Ключевые слова: модель угроз, абонентский пункт, государственная информационная система.

Keywords: threat model, subscriber station, state information system.

#### Введение

Практически повсеместно в государственных организациях распространены абонентские пункты, подключаемые к защищенной сети государственных информационных систем. Примерами таких систем могут системы управления финансами и услугами, реестры. Уровень значимости информации, обрабатываемой такими системами достаточно высок, что требует оценки угроз абонентских пунктов.

На сегодняшний день существует обновленная методика оценки угроз информации, которая направлена на определение угроз, обусловленными действиями нарушителей.

#### Построение модели угроз

В связи с ориентацией методики на нарушителей выстраивается определенная схема действий. Примерный план, выстроенный на основе поставленных задач, можно найти в пункте 2 новой методики. Но при разработке документа следует опираться на приложение 3 методики. Визуально его можно представить схемой, изображенной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема модели угроз

Первые три пункта схемы являются описательными и составляются в соответствии с приложенной документацией. В последних трех пунктах проводится оценка вероятности возникновения угроз и степень их актуальности.

По окончании идентификации источников угроз ИБ необходимо определить:

- Категории потенциальных нарушителей, которые могут реализовывать угрозы ИБ, в том числе непреднамеренные угрозы;
- Источники угроз информационной безопасности, описание типов потенциальных нарушителей (источники угроз), намерение (цель) реализовать угрозу информационной безопасности и возможность достижения целей.

В процессе определения способов реализации (возникновения) угроз информационной безопасности должно быть установлено:

- Актуальные способы реализации угроз ИБ и границы взаимодействия (интерфейса) объектов поражения, на основе которых возможна реализация способов;
- Категории нарушителей, которые способны применить актуальные способы.

Угроза может считаться допустимой, если в процессе работы выявились следующие основания:

- Определен нарушитель или другой источник угрозы ИБ;
- Были найдены объекты воздействия угроз;
- Построены сценарии осуществления угрозы ИБ;
- В случае осуществления сценария возникнут негативные последствия.

В качестве актуальной можно рассматривать ту угрозу, для которой обнаружены сценарии реализации. При анализе угрозы необходимо выявить все возможные пути реализации угрозы с учетом того, кто и как на нее влияет. При описании сценария учитываются тактики, которые злоумышленник может использовать для реализации угрозы, его возможности. В случае, если обнаруживается сценарий реализации угрозы ИБ, эта угроза считается актуальной и ее следует занести в составляемую Модель угроз.

#### **Допустимые угрозы для абонентского пункта ГИС**

Абонентский пункт представляет собой совокупность средств вычислительной техники, периферии, средств коммуникации и программного обеспечения, благодаря которым абонентом осуществляется доступ к сервисам защищенной сети ГИС.

В отдельных случаях под абонентским пунктом можно понимать специализированное программное обеспечение, которое устанавливается на рабочих местах удаленных пользователей для организации их доступа к ресурсам защищаемой сети.

Абонентский пункт – это сегмент ГИС, является ее функционалом, модулем информационной системы из которых она сформирована. Требования к нему как правило предъявляются в техническом задании.

Наиболее критическими угрозами для такого пункта являются угрозы, связанные с человеческим фактором, несоблюдение регламентных документов по информационной безопасности, или же неосторожность и небрежность при их составлении.

В дополнение к этому стоит отметить тот факт, что большинство ПО, работающего в ГИС, разрабатываются компаниями, работающими в условиях конкуренции. Отсюда следует, что есть вероятность экономии на разработке ПО, в том числе и на обеспечении безопасности приложений. В результате к частым уязвимостям можно отнести ошибки прикладного программирования систем.

Таким образом из списка рассматриваемых угроз для абонентского пункта можно исключить следующие угрозы безопасности:

- Угрозы со стороны потенциальных внутренних и внешних нарушителей, обнаруженные при выявлении источников угроз безопасности;
- Угрозы, связанные с использованием облачных сервисов и/или ресурсов;
- угрозы, связанные с автоматическими системами управления технологическими процессами (АСУТП);
- Угрозы, связанные с использованием мобильных устройств;
- Угрозы, связанные с распределенными вычислительными системами (grid-системами), суперкомпьютерами и большими данными;
- Угрозы, связанные с виртуализированными системами;
- Угрозы, связанные с использованием сетей беспроводной связи;
- Угрозы, связанные с программным обеспечением (программами) с использованием машинного обучения, моделей машинного обучения;

- Угрозы, связанные с оборудованием для кондиционирования воздуха, включая воздуховоды для циркуляции охлаждающего воздуха в центрах обработки данных, программируемые логические контроллеры, распределенные системы управления, системы управления и другие программные средства управления;
- Угрозы, связанные с программным обеспечением (программами), реализующими технологии ИИ.

Список угроз может быть изменен с учетом особенностей абонентского пункта, для которого разрабатывается модель угроз.

В качестве исходных данных для составления списка возможных угроз безопасности информации использовался банк данных угроз безопасности информации (bdu.fstec.ru). Банк угроз позволяет отфильтровать угрозы по источнику угрозы и последствиям, и оформить получившийся список в виде приложения к модели угроз.

#### **Заключение**

В процессе подготовки материала была разработана модель угроз для абонентского пункта ГИС, определены угрозы, имеющие низкий приоритет в рассмотрении возможных угроз с целью оптимизации работы над документом. Было сформировано приложение в виде XLSX-файла, в котором содержалось 168 актуальных угроз для рассмотренного абонентского пункта.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 bdu.fstec.ru : БДУ – Угрозы : сайт. – ФАУ «ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России», 2022 – . – URL: <https://bdu.fstec.ru/threat> (дата обращения: 14.02.2022).

2 Методика оценки угроз безопасности информации. Методический документ: Утвержден ФСТЭК России 5 февраля 2021 г. – Москва, 2021. – 83 с.

УДК 683.3.06

Вильдяйкин Геннадий Федорович, кандидат технических наук, доцент;

Vildyaykin Gennady Fedorovich

Филатова Дарья Константиновна, студент. Filatova Darya Konstantinovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТЫ ПОМЕЩЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ И РАСЧЕТА РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ**

#### **THE EFFECTIVENESS OF ROOM PROTECTION BASED ON THE RESULTS OF MEASURING AND CALCULATING SPEECH INTELLIGIBILITY**

Аннотация. В статье рассматриваются возможности исследования акустических полей в воздушных и твердых телах, с помощью современного портативного цифрового шумомера. Были проведены аттестация защищаемого помещения и измерения характеристик акустического и вибрационного полей. Был разработан упрощенный алгоритм работы для проведения измерений. Предложено аналитическое выражение для расчета  $W$  по результатам измерения  $q$ , график которого совпадает с известными графиками для словесной разборчивости речи  $W$ .

Abstract. The article discusses the possibilities of studying acoustic fields in air and solid bodies, using a modern portable digital sound level meter. Certification of the protected room and measurements of the characteristics of the acoustic and vibration fields were carried out. A simplified algorithm for measurements was developed. An analytical expression is proposed for calculating  $W$  from the results of measuring  $q$ , the graph of which coincides with the known graphs for the verbal speech intelligibility  $W$ .

Ключевые слова: защита, поля.

Keywords: protection, fields.

#### **Введение**

Ранее с целью оценки защищенности акустического канала связи использовался субъективный метод, который строился на принципе «слышно /не слышно», а измерители акустических сигналов были громоздкими и неудобными для перемещения и транспортировки. Примером может послужить оборудование для вибрационных и акустических измерений датских и немецких производителей, отечественные приборы ПК.

В настоящее время появились современные портативные цифровые шумомеры. Отечественными представителями таких приборов являются ОКТАВА, ЭКОФИЗИКА-110А и другие.

## Экофизика-110А

Нами были проведены исследования возможности использования прибора Экофизика-110А (шумомер-вибромметр, анализатор спектра) для целей проверки эффективности противодействия АРР (акустическая речевая разведка).

Прибор позволяет проводить исследования акустического и вибрационного поля в диапазоне частот от 0,7 Гц до 20 кГц (низкие частоты) и от 2 Гц до 40 кГц (высокие частоты), электрических сигналов, ПЭМИН (низкочастотные и высокочастотные излучения ВТСС и ОТСС). Измерительная информация отображается на цифровом дисплее в относительных уровнях.

Другие характеристики прибора «Экофизика-110А», которые важны для целей измерения сигналов акустических полей даны в руководстве по эксплуатации к прибору [1] и паспортах к прилагаемым датчикам. Выделить можно следующие характеристики:

1. Пределы измерения звукового давления, нижняя граница 13 дБ;
2. Спектральный собственный шум, не более  $5\text{нВ} / \sqrt{\text{Гц}}$ ;
3. Диапазон измерения напряжения с усилителем Р3024, нижняя граница от  $10^{-8}$  до  $4 \cdot 10^{-9}$  В.

Нами исследованы и проведены измерения акустических полей в воздушной среде и вибрационные поля в ограждающих конструкциях и коммуникациях. Работы проводились на реальном объекте информатизации (ЗП).

Предварительно был построен упрощенный алгоритм работы с прибором в режиме измерения акустического давления (Па) и уровня вибраций ( $\text{м/с}^2$ ). Для исследования акустического поля:

- 1) Включить прибор, удерживая клавишу [ВКЛ/ВЫКЛ] в нажатом состоянии 1-2 с;
- 2) Открыть список всех доступных программ «Всё» с помощью левой контекстной клавиши [ЛКК];
- 3) Выбрать режим измерения «Экозвук ЭФБ-110А» (МС:Экозвук) с помощью клавиш [ВВЕРХ] – [ВНИЗ];
- 4) Выбрать окно результатов измерений режима «График» с листая окна с помощью клавиши [ОК];
- 5) Установить 1/1-октавный фильтр с помощью правой контекстной клавиши [ПКК];
- 6) Перейти в меню измерительной программы, используя клавишу [МЕНЮ];
- 7) Листая список с помощью клавиш [ВВЕРХ] – [ВНИЗ] дойти до строки «М: Название измерительного датчика». Выбрать строку с помощью клавиши [ОК] и установить микрофон «ВМК-205» из списка. Вернуться к графику с помощью клавиши [МЕНЮ];
- 8) Начать измерения и остановить их можно, используя клавишу [СТАРТ/СТОП];
- 9) Сбросить измерения можно, используя клавишу [СБРОС];
- 10) Перемещать частотный курсор позволяют клавиши [ВЛЕВО] и [ВПРАВО];
- 11) Выйти из режима измерения удерживая клавишу [ВКЛ/ВЫКЛ] в нажатом состоянии 1-2 с;
- 12) Выключить прибор удерживая клавишу [ВКЛ/ВЫКЛ] в нажатом состоянии 1-2 с.

Для исследования вибрационного поля действия аналогичны за исключением пункта 7, где в качестве измерительного датчика выступает акселерометр «АР2029». Местонахождение всех клавиш указано на рисунке ниже.

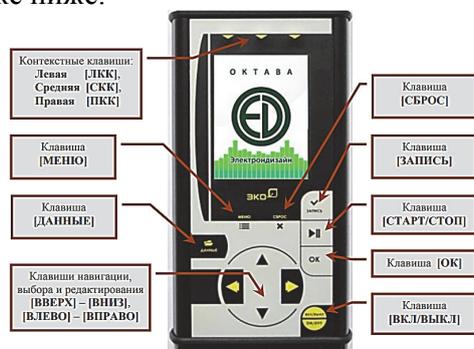


Рисунок 1 – Экофизика-110А. Исполнение 110А (Белая)

### Упрощенный вариант расчета $W_i$

Методики измерения и расчета звукоизоляции просты. Однако, когда требуется определить защищенность по величине словесной разборчивости  $W$ , например, при использовании САЗ, то в методиках не оговаривается порядок расчета  $W$ . Для оценки защищенности требуется

оценка словесной разборчивости в каждой  $i$ -той октавной полосе  $W_i$ . При этом, методики расчета и аналитической зависимости между  $W_i$  и  $q_i$  отсутствуют. Существующие расчеты разборчивости  $W$ , основанные на формантном методе сложны и громоздки.

Нами сделан расчет и предложен упрощенный вариант определения  $W_i$ .

Был проведен анализ результатов работ [2] и [3], где приводятся графики зависимости  $W_i = f(q_i)$  и которые показаны на рисунке 2. На этом же рисунке отображена кривая аналитической зависимости (1). Эта формула предложена для простого расчета разборчивости речи  $W_i$ . Построенный график почти полностью совпадает с кривой, полученной Н.Б Покровским для розового шума. Незначительные отклонения на некотором участке графика не превышает 2 Дб.

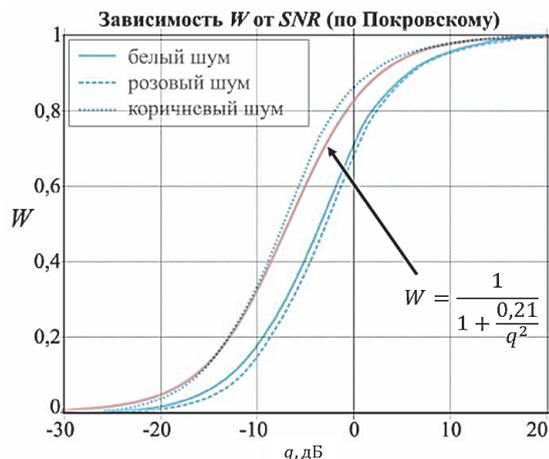


Рисунок 2 – Зависимость словесной разборчивости речи  $W$  от соотношения сигнал/шум (дБ) по Н.Б. Покровскому [2] и использованная в работе

Зависимость словесной разборчивости речи  $W_i$  от  $q_i$ , представлена формулой:

$$W_i = \frac{1}{1 + 0,21 * q_i^{-2}}. \quad (1)$$

Выражение для определения отношения сигнал-шум  $q_i$  следующее:

$$q_i = \sqrt{\frac{0,21 * W_i}{1 - W_i}}. \quad (2)$$

#### Алгоритм измерения и расчета $W_i$

Для контрольной точки, не удовлетворяющей по акустической изоляции, рассчитывается уровень акустического сигнала, приведенного к нормируемому уровню  $L_{ci}$ . После получения результатов измерения уровней САЗ рассчитывается отношение сигнал/шум  $q_i = L_{ci} - L_{cazi}$  для каждой октавной полосы. Затем переводится отношение сигнал/шум  $q_i$  из дБ в разы и рассчитывается словесная разборчивость речи  $W_i$ .

Полученное значение словесной разборчивости сравнивается с нормативной величиной, указанной во временной методике, и делается вывод о защищенности помещения.

После проведения подсчетов в каждой контрольной точке при необходимости подсчитывается среднеквадратичная интегральная словесная разборчивость речи  $W_{\Sigma}$ .

#### Заключение

В процессе исследования поставленной задачи была проведена аттестация защищаемого помещения с осуществлением измерений по акустическому и вибрационному каналу утечки информации. Был разработан упрощенный алгоритм работы для проведения вышеупомянутых измерений.

Приводится аналитическое выражение для расчета  $W_i$  по результатам измерения отношения сигнал-шум  $q_i$ . График зависимости  $W(q)$  с определенной точностью совпадает с данными Покровского Н.Б.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шумомер-виброметр, анализатор спектра ЭКОФИЗИКА-110А. Часть III. Исполнение HF (Белая). ПКДУ.411000.001.02 РЭ, 2020. – 168 с.

2 Покровский, Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи / Н. Б. Покровский. – М. : Гос. Издательство литературы по вопросам связи и радио, 1962. – 392 с.

3 Оценка эффективности защиты акустической (речевой) информации // itsec2012.ru. URL: <https://itsec2012.ru/ocenka-effektivnosti-zashchity-akusticheskoy-rechevoy-informacii> (дата обращения: 04.12.2021).

УДК 004

Губарев Владислав Владимирович, адъюнкт; Gubarev Vladislav Vladimirovich

Краснодарское высшее военное училище им. Штеменко С.М.

## **ЕДИНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДОПУСКА К ГОСУДАРСТВЕННОЙ ТАЙНЕ**

### **UNIFIED INFORMATION SPACE AUTOMATED INFORMATION SYSTEM ACCESS TO STATE SECRETS**

Аннотация. В работе рассматривается концептуальная модель автоматизированной информационной системы допуска к государственной тайне в едином информационном пространстве. Определены основные компоненты единого информационного пространства. Приведен перечень функциональных возможностей системы.

Abstract. The paper considers a conceptual model of an automated information system for access to state secrets in a single information space. The main components of the unified information space are defined. The list of functional capabilities of the system is given.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, единое информационное пространство, допуск к государственной тайне, управление.

Keywords: automated information system, unified information space, access to state secrets, management.

Концептуальные документы Российской Федерации на ближайшую и среднесрочную перспективу одними из основных задач применения информационных технологий для развития системы государственного управления определяют применение в органах государственной власти Российской Федерации новых технологий, повышающих качество государственного управления и создание основанных на информационных и коммуникационных технологиях систем управления, в рамках национальной цели «Цифровая трансформация», поставлена задача по достижению «цифровой зрелости» государственного управления [1-2].

Одним из видов основной деятельности органов государственной власти определена защита государственной тайны [3]. Одной из определяющих компонент данной деятельности является допуск к государственной тайне (далее - ГТ) и доступ к сведениям, составляющим государственную тайну (далее - ССГТ).

В настоящее время в различных органах государственной власти, учреждениях, организациях и предприятиях (далее - организациях) активно внедряются автоматизированные системы, существенно упрощающие деятельность в данной области, но не способные осуществлять анализ информации, связанной с допускной работой и циркулирующей как в подразделениях организации, так и поступающей из внешней среды, что в определенных случаях может снижать оперативность и обоснованность принимаемых должностными лицами решений в данной области.

Повышение как оперативности процессов сбора и обработки информации, так и обоснованности принимаемых решений в области допуска к ГТ, может быть достигнуто путем создания автоматизированной информационной системы допуска к государственной тайне (далее - АИСДГТ) в едином информационном пространстве (далее - ЕИП), требования к которому (в том числе такие как формирование ЕИП в интересах граждан и органов государственной власти; обеспечение доступа органам государственной власти ко всем информационным ресурсам; защита государственной тайны) определены в концептуальных документах Российской Федерации [4].

АИСДГТ жестко привязана к конкретной организации [5], которая имеет соответствующую организационно-штатную структуру, в которой функционируют структурное подразделение по защите государственной тайны (далее - ПЗГТ), кадровый орган и другие подразделения, штатные должности в которых предусматривают допуск к ГТ. АИСДГТ выполняет следующие функции:

организация допуска к ГТ;

оформление (переоформление) допуска гражданам к ГТ;

допуск и доступ граждан к ГТ;

установление социальных гарантий гражданам, допущенным к ГТ;  
 учет осведомленности граждан в ССГТ в ходе работы;  
 прекращение доступа и допуска к ГТ;  
 ограничение права граждан на выезд из Российской Федерации в установленных случаях.

В вопросах допускной работы организация осуществляет взаимодействие с органом безопасности (проводящим проверочные мероприятия) и с медицинским учреждением (определяющим факт отсутствия (наличия) у граждан медицинских противопоказаний для работы со ССГТ).

Для реализации описанных выше функций, предложена концептуальная модель АИСДГТ в ЕИП (рисунок 1).

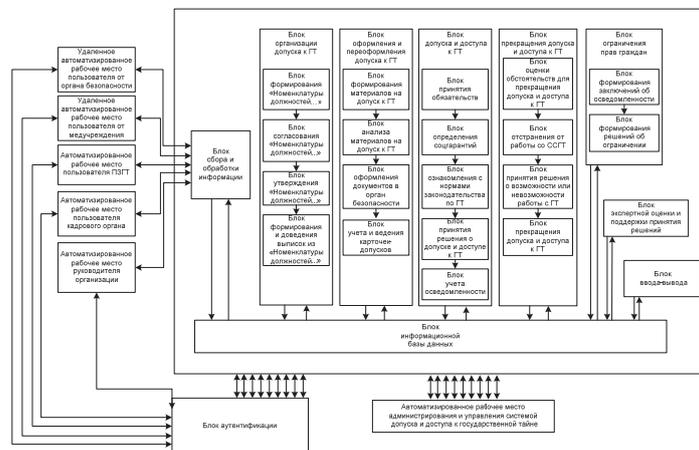


Рисунок 1 – Концептуальная модель АИСДГТ в ЕИП

Формирование ЕИП заинтересованных подразделений организации, органа безопасности и медицинского учреждения, автоматизация протекающих процессов позволит:

уменьшить время на организацию СДГТ, оформление (переоформление) допуска к ГТ, допуск и доступ граждан к ГТ, выявление обстоятельств, служащим основанием для прекращения допуска (доступа) граждан к ГТ;

повысить оперативность и обоснованность принимаемых решений по ограничению прав граждан на выезд за пределы Российской Федерации; оперативно пересматривать уже принятые решения (сроки ограничений) при изменении Перечня сведений, подлежащих засекречиванию;

упростить учет осведомленности граждан в сведениях, составляющих ГТ;

упростить установление (изменение) надбавок за работу со сведениями, составляющими государственную тайну;

исключить (снизить) количество ошибок за счет «человеческого фактора».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года : указ Президента Российской Федерации от 21 июля 2020 года № 474 – Текст : непосредственный // Российская газета. – 2020. – 22 июля – С. 1–2.

2 Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы : указ Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 г. № 203. – Текст : непосредственный // Российская газета. – 2017. – 15 мая – С. 2–4.

3 О государственной тайне : закон Российской Федерации от 21.07.1993 № 5485-1 – Текст : непосредственный // Российская газета. – 1993. – 21 сент. – С. 1–2.

4 Концепция формирования и развития единого информационного пространства России и соответствующих государственных информационных ресурсов от 01.07.1994 [Электронный ресурс] URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi> (Дата обращения: 30.01.2022).

5 Инструкция о порядке допуска должностных лиц и граждан Российской Федерации к государственной тайне, утвержденная Постановлением Правительства Российской Федерации от 6 февраля 2010 г. № 63. Текст : непосредственный // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. – 2010.

УДК 004.056.5

Карпова Нина Георгиевна, руководитель исследовательского отдела Zriha Hlavin Industries Ltd;  
Karpova Nina Georgievna

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich

Кузнецов Владислав Андреевич, студент; Vladislav Kuznetsov Andreevich

Zriha Hlavin Industries Ltd, Израиль

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**

### **METHODS FOR ENSURING INFORMATION SECURITY IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS**

Аннотация. Данная работа посвящена рассмотрению разных способов обеспечения безопасности в распределенных информационных системах. Рассмотрены различные схемы построения сетей.  
Abstract. This work is devoted to the consideration of different ways to ensure security in distributed information systems. Various schemes for constructing networks are considered.

Ключевые слова: сеть, компьютер, система, защита, безопасность, интернет, информация, средства защиты.

Keywords: network, computer, system, protection, security, internet, information, means of protection.

#### **Введение**

Концентрация информации в компьютерах - аналогично концентрации наличных денег в банках - заставляет все более усиливать контроль в целях обеспечения ее защищенности.

Сложность создания системы защиты информации определяется тем, что данные могут быть похищены из компьютера и одновременно не исчезать из исходного хранилища; ценность некоторых данных заключается в обладании ими, а не в уничтожении или изменении [2].

#### **Способы обеспечения информационной безопасности**

1) Локальная вычислительная сеть предприятия: 1 АРМ без доступа к сети (рисунок 1)

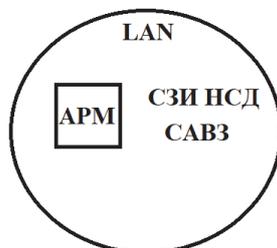


Рисунок 1 – Схема 1

В данной схеме защита автоматизированного рабочего места (АРМ) обеспечена с помощью средства защиты информации от несанкционированного доступа (СЗИ НСД) и средством антивирусной защиты (САВЗ).

2) Локальная вычислительная сеть предприятия: 1 АРМ без доступа к сети есть РСО (рисунок 2).

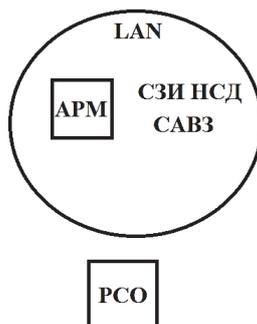


Рисунок 2 – Схема 2

В данной схеме защита АРМ обеспечена с помощью СЗИ НСД и САВЗ.

3) Локальная вычислительная сеть предприятия: 1 АРМ есть интернет (рисунок 3).

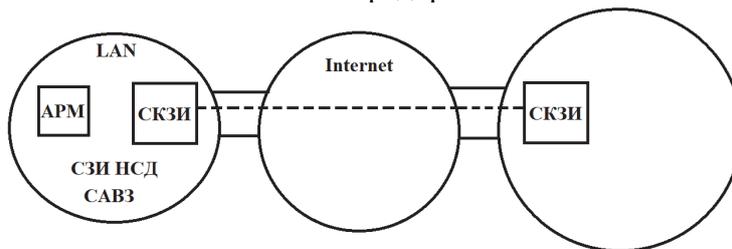


Рисунок 3 – Схема 3

В данной схеме защита АРМ обеспечена с помощью СЗИ НСД и САВЗ. Защита информации при передаче через интернет обеспечена использованием средств криптографической защиты информации (СКЗИ). Также дополнительным средством защиты является система обнаружения вторжений (СОВ), а на границе периметра предприятия устанавливается межсетевой экран (МЭ).

4) Локальная вычислительная сеть предприятия: 1 АРМ есть РСО, есть доступ к интернет (рисунок 4).

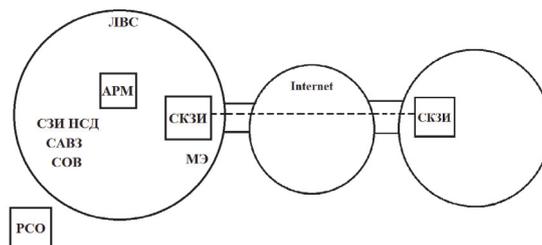


Рисунок 4 – Схема 4

В данной схеме защита АРМ обеспечена с помощью СЗИ НСД и САВЗ. Защита информации при передаче через интернет обеспечена использованием СКЗИ. Также дополнительным средством защиты является СОВ, а на границе периметра предприятия устанавливается МЭ.

5) Локальная вычислительная сеть предприятия: несколько АРМ, соединенных в ЛВС (рисунок 5).

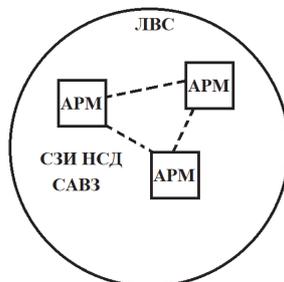


Рисунок 5 – Схема 5

В данной схеме защита нескольких АРМ, соединенных в ЛВС, обеспечена с помощью использования СЗИ НСД и САВЗ на каждом АРМ.

6) Локальная вычислительная сеть предприятия: несколько АРМ соединенных в ЛВС есть РСО нет подключения к интернету (рисунок 6).

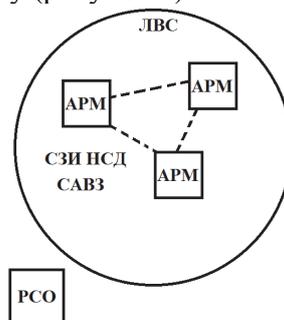


Рисунок 6 – Схема 6

В данной схеме защита нескольких АРМ, соединенных в ЛВС, обеспечена с помощью использования СЗИ НСД и САВЗ на каждом АРМ.

7) Локальная вычислительная сеть предприятия: несколько АРМ соединенных в ЛВС есть РСО есть подключение к интернету (рисунок 7).

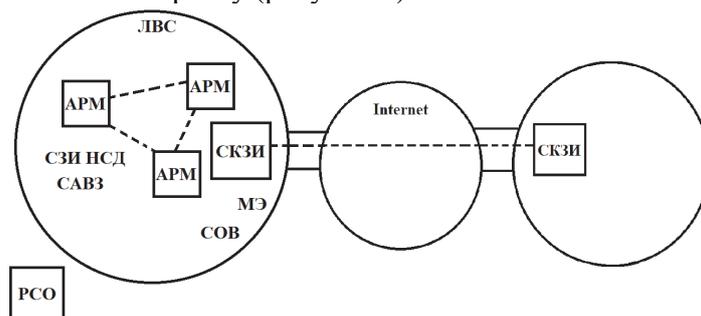


Рисунок 7 – Схема 7

В данной схеме защита АРМ обеспечена с помощью СЗИ НСД и САВЗ. Защита информации при передаче через интернет обеспечена использованием СКЗИ. Также дополнительным средством защиты является СОВ, а на границе периметра предприятия устанавливается МЭ.

8) Предприятие, состоящее из нескольких равноправных филиалов (рисунок 8).

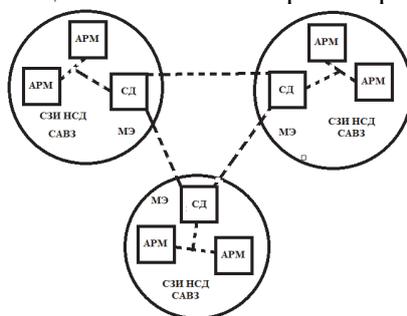


Рисунок 8 – Схема 8

В данной схеме защита АРМ обеспечена с помощью СЗИ НСД и САВЗ. Филиалы связаны между собой серверами доступа (СД). На границе периметра предприятия устанавливается МЭ.

9) Предприятие, состоящее из нескольких филиалов, доступ к головному офису осуществляется через сервер доступа (рисунок 9).

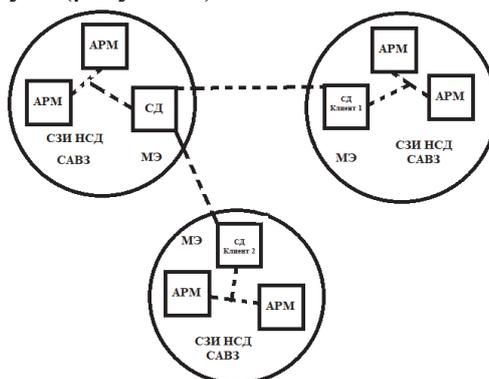


Рисунок 9 – Схема 9

В данной схеме защита АРМ обеспечена с помощью СЗИ НСД и САВЗ. Филиалы-клиенты связаны с головным офисом через сервер доступа. На границе периметра предприятия устанавливается МЭ.

### Заключение

В ходе работы были рассмотрены различные способы обеспечения защиты информации в распределенных информационных системах.

Дальнейшие исследования будут связаны с разработкой новых способов обеспечения защиты информации в распределенных информационных системах, которые либо упростят процесс организации защиты, либо увеличат ее надежность [1].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трещев, И.А. Проектирование и защита информационных систем : учеб. пособие / И.А. Трещев, Я.Ю. Григорьев. – Екатеринбург : Общество с ограниченной ответственностью «Издательские решения», 2020. – 86 с.

2 Царегородцев, А.В. Техническая защита информация : учеб. пособие / А.В. Царегородцев. – Москва : Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 2013. – 275 с.

УДК 004.94

Карпова Нина Георгиевна, руководитель исследовательского отдела Zriha Hlavin Industries Ltd;  
Karpova Nina Georgievna

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich

Подоба Никита Евгеньевич, студент; Podoba Nikita Evgenievich

Zriha Hlavin Industries Ltd, Израиль

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ИСПОЛНЯЕМЫХ ФАЙЛОВ, РАБОТА С IDA PRO

### SOFTWARE FOR ANALYZING EXECUTABLE FILES, WORKING WITH IDA PRO

Аннотация. Данная работа посвящена продолжению исследований современных инструментов анализа и поиска уязвимостей в исполняемых файлах. В частности, была рассмотрена работа дизассемблера IDA Pro.

Abstract. This work is devoted to the continuation of research on modern tools for analyzing and searching for vulnerabilities in executable files. In particular, the work of the IDA Pro disassembler was considered.

Ключевые слова: обратная разработка программ, исполняемый файл, анализ приложений.

Keywords: reverse engineering of software, executable file, application analysis.

#### Введение

Из первого доклада мы выяснили, что существует большое количество различных средств для анализа исходного кода исполняемых файлов. Каждое из них имеет свои особенности, поэтому важно ознакомиться с ключевыми представителями программного обеспечения этой сферы поподробнее.

В данной работе в качестве объекта исследования приводится наиболее популярное приложение для дизассемблирования от компании “Hex-Rays” IDA Pro. В докладе приведены особенности приложения и качества, выделяющие приложение на фоне своих конкурентов.

#### Дизассемблер IDA Pro

Основанная в 2005 году частная бельгийская компания Hex-Rays SA специализируется на разработке быстрых, стабильных и надежных инструментов бинарного анализа для рынка IT-безопасности и не зависит от государственных органов и давления фондового рынка. Его всемирно известный продукт IDA Pro является лучшим продуктом для дизассемблирования программного обеспечения. Hex-Rays также выпустила подключаемый модуль Hex-Rays Decompiler для IDA Pro, который значительно повышает производительность исследователей IT-безопасности, занимающихся анализом реальных двоичных файлов C/C++.

Уникальный декомпилятор Hex-Rays, который был разработан в ответ на потребности сотен пользователей IDA, является плодом более чем десятилетних собственных исследований. Благодаря скорости и масштабируемости своих основных алгоритмов Hex-Rays не просто открывает новые горизонты в хорошо известной проблеме декомпиляции C/C++: он закладывает основу для будущих разработок в области бинарного анализа. Hex-Rays SA также расширяет возможности и гибкость своего декомпилятора, добавляя несколько новых алгоритмов и предлагая SDK как часть своего пакета.

#### Преимущества декомпилятора

По сравнению с языком ассемблера низкого уровня представление языка высокого уровня в декомпиляторе имеет несколько преимуществ:

- лаконичный: требуется меньше времени для его прочтения;
- структурированность: логика программы более очевидна;
- динамический: имена и типы переменных могут быть изменены на лету;
- привычно: не нужно учить язык ассемблера;

Текст псевдокода генерируется на лету. Технология достаточно быстра, чтобы проанализировать 99% функций за пару секунд.

В настоящее время декомпилятор поддерживает сгенерированный компилятором код для процессоров x86, x64, ARM32, ARM64 и PowerPC.

Декомпилятор работает на MS Windows, Linux и Mac OS X. Поддерживаются версии с графическим интерфейсом и текстовой IDA.

### Пример работы с IDA Pro

Для анализа программы воспользуемся IDA Pro 7.0. В результате анализа получилось, что приложение написано на C++, как показано на рисунке<sup>1</sup>.

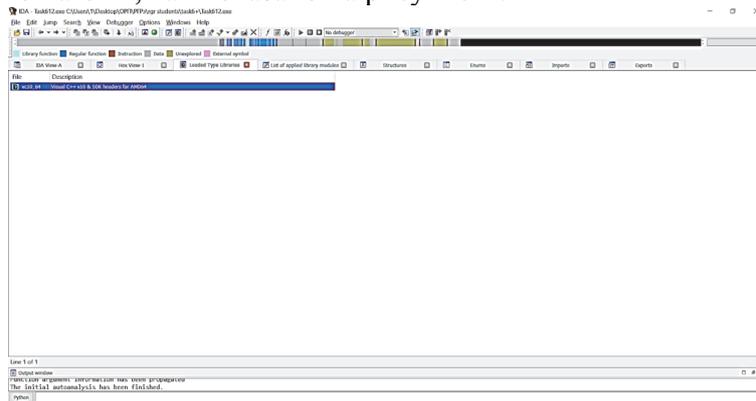


Рисунок 1 – Анализ через IDA Pro 7.0

Далее, проанализировав код алгоритма, выяснили, что паролем является “KnastuCTF{Yes master}”, как показано на рисунках 2, 3. Также можно сделать вывод по адресам сегментов, что пароль лежит не в сегменте данных.

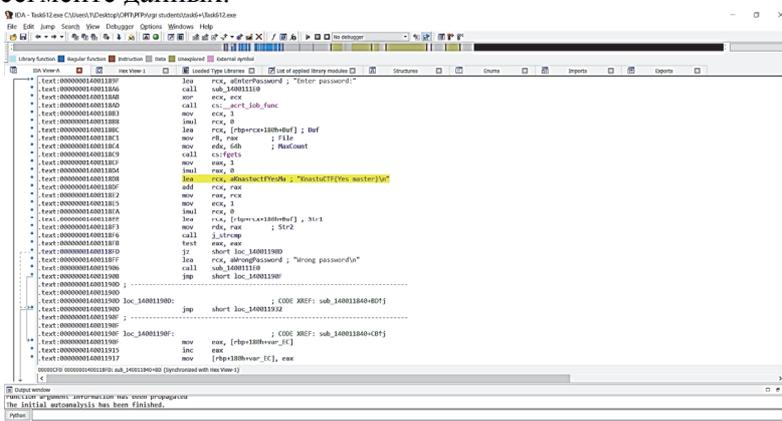


Рисунок 2 – Анализ через IDA PRO 7.0 (2)

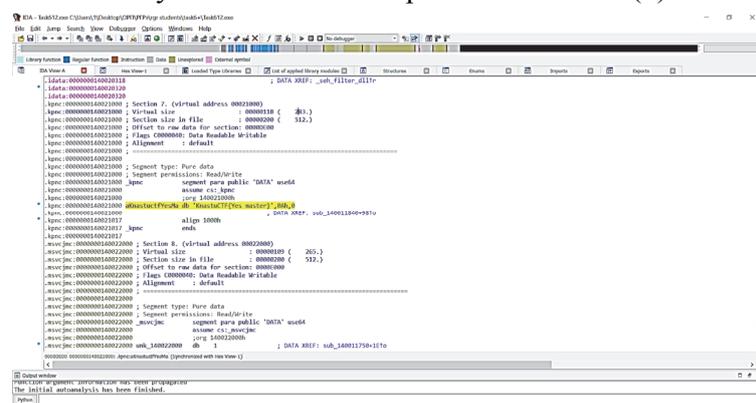


Рисунок 3 – Анализ через IDA PRO 7.0 (3)

Далее восстановили исходный код программы, представленный на листинге 1.

Листинг 1 – Исходный код программы

```
#include <stdio.h>

#include <string.h>
#include "ConsoleApplication3.h"

#define PASSWORD_SIZE 100

#define PASSWORD "KnastuCTF {Yes master}\n"

int main()
{
    int count = 0;

    char buff[PASSWORD_SIZE];

    for (;;)
    {

        printf("Enter password:");

        fgets(&buff[0], PASSWORD_SIZE, stdin);

        if (strcmp(&buff[0], PASSWORD))

            printf("Wrong password\n");

        else break;

        if (++count > 3) return 0;

    }

    printf("Password OK\n");
}
```

### Заключение

В ходе работы было рассмотрено популярное средство анализа исполняемых приложений IDA Pro. И из этих исследований можно сделать вывод, что лучшего инструмента, чем IDA Pro, не найти. Это легко объясняется интеллектуальностью (дизассемблер сам комментирует код и распознает стандартные библиотечные и системные функции), интерактивностью (вы в любой момент можете прервать процесс дизассемблирования, внести нужные изменения и потом продолжить), поддержкой собственного скриптового языка (IDC), наличием плагинов (позволяющих сэкономить десятки часов исследования) и IDA SDK.

Дальнейшие исследования связаны с дизассемблированием приложений для микроконтроллеров, анализа обфусцированных исходных текстов, методов и методологий отладки программного обеспечения.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Касперски К., Рокко Е.. Искусство дизассемблирования// БХВ-Петербург. 2009. 896 с.
- 2 Трещёв, И.А. О подходе к обратной разработке программ, использующих шифр замены: статья в сборнике трудов конференции / И.А. Трещёв, А.С. Ватолина – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – 165 с.

УДК 004.056.5

Карпова Нина Георгиевна, руководитель исследовательского отдела Zriha Hlavin Industries Ltd;  
Karpova Nina Georgievna

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich

Пырин Олег Олегович, студент; Pyrin Oleg Olegovich

Zriha Hlavin Industries Ltd, Израиль

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОБЗОР КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК ИНФОРМАЦИИ**

### **OVERVIEW OF TESTING AND MEASURING EQUIPMENT FOR INFORMATION LEAK DETECTION**

Аннотация. Данная работа посвящена рассмотрению различного контрольно-измерительного оборудования для обнаружения утечек информации. Рассмотрены разные каналы утечки информации.

Abstract. This work is devoted to the consideration of various control and measuring equipment for detecting information leaks. Various channels of information leakage are considered.

Ключевые слова: канал, безопасность, информация, оборудование, утечка информации.

Keywords: channel, security, information, equipment, information leakage.

#### **Введение**

Одной из самых ценных вещей сегодня является информация. А там, где есть ценность, есть и злоумышленники, хотят этой ценностью завладеть. Существуют различные каналы утечки информации, через которые злоумышленник может завладеть ценной информацией, но также есть и оборудование которое позволяет эти каналы обнаружить [2].

#### **Каналы утечки информации**

Акустический канал утечки информации: среда распространения – воздух; средства перехвата – высокочувствительные микрофоны.

Вибро-акустический канал утечки информации: среда распространения – инженерные коммуникации и строительные конструкции; средства перехвата – вибродатчики.

Акусто-электронный канал утечки информации: среда распространения – преобразование акустических сигналов в электронные в технических средствах; средства перехвата – высокочувствительные усилители низкой частоты.

Опτικο-электронный канал утечек информации: источник сигнала – облученные лазерным лучем отражающие поверхности помещения; средства перехвата – сложные лазерные системы.

Акусто-электромагнитический канал утечек информации: измененные из-за воздействия акустического поля параметры высокочастотного сигнала; средства перехвата – средства радионаблюдения.

#### **Контрольно-измерительное оборудование для обнаружения утечек информации**

##### **1) Нелинейные детекторы соединений.**

Профессиональные устройства, предназначенные для поиска и обнаружения скрытых электронных устройств, установленных в стенах, полах, потолках, светильниках, мебели или контейнерах, независимо от того, является ли электронная цель излучающей, проводной или даже включенной.

ST-402 "Кайман" – Детектор нелинейных переходов (рисунок 1).



Рисунок 1 – ST-402 "Кайман"

CAYMAN ST-402 является новейшим нелинейным локатором серии CAYMAN и предназначен для поиска и обнаружения скрытых электронных устройств, установленных в стенах, полах, потолках, светильниках, мебели или контейнерах, вне зависимости от того, является ли электронная цель излучающей, жесткой проводной или даже выключенной.

Лорнет – Нелинейный детектор соединений (рисунок 2).



Рисунок 2 – Лорнет

Детектор нелинейных переходов (НЛПД) ЛОРНЕТ предназначен для обнаружения скрытых электронных устройств, содержащих полупроводники с p-n переходами, таких как скрытые аудио- и видеопередатчики, аудио- и видеомagneтофоны (обычно называемые подслушивающими устройствами), исполнительные и таймерные схемы самодельные взрывные устройства (СВУ). NLJD можно использовать в приложениях TSCM и борьбы с терроризмом в полевых условиях, в помещениях и в транспортных средствах.

2) Многоцелевые поисковые устройства.

СТ-031М "Пиранья" – Многофункциональный прибор обнаружения (рисунок 3).



Рисунок 3 – СТ-031М "Пиранья"

«Пиранья СТ-031М» –поисковое устройство для обнаружения и локализации специальных технических средств получения секретной информации и решения других задач защиты информации, связанных с оценкой эффективности технических средств защиты информации. СТ031М является логическим продолжением известной серии многофункциональных устройств "Пиранья". Устройство имеет лучшее соотношение «стоимость-возможности» во всем классе подобных устройств.

ST-600 – Комбинированное поисковое устройство (рисунок 4).



Рисунок 4 – ST-600

Комбинированное поисковое устройство ST-600 предназначено для обнаружения работающих электронных устройств и трассировки кабельных линий.

### 3) Анализаторы кабеля

Профессиональное портативное оборудование, предназначенное для обнаружения и локализации скрытых подслушивающих устройств, гальванически связанных с силовыми и слаботочными проводными линиями.

ST-301 «SPIDER» - Анализатор кабеля (рисунок 5).



Рисунок 5 – ST-301 «SPIDER»

Анализатор проводных линий СТ-301 «Паук» предназначен для обнаружения и определения местоположения подслушивающих устройств, гальванически связанных с силовыми и слаботочными проводными линиями на проверяемом объекте. Анализатор использует как пассивный, так и активный режимы работы. Это позволяет обнаруживать подслушивающие устройства, находящиеся в активном или дежурном режиме во время операции сканирования.

### 4) Средства контроля радиоизлучения

ST-154 – Система радиочастотного мониторинга (рисунок 6).

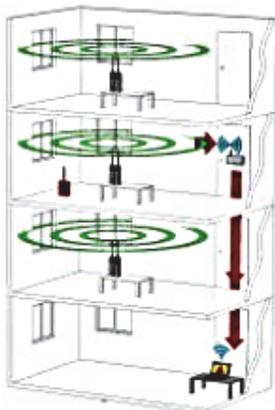


Рисунок 6 – ST-154

Основной целью системы является обнаружение несанкционированной передачи в контролируемой зоне. Эти области включают в себя:

- Конференц-залы и офисы
  - Экзаменационные и испытательные помещения
  - Тюрьмы и исправительные учреждения
  - Зоны с ограниченным использованием мобильных телефонов, радиоприемников и т. д.
- СЭЛ СП-71Р "Ракса" - частотомер селективный (рисунок 7).



Рисунок 7 – СЭЛ СП-71Р "Ракса"

Устройство предназначено для обнаружения и локализации в ближней зоне большинства устройств наблюдения, использующих радиочастоты от 40 МГц до 3,8 ГГц

#### **Заключение**

В ходе работы было рассмотрено различное контрольно-измерительное оборудование для обнаружения утечек информации.

Дальнейшие исследования будут связаны рассмотрением других более комплексных устройств для обнаружения утечек информации [1].

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Трещев, И.А. Проектирование и защита информационных систем : учеб. пособие / И.А. Трещев, Я.Ю. Григорьев. – Екатеринбург : Общество с ограниченной ответственностью «Издательские решения», 2020. – 86 с.

2 Царегородцев, А.В. Техническая защита информации : учеб. пособие / А.В. Царегородцев. – Москва : Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 2013. – 275 с.

УДК 004.94

Конкин Артем Андреевич, студент; Konkin Artem Andreevich

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ XSS УЯЗВИМОСТЕЙ В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ**

#### **EFFECTIVE WAYS TO PREVENT XSS VULNERABILITIES IN WEB APPLICATIONS**

Аннотация. В данной работе рассмотрены способы обеспечения безопасности web приложений от XSS атак. Исследованы основные особенности каждого подхода, сформулированы направления для дальнейших исследований.

Abstract. This paper discusses ways to ensure the security of web applications from XSS attacks. The main features of each approach are investigated, directions for further research are formulated.

Ключевые слова: уязвимость, атака, веб-приложение, информационная безопасность.

Keywords: vulnerability, attack, web-application, information security.

#### **Введение**

Одной из наиболее распространенных уязвимостей в веб приложениях является XSS-уязвимость. Согласно статистике OWASP, XSS-уязвимость занимает третье место в рейтинге ключевых рисков в веб-приложениях.

«Межсайтовый скриптинг» - разновидность кибератаки, заключающаяся во внедрении и выполнении вредоносного JavaScript кода или другого скрипта, для ознакомления злоумышленника с различной информацией пользователей, либо создания условий для дальнейших атак.

Основные виды XSS-атаки по мнению сообщества Open Web Application Security Project (OWASP):

- хранимые (код хранится в базе данных);
- отраженные (код выполняется серверными сценариями и не хранится в базе данных);
- через DOM (код сохраняется и выполняется в браузере).

Существует несколько различных методов, позволяющих минимизировать риски информационной безопасности для возможных XSS атак.

#### **Внедрение Content Security Policy**

CSP – это модификатор конфигурации строк, указывающий браузеру о преобразовании правил безопасности.

Данный способ используется в качестве первого шага в противодействии XSS-атаками. Метод эффективен в том случае, если разработчикам известно какие типы программных конструкций и API будут использоваться в веб-приложении.

Внедрение CSP происходит в разметку HTML, это выглядит следующим образом:

```
<meta http-equiv="Content-Security-Policy" content="script-src 'self' https://www.my-app.ru;">
```

При задании такой конфигурации, сценарий может быть загружен только с указанного домена.

#### **Защита гиперссылок**

В данном способе для противодействия XSS-уязвимостям используются фильтры, которые служат для современных браузеров ссылками (<a></a>). Для использования ссылок создается функция, которая при нажатии на ссылку генерирует её через document.createElement() и переход на другую страницу осуществляется через window.location.href(). Таким образом ограничивается возможность запустить любой сценарий, в том числе и вредоносный.

#### **Противодействия атакам на Cascading Style Sheets**

CSS – язык описания внешнего вида HTML или XHTML документа. Также применяется с XML-документами (SVG или XUL).

При каждой загрузке изображения из другого источника на страницу посылается GET запрос. Поэтому через какой язык было получено изображение не имеет значение.

По средствам некоторых атрибутов CSS может взаимодействовать с элементами DOM.

Разработчику рекомендуются использовать один из следующих способов для избежание атак на CSS:

- запрет на загрузку CSS пользователем;
- пользователю доступно редактирование только определенных полей, при этом на сервере находится CSS с этими полями;
- очистка атрибутов CSS, инициализирующих HTTP запрос.

#### **Отказ от SVG и BLOB**

Scalable vector graphics (SVG) – это язык разметки масштабируемой векторной графики, используется для отображение различных изображений на различных устройствах, так как при масштабировании не снижается качество изображения. Но из-за используемого языка extensible markup language (XML) могут запускаться различные сценарии. Поэтому данный тип изображений является более опасным, чем другие.

Binary large object (BLOB) – является специальным типом данных, который позволяет хранить в базе данных двоичные данные: документы, изображения и мультимедиа.

Основная стратегия атаки через BLOB:

- 1 создание экземпляра BLOB со ссылкой на вредоносный сценарий;
- 2 внедрение вредоносного сценария в страницу;
- 3 загрузка вредоносного сценария в страницу.

Поэтому не рекомендуется использовать объекты типом BLOB в коде, особенно если какой-либо из процессов создания экземпляра включают конфиденциальные данные пользователя.

#### **Замена DOMParser**

Удобный API-интерфейс DOMParser позволяет разработчикам легко превращать текст в сценарий и, соответственно, является предрасположенным к XSS-атаке.

Стратегия атаки довольно проста, через созданный экземпляр DOMParser с методом parseFromString() можно загружать все узлы DOM, в том числе и вредоносные.

Поэтому рекомендуется создавать каждый узел в ручную с помощью метода `document.createElement()` и структурировать созданные узлы методом `document.appendChild()`. В таком случае риск будет меньше, и осуществлять контроль над тегами DOM будет проще.

### **Использование символьных сущностей в HTML**

Символьные сущности используются для добавление специальных символов, которые отображаются в браузере, но не интерпретируются как часть JavaScript. Самые используемые символьные сущности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сущности для пяти специальных символов

Символ	Сущности
<	& + lt;
>	& + gt;
&	& + amp;
'	& + #034;

Символьные сущности не гарантируют полную безопасность, но значительно снижают риск выполнения сценария. Также использование сущностей не защитит данные внутри тега `<script></script>`, в составе CSS или URL-адреса.

### **Использование библиотек безопасности кодирования**

OWASP рекомендует использовать библиотеки кодирования ориентированные на безопасность, другими словами применять концепцию *security by design*. Для приложений разрабатываемых на ASP.NET (.NET Framework ) v.4.5 – v.4.8 используется класс `System.Web.Security.AntiXssEncoder`. Приложения разрабатываемые на языке программирования Java могут воспользоваться библиотекой OWASP Java Encoder Project защищенной от XSS.

### **Форматирование текста без использования HTML**

Зачастую в веб-приложениях пользователю предоставляется возможность форматировать текст. Это реализовано в добавлении отзывов, создании различных документов, форматировании профиля в социальных сетях и других задачах. Для этого используются языки разметки, такие как BBCode, Markdown и Textile. Следует отметить, что использование альтернативных языков не обеспечивает защиту информации от атак злоумышленников. Для обеспечения безопасности рекомендуется использовать библиотеку HTMLPurifier. Данная библиотека предлагает безопасную очистку HTML от вредоносного кода, с помощью белого списка, соответствующего стандартам World Wide Web Consortium.

### **Заключение**

В ходе работы сделан вывод о том, что один из самых опасных языков разметки является XML, так как из-за своей специфики может запускать различные сценарии. Данный язык разметки активно используется для форматирования документов форматов: PDF, DOC, XSLX, FB2 и т.д. Формат документов Exel (xlsx), активно используется для экспортирования данных в веб-приложения, и за счет этого помимо XSS возникают следующие уязвимости: CSRF и XME. Отказ от форматов, использующих XML или хранение данных файлов на других доменах с использованием CSP политики, при этом без возможности загрузки файлов пользователем на сервер, снижают риски выше указанных атак.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Хоффман Э. Безопасность веб-приложений / Э. Хоффман. –Санкт-Петербург: Питер, 2021. С. 272 - 284.

2 Крылов И.Д. Эффективные способы обнаружения и предотвращения XSS-уязвимостей сайтов / И.Д. Крылов // XSS в DOM-модели – 2021. – С. 8 - 9. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-i-metody-zaschity-web-prilozheniya-ot-atak-tipa-xss> (дата обращения: 23.11.2021).

3 OWASP : Фонд работ по повышению безопасности программного обеспечения с помощью программных проектов с открытым исходным кодом: сайт. – 2021. – URL: [https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Cross\\_Site\\_Scripting\\_Prevention\\_Cheat\\_Sheet.html](https://cheatsheetseries.owasp.org/cheatsheets/Cross_Site_Scripting_Prevention_Cheat_Sheet.html) (дата обращения: 21.11.2021).

4 Cross-Site Scripting (XSS) / P. Brady // Survive The Deep End: PHP Security – Раздел сайта «Cross-Site Scripting», подраздел «Defending Against Cross-Site Scripting Attacks». – URL: [https://phpsecurity.readthedocs.io/en/latest/Cross-Site-Scripting-\(XSS\).html#defending-against-cross-site-scripting-attacks](https://phpsecurity.readthedocs.io/en/latest/Cross-Site-Scripting-(XSS).html#defending-against-cross-site-scripting-attacks) (дата обращения 24.11.2021).

УДК 004.912

Куртин Максим Анатольевич, студент; Kurtin Maxim Anatolyevich

Котляров Валерий Петрович, кандидат технических наук, доцент; Kotlyarov Valery Petrovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

### **THE CONCEPT OF DEVELOPING SOFTWARE ROBOTS FOR AUTOMATING BUSINESS PROCESSES**

Аннотация. Представлены концепт разработки программных роботов, экономические показатели от автоматизации бизнес процессов, сформулированы цели и задачи, достигаемые от внедрения этих цифровых технологий в деятельность организационных структур разработки программных роботов для автоматизации бизнес процессов. Описан рынок цифровых платформ для сферы создания программных роботов. Продемонстрирована разработка варианта программного робота, которая повысила производительность бизнес – процесса в несколько раз.

Abstract. The concept of the development of software robots, economic indicators from the automation of business processes are presented, the goals and objectives achieved from the introduction of these digital technologies into the activities of organizational structures working software robots for the automation of business processes are formulated. The market of digital platforms for the creation of software robots is described. The development of a software robot variant was demonstrated, which increased the productivity of the business process several times.

Ключевые: Программные роботы (RPA), платформы разработки программных роботов, автоматизация бизнес-процессов, организационная структура.

Keywords: Software robots (RPA), software robot development platforms, business process automation, organizational structure.

Программные роботы (Robotic process automation) - это форма технологии автоматизации бизнес-процессов, основанная на метафорическом программном обеспечении роботов (ботов) или работников искусственного интеллекта.

Роботизация бизнес процессов быстро набирает темпы развития во всём мире, множество крупных корпораций уже начали разработку и внедрение RPA технологий в своё производства. Согласно отчёту сайта «Grand View Research», объём мирового рынка автоматизации роботизированных процессов в 2020 году оценивается в 1,57 миллиарда долларов, а также ожидается прирост до 2028 года в 32,8%. [1]

Если брать разные производственные субъекты Российской Федерации, то можно увидеть, что инвестиции в RPA к 2022 году достигает 2,4 миллиарда долларов. [3]

Работа, выполняемая в деятельности любого предприятия, занимает некое количество ресурсов, включая самый главный ресурс, время. Некоторые операции и задачи не требуют определённых знаний, техники или навыков. По этому их можно поручить роботам. С помощью программных роботов (RPA) можно повысить производительность бизнес-процесса организации.

Идея программного робота проста, периодические работы или процессы, выполняемые из раза в раз по одному и тому же сценарию работниками предприятия, теперь будут выполняться автоматически. Список применения такого рода помощников, очень велик.

Бухгалтерские и финансовые отделы используют RPA для устранения недочётов и оптимизации введения данных в систему. В настоящее время компании в основном роботизируют документооборот, создание отчётов, сбор и обработку информации, распределение и движение данных между системами.

Существует и альтернативная форма использования – виртуальный помощник: робот запущен для использования пользователем, который при необходимости выбирает сценарий, или робот сам реагирует на события и автоматически использует сценарий.

То есть на самом деле роботизация может касаться практически всех сфер деятельности, но есть проблемы, которые мешают любому предприятию провести процесс роботизации. Однако у роботизации бизнес-процессов есть и недостатки.

На наш взгляд одним из недостатков является дороговизна платформы RPA. Стоимость разработок и внедрений в предприятие стоит больших затрат, что заставляет задуматься о

необходимости приобретения новых технологий. Возможно дешевле будет платить работнику что бы он выполнял рутинную работу, чем устанавливать робота.

Следующий минус у робота напрочь отсутствует интуиция, например, если, человек при поиске файла с названием интуитивно поймет, что в названии файла есть ошибка, и сможет найти нужную информацию, то робот же вообще не найдёт подходящий файл. Так же это может касаться других сфер работы предприятия. Программа будет работать строго по алгоритму и, если, будет хоть один малейших просчёт со стороны работников, работа может остановиться до решения проблемы.

Кроме этого программный робот не стремится к достижению каких-либо целей. Он просто выполняет сценарий, вписанный в его программу, не обращая на сигналы и события не касающихся его системы. Он не будет искать новые решения выполнения или наилучший вариант, робот строго следует сценарию.

Не смотря на все присущие минусы, на сегодняшний день программные роботы, хороший вклад в развития любого предприятия.

В мире имеются большое количество компаний лидеров, которые разработали цифровые платформы (конструкторы, RPA) с помощью которых ускоряется работы по созданию программных роботов бизнес-процессов деятельности организационных структур [2] (см. табл.1).

Таблица 1 – Описание платформ программных роботов

Название платформы	Описание
«NICE»	Поставщик автоматизированных решений, которые выполняются как с участием человека, так и без, помогая организациям принимать более удачные решения и улучшать обслуживание клиентов. Сервисы, выполняемые без участия человека, позволяют организациям автоматизировать процедуры, что обеспечивает их быстрое выполнение.
«PIX Robotics»	Российская RPA-платформа для автоматизации бизнес-процессов. Возможности: нативная интеграция с продуктами платформы 1С, встроенная интеграция с популярными BPM-инструментами, глубокая аналитика, встроенные рекордер и возможность захвата экрана.
Blue Prism	Одна из ведущих британских RPA-систем по автоматизации бизнеса. Возможности: drag-and-drop интерфейс, автономные программные роботы на базе ИИ.
Kryon Hybrid	Благодаря гибридной автоматизации ваши человеческие и виртуальные рабочие группы передают задачи друг другу с полной видимостью, работая вместе, а не в бункерах.
UiPath	RPA-инструмент автоматизации рабочих процессов. Возможности: поддержка разных браузеров и десктоп-приложений, работа с офисными файлами, работа с чеками и счетами, распознавание текста OCR, простота интерфейса, возможности удалённого доступа.
Lexema-RPA	Платформа для разработки программных роботов, выполняющих рутинные операции на компьютере вместо человека. Взаимодействовать с офисными программами Excel и Word Открывать сайты, считывать с них для дальнейшего использования информацию или, наоборот, вводить информацию, полученную из других источников Считывать информацию с pdf файла, вводить ее в другие системы

Разные платформы предоставляют разные технологии по созданию и работе программных роботов.

Как и другие технологии возможности RPA быстро развиваются. Функционирование надежного, комплексного решения - главный приоритет любой платформы.

Для оценки качества работы программного робота, решим с его помощью конкретную задачу по автоматизации бизнес-процесса, связанного с документооборотом.

В документообороте предприятия находится большое множество различных файлов, документов с различной информацией. Менеджер регулярно отслеживает параметры деятельности предприятия, для этого ему надо просмотреть множество данных находящихся в разных файлах. Что бы облегчить задачу и в том числе сократить время для менеджера, разработаем программного робота на платформе «Lexema-RPA». Робот будет работать в программной сфере Excel,

находить нужные файлы и объединять их в один. Вся информация будет находиться в одном файле и менеджеру не надо будет искать информацию в разных файлах.

Скриншот по разработке программного робота представлен на рисунке 1.

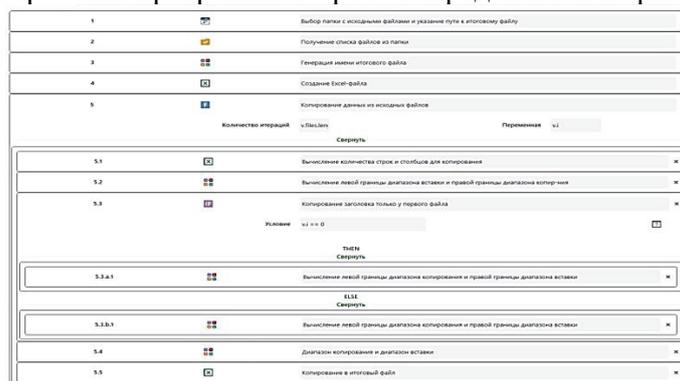


Рисунок 1 – Скриншот панели платформы «Lexema-RPA» с процессами по распределению документов

Апробация показала, что программный робот разработанный на платформе Lexema-RPA, увеличил производительность слияния файлов в один в несколько раз, что подтверждает выше сказанные суждения.

Выбрав решение по автоматизации бизнес-процессов, организация получит преимущество в увеличении своей производительности, а это повысит ее конкурентно способность в рыночных отношениях с другими предприятиями.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Robotic Process Automation Market Growth & Trends // grandviewresearch.com : интернет-изд. апрель 2021. URL: <https://www.grandviewresearch.com/press-release/global-robotic-process-automation-rpa-market> (дата обращения 21.01.2022)

2 Рейтинг RPA платформ // CRMindex.ru : интернет-изд. URL: [https://crmindex.ru/ratings/rpa\\_platformu](https://crmindex.ru/ratings/rpa_platformu) (дата обращения 22.01.2022)

3 Роботизированная Автоматизация Процессов // RPARussia.ru. URL: <https://rparussia.ru/> (дата обращения 22.01.2022)

4 Что такое RPA или роботизированная автоматизация процессов // Electroneek.com : интернет-изд. URL: <https://electroneek.com/ru/rpa/what-is-rpa/> (дата обращения 22.01.2022)

УДК 681.3.06

Ложников Кирилл Александрович, студент; Lozhnikov Kirill Alexandrovich

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treshchev Ivan Andreevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КОНФИГУРАЦИЙ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРАФИКА НА НАЛИЧИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ

#### RESEARCH CONFIGURATIONS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR ANALYSIS OF TRAFFIC FOR VULNERABILITIES

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию конфигураций искусственных нейронных сетей для анализа трафика на наличие уязвимостей.

Abstract. This paper investigates artificial neural network configurations for traffic analysis for vulnerabilities.

Ключевые слова: сети встречного распространения, анализ траффика, локальные вычислительные сети.

Keywords: CPN, analysys of traffic, LAN.

#### Введение

В настоящее время весьма актуальна проблема анализа большого объема трафика в сетях в автоматизированном режиме и режиме реального времени. Каждая атака по-своему уникальна и характерна своим количеством и содержанием пакетов. Необходимы средства, которые позволят реализовать анализ, по возможности, всех возможных сигнатур, и даже больше. Существу-

ющие системы обнаружения вторжений, например, secret net studio, могут проводить анализ в режиме реального времени сигнатурным методом. Но существуют подходы к вторжению в автоматизированные системы, которые этими реперными точками не характеризуются, например, «zero day». Для таких случаев принято использовать эвристический анализ, но «песочницы» являются весьма ресурсоемкими и характеризуются длительным временем выполнения. Авторы предлагают использовать искусственные нейронные сети, которые обучаются на основе трафика, содержащего различные методы вторжения и затем позволяют автоматизировать процесс анализа циркулирующей в сети информации на наличие потенциальных злонамеренных действий.

В текущей конфигурации самым оптимальным вариантом будет подавать на вход картинку, например, из 16 пикселей, а на выходе есть 4 образа представленных на рисунке 1. Каждый из образов можно закодировать, например, 00, 01, 10, 11, и на выходе у нас получится одно из этих значений. Соответственно наша сеть выполняет классификацию образов, далее необходимо подобрать весовые коэффициенты так, чтобы среди всех  $\alpha$  только одна превращалась в 1, а остальные в 0.

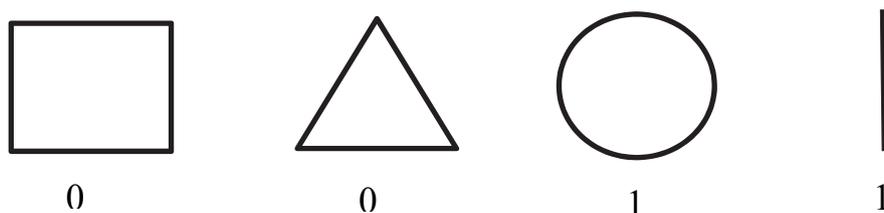


Рисунок 1 – Фигуры на выходе

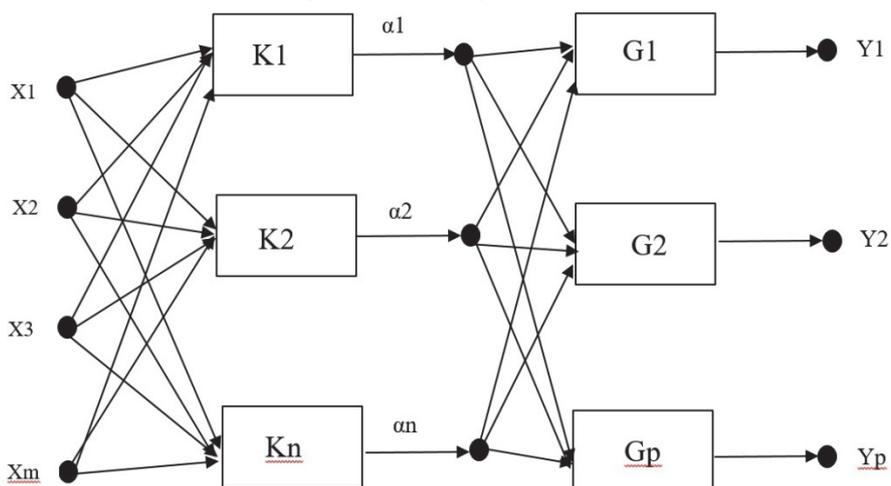


Рисунок 2 – Схема CPN

На рисунке 2 представлена сеть встречного распространения.

Слой Кохонена работает по принципу «winner takes it all», а именно для входного вектора X только один нейрон Кохонена выводит на выходе 0, а остальные выводят 1.

Сигмовидная активационная функция слоя Кохонена

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

$$\alpha_i = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{j=1}^m x_j \cdot w_{ij}}}$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{1 + e^{-(x_1 \cdot w_{11} + x_2 \cdot w_{12} + x_3 \cdot w_{13} + \dots + x_j \cdot w_{1j})}}$$

Когда слой Кохонена функционирует так, что только один выход равняется единице, а остальные нулю, тогда каждый нейрон слоя Гросберга выдаёт значение веса, связывающего этот нейрон с единственным нейроном, выход которого не равен 0.

Линейная активационная функция слоя Гросберга

$$y_i = \sum_{j=1}^k z_{ij} \cdot \alpha_j$$

$$y_1 = z_{11} \cdot \alpha_1 + z_{12} \cdot \alpha_2 + z_{13} \cdot \alpha_3 + \dots + z_{ij} \cdot \alpha_i$$

На рисунке 3 приведена обобщённая иерархия классов CPN нейронной сети. Есть три базовых класса Neuron, Layer, NetCPN. Все другие считаются производными от них.

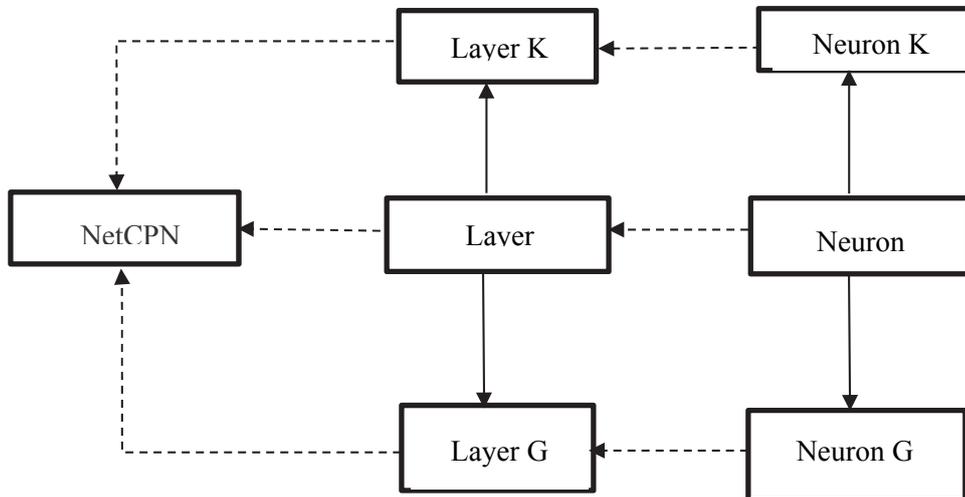


Рисунок 3 – Схема иерархии классов CPN сети

На рисунке 4 представлена схема иерархии сети радиальной базисной функции.

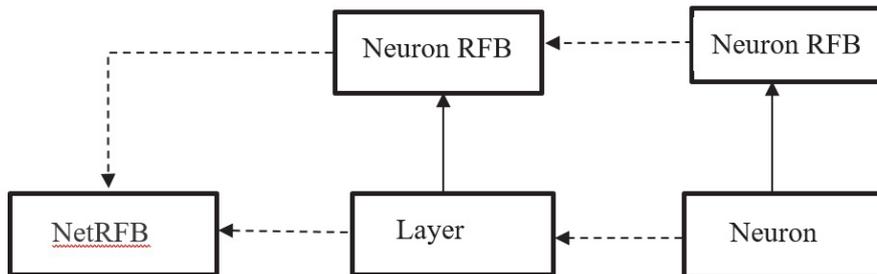


Рисунок 4 – Схема иерархии классов сети радиальной базисной функции

На рисунке 5 представлена схема иерархии классов сети MLP (Multilayered perceptron – многослойный перцептрон).

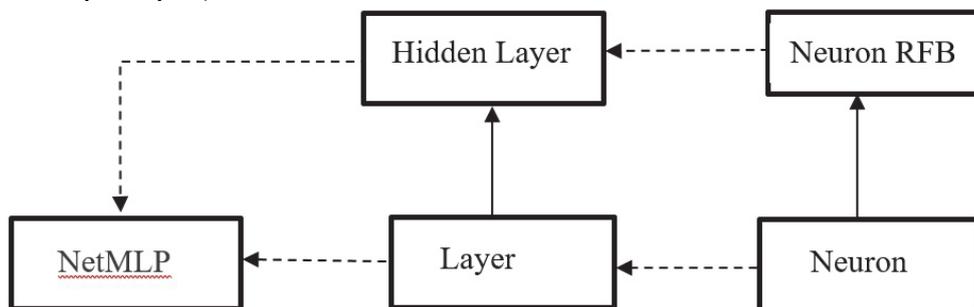


Рисунок 5 – Схема иерархии классов сети MLP

В ходе эксперимента были обучены CPN, MLP и RBF нейронные сети. В качестве обучающей выборки были использованы сигнатуры следующих атак: DoS-атака, xmas, smurf, idle, xss, sql инъекции, FTP bounce сканирование, syn.

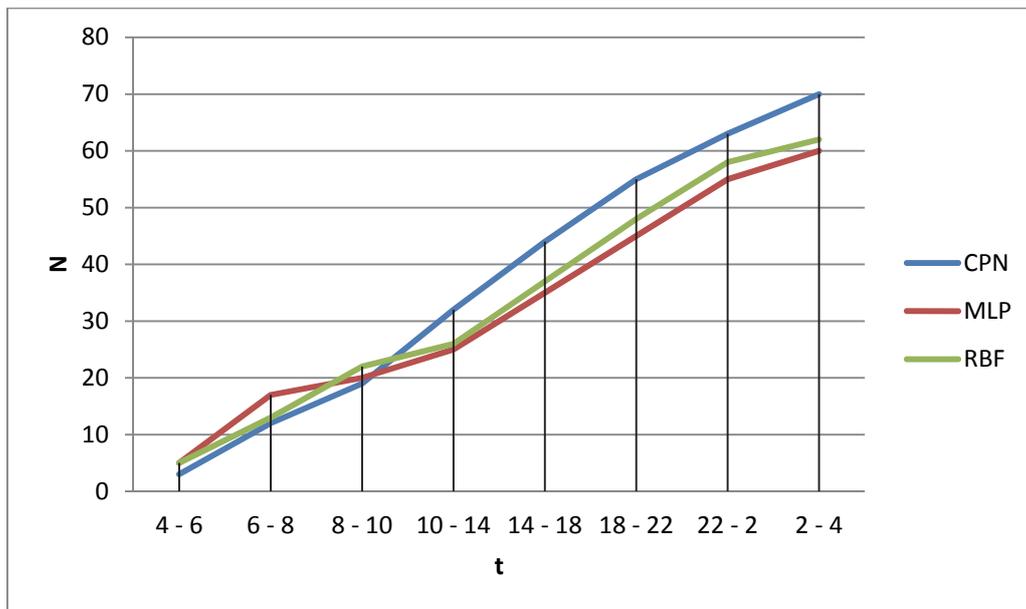


Рисунок 6 – Классификация реального трафика

### Заключение

Проведенный анализ позволил выявить, что CPN нейронные сети позволяют оценить количество уязвимостей в трафике наиболее точно, хотя были выявлены не 100% уязвимостей, которые присутствовали в выборке. Расхождения были связаны с недостаточной обучающей выборкой и присутствием уязвимостей, не подаваемых на вход при обучении нейронной сети.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Богачев А.А., Батулин М.А., Трещев И.А. О подходе к созданию единой информационной системы аттестованных по требованиям информационной безопасности объектов : - Производственные технологии будущего: от создания к внедрению материалы международной научно-практической конференции, г. Комсомольск-на-Амуре / редкол.: С.В. Белых (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2017. – С 30-34.

2 Трещев И.А. Многомерные пространства дискреционных моделей доступа. : - Производственные технологии будущего: от создания к внедрению материалы международной научно-практической конференции, г. Комсомольск-на-Амуре / редкол.: С.В. Белых (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2017. – С. 154-160.

3 Трещев И.А., Григорьев Я.Ю. Обеспечение информационной безопасности в распределенных информационных системах на удаленных рабочих В сборнике: Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 309-312

4 Ложников К.А., Трещёв И.А. Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных, 2021. С. 284-287.

УДК 658.5.012.7, 666.3/.7

Маслова Екатерина Валерьевна; Maslova Ekaterina Valerevna  
Харитонов Дмитрий Викторович, доктор технических наук, доцент;  
Kharitonov Dmitry Viktorovich

Анашкина Антонина Александровна, кандидат технических наук; Anashkina Antonina Aleksandrovna,  
Грошев Алексей Валерьевич; Groshev Aleksey Valerevich

АО «ОНПП «Технология» им. А. Г. Ромашина»

Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева

## **РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ПРОГРАММНО-АППАРАТНОМ УПРАВЛЕНЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ, ИНТЕГРИРОВАННОМ В ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

### **DEVELOPMENT OF PRODUCTION DATA ANALYSIS TOOLS IN THE SOFTWARE AND HARDWARE MANAGEMENT COMPLEX INTE-GRATED IN THE PRODUCTION OF CERAMIC PRODUCTS**

Аннотация. Для управления качеством керамических изделий со сложной технологической цепочкой изготовления требуется постоянный контроль всех производственных параметров. Для осуществления оперативного контроля необходима автоматизированная система, которая будет указывать на повышенный уровень технологических потерь и своевременно выявлять сбои. Данная работа посвящена разработке и внедрению инструментов статистического анализа производственных данных в программно-аппаратный управленческий комплекс.

Abstract: To control the quality of ceramic products with a complex technological chain of production, constant monitoring of all production parameters is required. For the implementation of operational control, an automated system is needed, which will indicate an increased level of technological losses and timely identify failures. This work is devoted to the development and implementation of tools for statistical analysis of production data in the software and hardware management complex.

Ключевые слова: керамические изделия, автоматизированная система, технологические потери, статистический анализ.

Keywords: ceramic products, automated system, technological losses, statistical analysis.

Перед современными предприятиями Оборонно-промышленного комплекса России (ОПК) стоит ряд проблем, связанных с постоянно растущей сложностью продукции и повышением технических требований и качеству к самим изделиям при одновременном росте объемов продукции.

В настоящий момент основными конструкционными материалами для радиопрозрачных изделий ОПК являются керамика и ситаллы. Данные материалы имеют неплохие механические характеристики, обладают низкой теплопроводностью и высокой термостойкостью. Однако производство изделий из этих материалов включает целый ряд самостоятельных технологических операций, таких, как приготовление водного шликера, формование оболочек, сушка и обжиг, механическая обработка, герметизация, сборка с металлическим шпангоутом [1-2].

Во многих многостадийных и многофакторных технологических процессах, в том числе и получения керамических изделий существенное влияние оказывают первичные стадии изготовления изделий. Так в работе [3] с помощью инструментов бережливого производства было показано, что 95 % всех выявляемых критических дефектов возникает на предыдущих участках (операциях). Одновременно к сложности ситуации добавляется и длительность изготовления изделий, т.к. заложенный на ранней стадии дефект, обнаруживается только на операции механической обработки. При этом до этого момента не выявлена и не устранена причина образования данного дефекта, в связи с чем продолжается изготовление заведомо бракованных изделий.

Для управления качеством керамических изделий со сложной технологической цепочкой изготовления требуется постоянный контроль состояния оснастки и оборудования для их изготовления, используемого сырья, регулярные проверки навыков и знаний ответственных исполнителей, и как результат выявление параметров, ответственных за выход в брак изделий.

Таким образом в условиях современного мира одним из эффективных методов решения вышеописанных проблем является внедрение автоматизированных систем, позволяющих накапливать производственные данные, анализировать и своевременно выявлять аномалии и сбои в технологические цепочки изготовления изделий и предлагать возможные варианты решения сложившейся проблемы.

Одним из примеров такой системы является программно-аппаратный управленческий комплекс, который внедрен при автоматизации технологических процессов производства мелко-серийной наукоемкой продукции из керамических материалов в АО «ОНПП «Технология» им.А.Г.Ромашина» [4]. Данный комплекс ведет автоматизированный учет и маркировку каждой единицы изготавливаемого изделия с фиксированием его технологических параметров. Однако в последствии статистический анализ с указанием на источник основных производственных потерь в разрезах по технологическим параметрам, исполнителям, оборудованию и пр., приходится проводить «вручную» после выгрузки из комплекса сформированных отчетов. Такой подход имеет существенный недостаток – несвоевременность получения результатов статистического анализа и, как следствие, принятия необходимых мер для снижения технологических потерь, поэтому требовалось разработать инструменты для оперативного статистического анализа

Перед началом работы были проанализированы объем и порядок сбора производственных данных, в результате чего были выявлены ряд недостатков, которые были устранены.

Изначально один и тот же дефект можно было назвать различными способами, т.к. регистрация брака проводилась вручную. Для исключения данного нюанса был разработан единый классификатор брака без возможности добавления новых наименований дефектов. Дополнительно в базу данных добавилась информация о расположении дефектов.

До начала работы некоторые технологические операции изготовления изделий были представлены в ПАУКе укрупненно, так что не все исполнители технологических операций могли отметить факт выполнения своей работы. Технологические маршруты были откорректированы так, что длительные операции были разделены на части, добавлены пропущенные операции, удалены лишние, откорректированы названия операций.

Необходимо было расширить объем количественных и номинальных параметров изготовления изделия, на основании которых в дальнейшем формировались электронные журналы операций. Наибольшее количество значимых параметров имеют операции приготовления шликера (партия и производитель сырьевого материала, значения параметров готового шликера: плотность, вязкость, рН и пр.) и формования заготовок (сборка формовых комплектов, заливка шликера, разборка формового комплекта, извлечение и сушка заготовки). Значения тех или иных параметров из журналов операций входят в таблицы анализируемых данных, предназначенные для дальнейшего применения алгоритмов статистического анализа данных.

Разработка, тестирование и применение алгоритмов проводилось в программе Excel с функциями автоматизированного статистического анализа данных. В дальнейшем они были перенесены ПАУК. Ключевые из разработанных алгоритмов (элементов) статистического анализа данных:

- Построение явных зависимостей процента брака от значений количественных параметров технологических процессов.

- Формирование «правильных» фоновых выборок с использованием принципов варьирования исходных данных для статистически достоверного сравнения анализируемого варианта с другими.

- Расчет статической достоверности различий между использованием анализируемого варианта и всех остальных с использованием критерия Хи-квадрат и выявление аномально отличающихся вариантов.

- Расчет изменения процента брака с использованием анализируемого варианта относительно фонового уровня и построение графиков изменения этой функции с течением времени.

Виджеты — практически значимые инструменты статистического анализа производственных данных, позволяющие принимать решения для снижения производственных потерь. Примеры внедренных инструментов вывода результатов статистического анализа производственных данных приведены на рис.1-6

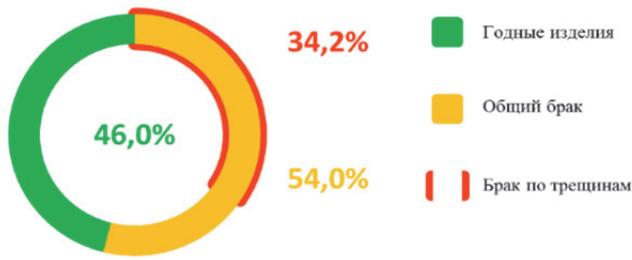


Рисунок 1 – Структура брака.

- Кольцевая диаграмма «отдельный вид брака – общий брак – годные изделия»
- Полная диаграмма структуры брака (кольцевая или древовидная)

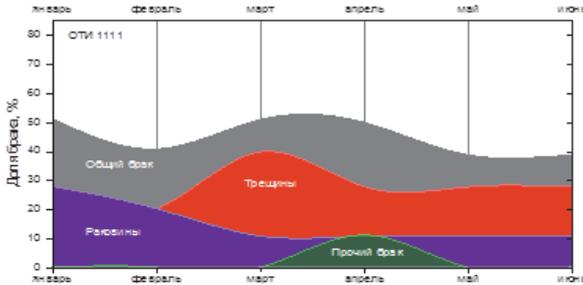


Рисунок 2 – Изменение долей брака во времени.

- График изменения доли интересующего вида брака во времени
- Штабельная диаграмма изменения долей основных (3–4) видов брака во времени



Рисунок 3 – Поиск дат изменения технологии.

- Выявление даты, когда могли произойти изменения в производстве, приведшие к радикальному увеличению или уменьшению брака

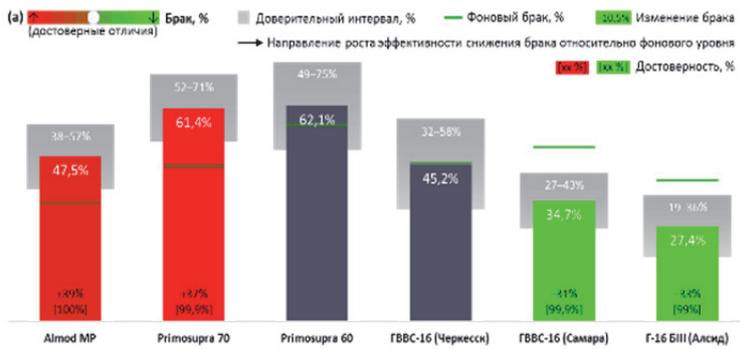


Рисунок 4 – Выявление аномальных вариантов выполнения операций.

- Выявление лучших и худших вариантов производства с расчетом достоверности отличия (от 80 до 99,9%) от остальных вариантов. Например, выявление наиболее лучших марок гипса для изготовления форм для литья (выделены зеленым цветом).



Рисунок 5 – Оценка влияния человеческого фактора.

- Выявление влияния человеческого фактора при выполнении технологической операции на процент брака (красный цвет — увеличение брака, зеленый — снижение)

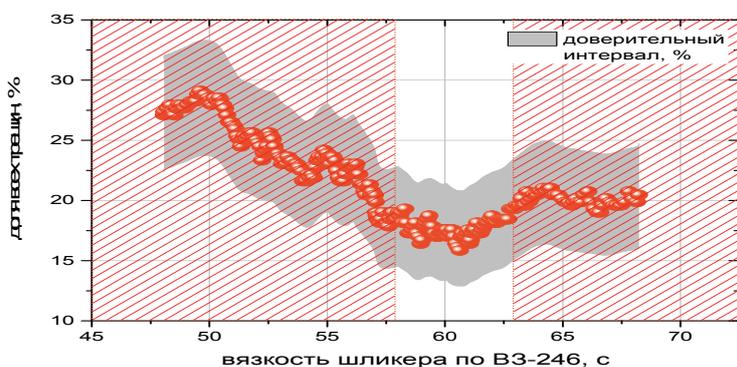


Рисунок 6 – Оптимизация количественных параметров технологии.

- График % брака для определения значений параметра, снижающих брак изделий, по положению минимума (например, определение оптимальной вязкости, pH и продолжительности стабилизации шликера для снижения брака по трещинам)

После усовершенствования инструментов сбора данных в ПАУК по технологическим параметрам изготовления изделий, разработки алгоритмов статистического анализа производственных данных и внедрения инструментов вывода результатов для получения оперативной информации о текущем состоянии производства удалось снизить технологические потери на 20%.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Суздальцев. Е.И. Материалы антенных обтекателей// Все материалы. Энциклопедический справочник. - 2006. - № 3. С. 18-29.
- 2 Пивинский. Ю.Е., Суздальцев. Е.И. Кварцевая керамика и огнеупоры. Том. 1. Теоретические основы и технологические процессы: Справочное издание /М.: Теплоэнергетик. - 2008. - 672 с
- 3 Харитонов Д.В., Беляков А.В., Анашкин Д.А. Применение инструментов «бережливого производства» для оптимизации выпуска мелких серий изделий из стеклокерамики. 2. Поиск «узких мест» устоявшегося технологического процесса// Новые огнеупоры. 2017.№ 12. С. 20-26.
- 4 Патент 2699330. Российская Федерация, МПК G05B19/00, G06F 9/00, G06F13/00. Программно-аппаратный управленческий комплекс, интегрированный в производство керамических изделий: № 2018139120: заявл.06.11.2018: опубл.04.09.2019 / Харитонов Д.В., Грошев А.В., Анашкина А.А., Русин М.Ю., Хамицаев А.С. – 11 с.

УДК 005

Москалец Георгий Вадимович, студент; Moskalets Georgy Vadimovich  
Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## О AGILE И КАСКАДНЫХ МЕТОДОЛОГИЯХ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

### ABOUT AGILE AND CASCADE SOFTWARE DEVELOPMENT METHODOLOGIES

Аннотация: В работе рассматриваются Agile и каскадные методологии разработки программного обеспечения.

Annotation: The paper deals with Agile and waterfall methodologies of the software design.

Ключевые слова: Agile, каскадные методологии, рынок IT.

Keywords: Agile, waterfall methodologies, IT market.

#### Введение

В 1970 г появилась первая методология из каскадных это Waterfall, или «водопад».

Waterfall можно также назвать проектным методом, отличающимся хорошими показателями, но при этом низкой гибкостью. А так как в современном мире важно иметь возможность быстро изменяться и быть гибким стали появляться гибкие методы, то есть Agile методы.

#### История и различия методологий

Agile методы в целом признаны более успешными в области IT чем каскадные методы такие как Waterfall.

Согласно каскадному подходу необходимо вести разработку программного обеспечения сверху вниз предусмотрев при этом на этапе проектирования всевозможные «подводные камни». У методов Agile ключевая особенность заключается в том, что предвидеть всего невозможно и

поэтому гораздо лучше быть как можно более «гибким» и готовым к изменениям. Из-за этого возникает различный подход к решению задачи, если в каскадных методах всё начинается с тщательного планирования и поэтапной разработки, при этом после прохождения одного этапа нельзя вернуться к нему и из-за этого цена ошибки очень велика.

В Agile процесс разработки начинается сразу и идёт короткими циклами-итерациями, которые длятся гораздо меньше чем у каскадных методов и из-за их частоты цена ошибки гораздо меньше.

Каскадная методология «вдохновлена» другими инженерными направлениями. Если бы такой подход использовался в IT, то телефоны выходили бы без программного обеспечения, так как перед его использованием надо было бы опробовать, протестировать и отладить.

Второе сильное различие заключается в «бюрократии» каскадных методологий. В каскадных методах требуется много документации для проекта, а методы Agile стремятся больше концентрироваться на общении с «пользователем», то есть главное это не написать как можно более подробную инструкцию по программе, а сделать пользователя и заказчика «счастливыми».

Третье значимое отличие команда по проектному методу должна быть компетентна в той области в которой ведётся разработка, но из-за быстрого развития технологий в новых областях нет компетентных людей, что приводит к идее - Agile методы более приспособлены для проектов-первопроходцев.

#### **Заключение**

Подводя итог отметим - нет идеальных методов, то есть все методы созданы для решения своего круга проблем. Проектный метод разработки ПО был организован во времена, когда программирование использовалась в тех областях где была доказана его эффективность, а Agile стоит рассмотреть, как эволюционное развитие методов разработки ПО, поэтому эти методы гораздо лучше приспособлены к рынку разработки ПО.

Но ещё нужно отметить что для каждой ситуации и компании подходят свои методы разработки ПО, поэтому каждая компания должна сама определить те методы и технологии, которые лучше всего подходят для них в данный момент.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Трещёв, И. А. О подходе к проектному обучению студентов в вузе / И. А. Трещёв // Производственные технологии будущего от создания к внедрению : материал. конф. / Комсомольский-на-Амуре государственный университет. – Комсомольск-на-Амуре : Производственные технологии будущего от создания к внедрению, 2017. – С. 159-164.

2 Лошманов, А. Ю. Проблема выбора методологии разработки информационной системы вуза / А. Н. Петрова, А. В. Еськова, А. Ю. Лошманов // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №2. – С. 534.

УДК 004.414.23

Москалец Георгий Вадимович, студент; Moskalets Georgy Vadimovich

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В UNITY, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ VUFORIA И МАРКЕРОВ ARUCO**

#### **AUGMENTED REALITY DESIGN EXPERIENCE IN UNITY, USING VUFORIA AND ARUCO MARKERS**

Аннотация. В работе рассматриваются возможности быстрого создания AR проекта без разработки исходных текстов в среде Unity.

Abstract. The paper discusses the possibilities of quickly creating an AR project without coding in the Unity.

Ключевые слова: Unity, Vuforia, маркеры ArUco, дополненная реальность.

Keywords: Unity, Vuforia, ArUco markers, augmented reality.

## Введение

Сегодня повсеместно внедряются технологии дополненной и виртуальной реальности. Существует множество различных инструментов для моделирования объектов и задания дополнительных свойств для них. В работе используются следующие:

1. Vuforia Engine AR версия 9.8.8
2. Unity версия 2020.3.13f1
3. ArucoUnity версия 1.2.0
4. Android версии 7.0 и выше

## Запуск проекта в Unity

Для начала был собран макет проекта из бесплатных ассетов импортированных в проект из Asset Store. Используя репозиторий на GitHub был сгенерирован ArUco маркер, а на сайте Vuforia загружено изображение ArUco маркера и после преобразования и получения файлов с сайта выполнен импорт в Unity.

В итоге на рисунке 1 мы видим слева импортированное изображение ArUco маркера.

С помощью Vuforia и вебкамеры ноутбука ArUco маркер распознаётся в реальности и на его месте существует возможность разместить макет.

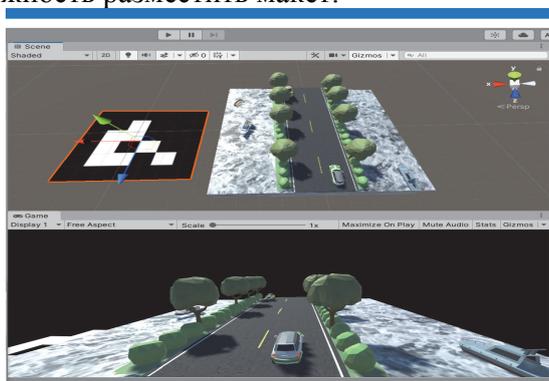


Рисунок 1 – Проект состоит из маркера ArUco и 3D макета

На рисунке 2 маркер находится под проектом.

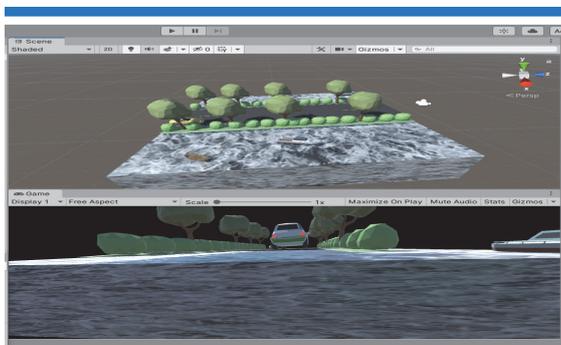


Рисунок 2 – Проект в сборе

Рисунок 3 иллюстрирует запуск проекта с размещенным в вебкамере распечатанным изображением маркера, после распознавания на нём отображается 3D модель макета.

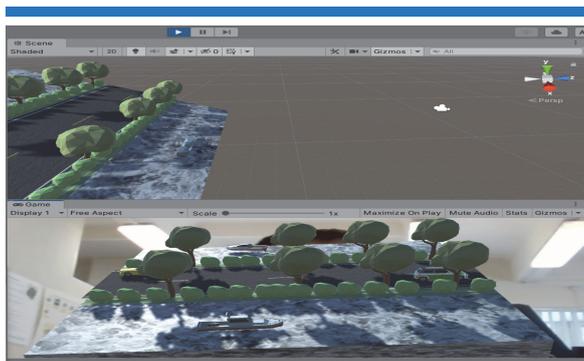


Рисунок 3 – Проект во время запуска и распознаёт ArUco маркер через вебкамеру

Рисунок 4 иллюстрирует распечатанный маркер.

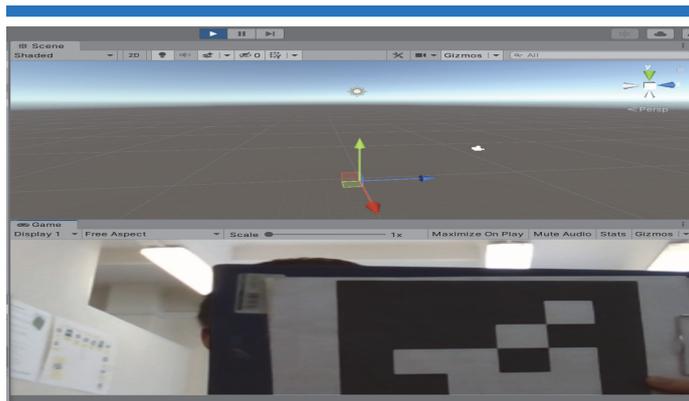


Рисунок 4 – Запущенный проект с выключенным макетом

В заключение был создан с помощью Unity APK проект, перенесен на телефон и отображен дополнив распечатанный макет, на рисунке 5 приведен скриншот с телефона, где наглядно отображен перенос проекта на стол.



Рисунок 5 – Проект при запуске на Android

### Заключение

Благодаря доступности Unity, Vuforia и ArucoUnity создание проектов содержащих дополненную реальность проводится быстро и не требует дополнительных затрат. Использование AR позволяет осуществить быстрый переход к прототипированию. Дальнейшие исследования необходимо проводить в области позиционирования объектов, задания сцен и перенос их на реальные объекты, автоматической калибровке и определению положения объектов в пространстве.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Normand Ervan Create Markers / Normand Ervan // ArucoUnity. – 2019. – URL: <https://normanderwan.github.io/ArucoUnity/manual/create-markers.html> (дата обращения: 02.12.2021).

2 developer.vuforia.com : Официальный сайт Vuforia ; сайт. –URL: <https://developer.vuforia.com/> (дата обращения: 02.12.2021).

3 Трещёв, И. А. Программирование для мобильных платформ. Android : учеб. пособие / И. А. Трещёв. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГУ», 2020. – 138 с.

4 Лошманов, А. Ю. Разработка приложений для мобильных устройств / В. А. Дудин, А. Ю. Лошманов // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материал. конф. / Комсомольский-на-Амуре государственный университет. – Комсомольск-на-Амуре : Научно-техническое творчество аспирантов и студентов, 2015. – С. 188-190.

УДК 621.9:519.8

Обухов Семён Алексеевич, студент; Obukhov Semyon Alekseevich

Черемухин Дмитрий Николаевич, студент; Cheremukhin Dmitriy Nikolaevich

Дальневосточный федеральный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ДОСТИЖЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ ПРИ ПРОИЗВЕДЕНИИ ТРАНЗАКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИПТОВАЛЮТ

### RESEARCHING METHODS OF ACHIEVING CONFIDENTIALITY WHEN PERFORMING TRANSACTIONS USING CRYPTOCURRENCIES

Аннотация. Представленная работа посвящена проблемам защиты личной информации при проведении транзакций с использованием криптовалют. Рассматриваются методы, позволяющие обезопасить пользователей от угрозы деанонимизации мошенниками, закрыть доступ к информации об истории операций кошелька. Для понимания необходимости развития методов защиты информации в статье также рассматриваются уязвимости стандартной системы проведения транзакций.

Abstract. Presented work is dedicated to the personal information security problems in carrying out cryptocurrency transactions. It examines methods allowing to secure users from deanonymizing by scammers and to deny access to the information about profile operations history. To understand the inevitability of security methods' evolutions the work also examines vulnerabilities of original transactions system.

Ключевые слова: конфиденциальность, данные, защита информации, непротслеживаемость, анонимность, пользователь, монета, транзакция, криптография, криптовалюта.

Keywords: confidentiality, data, information security, untraceability, anonymity, user, coin, transaction, cryptography, cryptocurrency.

Транзакции с использованием криптовалют подразумевают безопасность, или, что равнозначно, *приватность*. Если приватность нарушается третьей стороной, то с использованием полученных данных можно установить причастность транзакций к определённым пользователям, что может привести к неблагоприятным последствиям.

В понятие приватность входит две составляющие: *непротслеживаемость* и *анонимность*. Первая из них подразумевает невозможность отнести действия к определённому пользователю в сети, последняя – невозможность достоверно определить личность владельца кошелька. Самая простая реализация биткоин-кошелька предполагает приватность, однако с некоторыми *условностями*. [3] Анонимность, присутствующая в Биткоине, слишком уязвима – если хотя бы один адрес, через который прошла транзакция, был скомпрометирован, существует опасность определения личности пользователя. Не достигается также и непротслеживаемость, поскольку граф транзакций слишком простой и позволяет узнать слишком много данных.

Обычно при оплате Биткоином приватность пользователя зависит от контрагентов, которые представляют собой вершины графа транзакции. *Первый* контрагент знает источник монеты, *последний* – пункт её назначения. Несмотря на то, что контрагентам неизвестно их положение в графе, при переводе транзакции производится набор *метаданных*, которые могут выдать личность пользователя – характер сделки, данные о кошельке, данные о нахождении пользователя и другие. [4] Для каждого нового платежа существует возможность создать новый адрес пользователя, однако если с разных адресов поступают одинаковые метаданные, то становится очевидно, что их производит один кошелек.

Таким образом, возникает вопрос, какие данные о транзакции необходимо защитить или скрыть в первую очередь, чтобы обеспечить приватность. Во-первых, необходимо достичь *взаимозаменяемости* передаваемых монет, то есть скрыть историю их происхождения. Ведь если у одной группы пользователей передаваемые монеты будут отличаться от таковых у другой группы, *анонимность* одного пользователя будет проще нарушить. Несмотря на то, что в Биткоине достигается взаимозаменяемость, некоторые продавцы могут анализировать принимаемые монеты и по их истории определять, следует ли отклонить транзакцию или нет. Во-вторых, необходимо скрывать *IP* адреса пользователей, что обычно достигается с помощью различных сетевых

протоколов. Наконец, очень важно защитить сумму перевода и адреса отправителя и получателя в теле транзакции. Для этого используются методы *запутывания* графов.

### ПРИВАТНОСТЬ ДАННЫХ В ВАРИАНТАХ МЕТОДА COINJOIN

*CoinJoin* является самым простым методом из рассматриваемых в этой статье. Он получил несколько вариантов развития, повышающих приватность пользователя, которые будут рассмотрены далее. Основой же стандартного *CoinJoin* является объединение нескольких транзакций в одну, вследствие чего происхождение монет в каждой из них становится *неоднозначным*. [2]

Для этого формируется группа из нескольких несвязанных пользователей, которая одновременно совершает несколько платежей. Каждый пользователь создаёт единственную транзакцию, которая направлена, например, в интернет-магазин, при этом у каждого пользователя магазин свой. В этом случае создаётся транзакция с  $n$  входов, по одному от каждого пользователя, и столько же выходов, плюс  $n$  выходов для сдачи, если она потребуется. Выходы транзакции располагаются в *случайном* порядке. Пользователи проверяют наличие в этой транзакции своих магазинов и подписывают соответствующие входы. Пример работы метода представлен на рисунке 2.1.1.

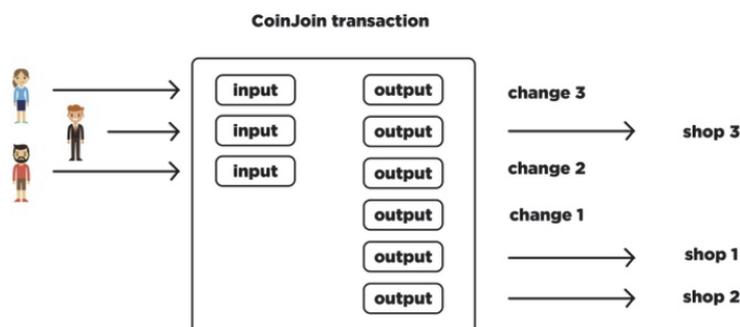


Рисунок 2.1.1 – Транзакция методом *JoinCoin*

На рисунке выше транзакция состоит из платежей трёх пользователей, однако на практике *CoinJoin* может быть использован для десятков кошельков. Если в графе обычных транзакций каждая вершина имеет один или два выхода, граф транзакций *CoinJoin* подразумевает множество рёбер для каждой транзакции, и такой граф намного запутаннее и сложнее для анализа, чем обычный. Монета, прошедшая через цепочку таких транзакций, имеет тысячи возможных вариантов происхождения.

Модификация *Chaumian CoinJoin* задействует централизованного оператора и использует слепую подпись. В этом варианте входы и выходы общей транзакции *перемешиваются* оператором, после чего составляется конечная транзакция. Пользователь отправляет оператору подготовленный адрес входа, где тратятся монеты, адрес для получения сдачи и адрес для отправки платежа. Чтобы данные не были скомпрометированы, адрес отправки предварительно *ослепляется* подписью закрытым ключом. Оператор подписывает выходной адрес только после проверки входа и суммы платежа, после чего пользователь расшифровывает свои данные и уже анонимно передаёт подписанный выходной адрес. После того, как все пользователи выполнили необходимые действия, оператор знает и адреса, с которых списываются монеты, и адреса, на которые монеты переводятся, однако не может выставить между ними соответствие.

Рассмотренная модификация позволяет защитить запутанные транзакции, построенные в стандартном *CoinJoin*, от *деанонимизации*. Однако существует опасность того, что один или несколько пользователей являются недобросовестными, и пытаются нарушить процесс создания транзакции в своих целях.

### ДРУГИЕ МЕТОДЫ: CONFIDENTIAL TRANSACTIONS

Особенность метода является в полном сокрытии фактических сумм на входах и выходах транзакции, вместо этого для третьих лиц предоставляется информации о сумме всех входов, чего достаточно для подтверждения транзакции. [1] В методе СТ используется криптографический алгоритм доказательства без разглашения секрета, а именно *Petersen Commitment*, базирующийся на эллиптических кривых. Возможна также проверка неотрицательности переводимой суммы, однако он требует больших объёмов вычислительных ресурсов.

Для дополнительного запутывания происхождения монет используется метод *Ring Confidential Transactions*, в котором используются кольцевые подписи. В нём пользователь ссылается одновременно на несколько выходов и с помощью подписи доказывает принадлежность монет одного из них, при этом конкретный адрес остаётся неизвестным.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были рассмотрены несколько методов повышения приватности транзакций с использованием криптовалюты. *Confidential Transactions* теоретически могут использоваться в Биткоине, однако на практике их реализация ещё не произошла из-за требований к вычислительным ресурсам. Однако некоторые другие системы транзакций используют как СТ, так и RCT, например, в протоколе *CryptoNote*. Метод *CoinJoin* используются как в Биткоине, так и в других криптовалютах, поскольку взаимодействия происходят не только конфиденциально, но и быстро, формирование транзакции *Chaumian CoinJoin*, например, возможно произвести менее чем за минуту при нормальных условиях.

Рассмотренные методы также можно *дополнить* различными модификациями, позволяющими исправить уязвимости или недостатки *CoinJoin* или СТ, например, необходимость присутствия оператора во время образования транзакции, необходимость использования различных сетей анонимизации трафика, открытый расчёт адресов. Для этого используются методы *CoinShuffle*, *Stealth Addresses* и другие.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Adam Back. What are confidential Transactions, September 2019. URL: <https://www.weusecoins.com/adam-back-confidential-transactions/>. - 9.02.2022

2 CoinJoin explained, Mycryptopedia, February 1, 2019. URL: <https://www.mycryptopedia.com/coinjoin-explained/>. - 8.02.2022

3 Satoshi Nakamoto. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Technical Report, 2008. URL: <https://nakamotoinstitute.org/bitcoin/> -11.02.2022

4 Sandeep Kumar Panda, Ahmed A. Elngar, Valentina Emilia Balas. Bitcoin a P2P Digital Currency. CRC Press, July 2021 URL: [https://www.researchgate.net/publication/353479604\\_Bitcoin\\_and\\_Blockchain](https://www.researchgate.net/publication/353479604_Bitcoin_and_Blockchain) - 10.02.2022

УДК 004.056.5

Подоба Никита Евгеньевич, студент; Podoba Nikita Evgenievich

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich

Карпова Нина Георгиевна, руководитель исследовательского отдела Zriha Hlavin Industries Ltd;

Karpova Nina Georgievna,

Zriha Hlavin Industries Ltd, Израиль

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ОБ ИТЕРАЦИОННОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПО КАНАЛУ НАВОДОК НА ЦЕПИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ

#### ON THE ITERATIVE APPROACH TO THE ASSESSMENT OF PROTECTION ON THE CHANNEL OF INTERFERENCE ON THE POWER SUPPLY AND GROUND CIRCUITS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию итерационного подхода к оценке защищённости по каналу наводок на цепи электропитания и заземления. Проанализирована опасность утечки информации по данному каналу.

Abstract. This work is devoted to the study of an iterative approach to assessing the security of the pickup channel on the power supply and ground circuits. The risk of information leakage through this channel has been analyzed.

Ключевые слова: техническая защита информации, утечка информации, наводки на цепи электропитания и заземления.

Keywords: technical protection of information, information leakage, induction on the power supply and grounding circuits.

## Введение

Техническая защита информации является основой обеспечения защиты информации. Способов перехвата с каждым годом становится всё больше, а следовательно, и требований к обеспечению безопасности информационных систем.

Одним из подходов к анализу излучаемых сигналов является итерационный подход. Его мы и рассмотрим в данной работе, а в качестве объекта исследования послужат сигналы, излучаемые по каналу наводок на цепи электропитания и заземления от ПЭВМ с монитором в составе.

## Описание установки

В качестве лабораторного стенда использовалось следующее оборудование:

- 1) Селективный микровольтметр SMV 8.5;
- 2) Приложение VideoDVI на ОТСС;
- 3) Пробник напряжения СРФ-1;
- 4) Линия электропитания.

Схема установки продемонстрирована на рисунке 1

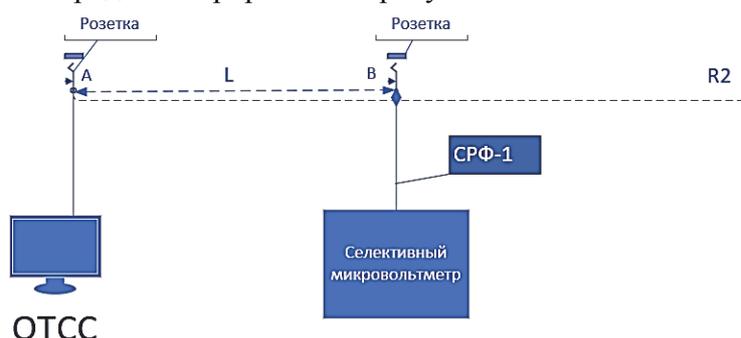


Рисунок 1 – Схема установки

## Расчетная часть методики

Расчетная часть методики включает в себя измерение значений смеси сигнала и шума  $U_{c+\text{ш}}$  и отдельно шума  $U_{\text{ш}}$  в точке А в месте подключения источника сигнала (в нашем случае ОТСС) к линии электропитания. Затем производится расчёт уровня начального сигнала  $U_c$  в микровольтах по формуле (2) на всех найденных гармониках, входящих в диапазон частот от 9КГц до 300 МГц. Такие величины диапазонов измерений обусловлены техническими характеристиками используемых приборов. Перевод измеренных значений из дБ в мкВ производится по формуле:

$$U(\text{мкВ}) = 10^{\left(\frac{U(c+\text{ш})}{20}\right)}. \quad (1)$$

А вычисление величины информативного сигнала будем проводить по формуле:

$$U_c = \sqrt{U_{c+\text{ш}}^2 - U_{\text{ш}}^2}. \quad (2)$$

Такие же измерения проводятся в точке В на расстоянии L от места подключения ОТСС к линии для дальнейшего определения уровней сигнала  $U_c^*$  на всех гармониках по формуле.

$$U_c^* = \sqrt{U_{c+\text{ш}}^{*2} - U_{\text{ш}}^{*2}}. \quad (3)$$

Итерационный подход к оценке защищённости подразумевает последовательное увеличение расстояния L до тех пор, пока не будет достигнуто оптимальное отношение сигнал/шум, определённое неравенством:

$$0 \leq \frac{U_c^*}{U_{\text{ш}}^*} \leq 1, \quad (4)$$

где отношение равное единице подразумевает неразличимость сигнала на уровне шумов.

Когда оптимальное отношение для всех гармоник будет достигнуто, то максимальное полученное расстояние L будет считаться достаточным для обеспечения защиты информации от утечки по каналу наводок на цепи электропитания и заземления.

## Инструментальная часть методики

Далее применим итерационный подход к оценке защищённости по каналу наводок на цепи электропитания и заземления на практике. Измеренные значения напряжений на различных частотах показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы не автоматизированной обработки

Частота, МГц	$U_{c+ш}$ , дБ	$U_{ш}$ , дБ	$U_c$ , мкВ	$U_{c+ш}^*$ , дБ	$U_{ш}^*$ , дБ	$U_{ш}^*$ , мкВ	$U_c^*$ , мкВ	L, м
26	65	40	1775,47	37	37	70,79	70,79	5
38	49	38	270,41	35	35	56,23	56,23	7
50	41	30	107,65	30	30	31,62	31,62	10
62	48	35	244,81	32	32	39,81	39,81	5
74	37	25	68,52	24	24	15,85	15,85	8
86	36	24	61,07	22	22	12,59	12,59	7
98	35	24	53,95	22	22	12,59	12,59	7
110	34	22	48,51	21	21	11,22	11,22	7
178	25	18	15,91	17	17	7,08	7,08	5
246	21	17	8,70	15	15	5,62	5,62	4

Из таблицы делаем вывод, что для получения оптимального отношения сигнал/шум на всех гармониках сигнала было необходимо проводить измерения на максимальном расстоянии  $L_{max}=10$  м. Это означает, что полученное итерационным подходом расстояние, равно десяти метрам  $R = 10$  м.

#### Заключение

В ходе работы был рассмотрен итерационный подход к оценке защищённости по каналу наводок на цепи электропитания и заземления. Данная методика обеспечения защиты информации применима, но при этом она имеет существенный недостаток, а именно большую погрешность при определении границы.

Дальнейшие исследования будут связаны с поиском оптимального подхода к оценке защищённости информации.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трещёв, И.А. Анализ защищённости распределённых информационных систем: учеб. пособие / И.А. Трещёв – Екатеринбург : Общество с ограниченной ответственностью «Издательские решения», 2020. – 102 с.

2 Трещёв, И.А. Проектирование и защита информационных систем: учеб. пособие / И.А. Трещёв, Я.Ю. Григорьев – Екатеринбург : Общество с ограниченной ответственностью «Издательские решения», 2020. – 86 с.

УДК 681.3.06

Постникова Мария Владимировна, студент; Postnikova Maria Vladimirovna

Обласов Андрей Александрович, кандидат экономических наук, доцент;

Oblasov Andrey Aleksandrovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ

#### DIGITAL TRANSFORMATION

Аннотация. Работа посвящена исследованию проблем цифровой трансформации. Рассмотрен опыт цифровой трансформации современных предприятий.

Abstract. The work is devoted to the study of the problems of digital transformation. The experience of digital transformation of modern enterprises is considered.

Ключевые слова: цифровая трансформация, цифровизация, оцифровка.

Key words: digital transformation, digitalization, digitization.

В последние годы концепция цифровой трансформации стала популярной, и подавляющие комментарии СМИ заставляют людей думать, что «цифровая трансформация = информатизация = большие данные». Некоторые компании спланировали для этой цели множество информационных систем и на N лет разработали план цифровой трансформации. Дискуссионным остаётся вопрос - является ли цифровизация целью цифровой трансформации?

Цифровая трансформация предприятий заключается в использовании цифровых средств для достижения цели трансформации.

До революции в Интернете предприятия использовали ERP (Enterprise Resource Planning - организационная стратегия интеграции производства и операций) в качестве представителя для развертывания приложений в конце 1990-х годов, что обычно именовалось «информатизацией предприятия». С наступлением эры Интернета цифровая трансформация предприятия заменила информатизацию предприятия.

«Трансформация предприятия» означает общую трансформацию долгосрочного направления бизнеса, режима работы и соответствующих организационных методов, а также методов распределения ресурсов. Это процесс, в ходе которого предприятие усиливает свое конкурентное преимущество.

Преобразование предприятия - это цель, и для этого необходимо восстановить конкурентное преимущество, а цифровизация - это средство для достижения этой цели. Поэтому многие компании рассматривают цифровизацию как свое стратегическое направление.

В эпоху мобильного Интернета возможности распространения информации значительно расширились. В процессе покупки потребителей или клиентов подавляющее большинство действий - это сбор, обработка, сравнение и выдача инструкций информации. С помощью интернет-технологий клиенты вступили в эпоху цифровых технологий, что также означает, что рыночная среда интегрировалась в цифровую экономику. Это вынуждает компании переходить от «ориентированности на продукт» к «ориентации на потребителя», иначе они будут безжалостно устранены рынком. Это внутренний катализатор цифровой трансформации предприятий. Очевидно, что будь то информатизация в прошлом или цифровизация в настоящем, «трансформация» означает, что управление предприятием необходимо реформировать. В этом процессе стратегические вопросы несут основную тяжесть, потому что стратегия определяет бизнес-процесс и бизнес-решения. Нужно использовать цифровые данные. Следовательно, без четкой формулировки стратегии не может быть ни успешной «оцифровки», ни успешной «трансформации». В рамках четкой стратегии человеческий, финансовый, бытовой, маркетинговый, производственный, ИТ и другие функциональные секторы предприятия будут вносить изменения в бизнес-процессы, соответствующие стратегии, и, наконец, дополнять соответствующую цифровую конструкцию для достижения цели трансформации в целом.

Оцифровка не является целью предприятия, а трансформация - это неизбежный процесс развития предприятия до определенного периода времени. Сама по себе цифровизация не станет целью предприятия. Цель бизнес-операций – расширение масштабов и получение прибыли. Преобразование - это неизбежный процесс развития предприятия до определенного периода. Оцифровка - это только средство реализации. Что еще более важно, она включает в себя серьезные реформы в собственном бизнесе компании, затрагивающие процессы, организации и персонал. В процессе трансформации легче использовать цифровые технологии. Реструктуризация и оптимизация исходного бизнес-процесса, повышение эффективности работы и принятия решений.

В основе цифровизации лежат: сокращение затрат и повышение эффективности, которые полностью соответствуют целям бизнес-операций. Что касается ведущих изменений, модельных инноваций и т.д., нельзя ожидать слишком многого. Каждая отрасль имеет свою сущность. Эти сущности в основном неизменны. Цифровизация призвана повысить конкурентоспособность целых отраслей.

Оцифровка - это трудный путь, который предприятия должны пройти для развития и даже выживания. Для нынешней промышленной экосистемы характерно создание цифровых моделей, цифровых двойников. Пришла оцифровка, и компании больше не думают о её необходимости, а только о том, как она применяется. Для реализации эффективной цифровой трансформации следует сначала планировать глобально, а затем локально. Если есть глобальный план без мер по реализации, он может быть только на бумаге, без каких-либо последствий; если есть глобальный план и полностью реализован, проектный цикл, вероятно, будет слишком длинным, а длинный цикл усилит неопределенные факторы вызвано цифровой трансформацией, что повлияет на эффект от реализации проекта., приведя к провалу проекта. Поэтому цифровизацию следует планировать комплексно и начинать на локальном, местном уровне.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Oblasov, A.A. (2019) Information policy, strategic management of information security and problems of legislative regulation on the example of Komsomolsk-on-Amur, Khabarovsk region. *Advances in Economics, Business and Management Research*. DOI: [10.2991/iscde-19.2019.155](https://doi.org/10.2991/iscde-19.2019.155).

2 Oblasov, A.A. (2019). Delits and deviations in the system of factors forming a multicultural of a modern society. *Science and society*, 4, p. 233-238.

3 Treshchev, I.A. (Ed.) (2018). Organizational and legal support of information security. Yekaterinburg, Russia: Publishing solution.

4 Treshchev, I.A. (Ed.) (2019). Protected automated systems. Yekaterinburg, Russia: Publishing solution.

5 Usanov, G. I., Usanov, I.G. (2019). Improvement of Forms and Methods of Labour Potential Formation in Komsomolsk's Accelerated Economic Development Zone. *Advances in Economics, Business and Management Research*, 47, p. 1183 – 1185. DOI: [10.2991/iscfec-18.2019.265](https://doi.org/10.2991/iscfec-18.2019.265).

6 Hewlett Packard Enterprise. URL: <https://www.hpe.com/ru/ru/what-is/digital-transformation.html> (data accessed: 07.04.2021).

УДК 004.94

Пырин Олег Олегович, студент; Pyrin Oleg Olegovich

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich

## О ПОДХОДЕ К МОДЕЛИРОВАНИЮ МНОГОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВ ДИСКРЕЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДОСТУПА

### ON AN APPROACH TO MODELING MULTI-DIMENSIONAL SPACES OF DISCRETIONAL ACCESS MODELS

Аннотация. В работе рассмотрены для различных пространств некоторые операции, которые могут быть введены для формирования политики информационной безопасности автоматизированной системы. Приведены примеры и рассмотрено применение модели для случая трех измерений.

Abstract. In the work, for various spaces, some operations are considered that can be introduced to form the information security policy of an automated system. Examples are given and the application of the model for the case of three dimensions is considered.

Ключевые слова: уязвимость, атака, веб-приложение, информационная безопасность.

Keywords: vulnerability, attack, web-application, information security.

#### Введение

В работе [2] было предложено ввести многомерные пространства дискреционных моделей доступа как набор множеств, отображений и операцию, заданную на данных множествах, позволяющую отображать одну модель в другую и уточнять ее. Целью данной работы является уточнение введенной модели, для случая наличия более двух групп и введения новых операций.

#### Пример для нескольких измерений

Рассмотрим расширение модели для случая большего количества пользователей, разрешений и объектов, групп входящих в нее.

Пусть

$S = \{user, user2, \text{Администратор}, \text{АдминистраторДомена}\}$

$O = \{\langle C:\backslash windows \rangle, \langle C:\backslash temp \rangle, \langle C:\backslash folder \rangle, \langle C:\backslash domain \rangle\}$

$R = \{R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12\}$ , причем  $\forall r \in R, r \in \{0, 1\}$

$M = \{000000000000, 100000000000, \dots, 111111111110, 111111111111\}$ ,  $|M| = 4096$

$W = \{\langle C:\backslash windows \rangle, \text{Администратор}, \langle C:\backslash temp \rangle, user, \langle C:\backslash folder \rangle, user2, \langle C:\backslash domain \rangle, \text{АдминистраторДомена}\}$

Зададим

$Z = \{\langle C:\backslash windows \rangle, user, R2R3, \langle C:\backslash windows \rangle, user2, R3, \langle C:\backslash windows \rangle, \text{Администратор}, R1R2R3R4R5R6R7R8R9R10R11R12, \langle C:\backslash windows \rangle, \text{АдминистраторДомена}, R2R3R6R7R10, \langle C:\backslash temp \rangle, user, R1R2R3R4R5R6R7R8R9R10R11R12, \langle C:\backslash temp \rangle, user2, R2R3R4R5R6R7, \langle C:\backslash temp \rangle, \text{Администратор}, R2R3R4R5R6R7R10, \langle C:\backslash temp \rangle, \text{АдминистраторДомена},$

$R2R3R4R5R6R7R10)$ , («C:\folder»,user,»  $R3R4R5$ »), («C:\folder», user2,  $R1R2R3R4R5R6R7R8R9R10R11R12$ »), («C:\folder», Администратор,  $R2R3R4R5R6R7R10R11$ »), («C:\folder», АдминистраторДомена,  $R2R3R4R5R6R7R10$ ), { («C:\domain», user,  $R3$ ), («C:\domain», user2, « »), («C:\domain», Администратор,  $R2R3$ ), («C:\domain», АдминистраторДомена,  $R1R2R3R4R5R6R7R8R9R10R11R12$ ) }

Или, учитывая отображение  $M$

$Z = \{ («C:\windows», user, 011000000000), («C:\windows», user2, 001000000000), («C:\windows», Администратор, 111111111111), («C:\windows», АдминистраторДомена, 011001100100), («C:\temp», user, 111111111111), («C:\temp», user2, 011111100000), («C:\temp», Администратор, 011111100100), («C:\temp», АдминистраторДомена, 011111100100), («C:\folder»,user,» 001110000000»), («C:\folder», user2, 111111111111»), («C:\folder», Администратор, 011111100100), («C:\folder», АдминистраторДомена, 011111100100), { («C:\domain», user, 001000000000), («C:\domain», user2, 000000000000), («C:\domain», Администратор, 011000000000), («C:\domain», АдминистраторДомена, 111111111111) }$  (альтернативное представление более удобопредставимое в ЭВМ)

Соответственно  $Z$  можно задать при помощи таблицы, которую будем называть матрицей доступа пользователей см. табл 1.

Таблица 1 – Задание отношения  $Z$  в форме таблицы

	«C:\windows»	«C:\temp»	«C:\folder»	«C:\domain»
user	011000000000	111111111111	001110000000	001000000000
user2	001000000000	011111100000	111111111111	000000000000
Администратор	111111111111	011111100100	011111100100	011000000000
Администра- торДомена	011001100100	011111100100	011111100100	111111111111

Далее если  $G = \{ «Пользователи», «Администраторы», «Администраторы Домена» \}$ , и  $U = \{ («Пользователи»,user, user2), («Администраторы», Администратор, Администратор Домена), («Администраторы Домена», Администратор Домена) \}$

Можно построить  $Y$ :

$Y = \{ («C:\windows», Пользователи,  $R2R3$ ), («C:\windows», Администраторы,  $R2R3R6R7R10$ ), («C:\windows», Администраторы Домена,  $R2R3R6R7$ ), («C:\temp», Пользователи,  $R2R3R6R10$ ), («C:\temp», Администраторы,  $R2R3R6R10$ ), («C:\temp», Администраторы Домена,  $R2R3R6R10$ ), («C:\folder», Пользователи,  $R2R3R4R5R6$ ), («C:\folder», Администраторы,  $R2R3R4R5R6R7R8R10$ ), («C:\folder», Администраторы Домена,  $R2R3R4R5R6R7R8R10$ ), («C:\domain»,»Пользователи»,  $R2R3$ ), («C:\domain», Администраторы,  $R2R3R6R10$ ), («C:\domain», Администраторы Домена,  $R2R3R4R5R6R7R8R10$ )}$

Или в более удобной форме для представления в ЭВМ, так же с учетом  $M$

$Y = \{ («C:\windows», Пользователи, 011000000000), («C:\windows», Администраторы, 011001100100), («C:\windows», Администраторы Домена, 011001100000), («C:\temp», Пользователи, 011001000100), («C:\temp», Администраторы, 011001000100), («C:\temp», Администраторы Домена, 011001000100), («C:\folder», Пользователи, 011111000000), («C:\folder», Администраторы, 01111110100), («C:\folder», Администраторы Домена, 01111110100), («C:\domain»,»Пользователи», 011000000000), («C:\domain», Администраторы, 011001000100), («C:\domain», Администраторы Домена, 01111110100)}$

Поскольку в нашем случае группе Пользователи принадлежит сразу два субъекта и субъекту Администратор Домена ставиться в соответствие две группы Администраторы и Администраторы Домена, тогда измерение пространства будет определяться числом элементов  $G$  и будет равно трём. Соответственно  $Y$  можно задать при помощи трёхмерной таблицы, где в качестве измерения будут выступать элементы множества  $G$ . Если субъект не входит в группу, то будем считать, что права доступа на объект у него не заданы и при дальнейших расчётах соответствующие поля учитываться не будут (рис. 1).

Пользователи	«C:\windows»	«C:\temp»	«C:\folder»	«C:\domain»
user	011000000000	011001000100	011111000000	011000000000
user2	011000000000	011001000100	011111000000	011000000000
Администратор	*****	*****	*****	*****
АдминистраторДомена	*****	*****	*****	*****

Администраторы	«C:\windows»	«C:\temp»	«C:\folder»	«C:\domain»
user	*****	*****	*****	*****
user2	*****	*****	*****	*****
Администратор	011001100100	011001000100	01111110100	011001000100
АдминистраторДомена	011001100100	011001000100	01111110100	011001000100

Администраторы Домена	«C:\windows»	«C:\temp»	«C:\folder»	«C:\domain»
user	*****	*****	*****	*****
user2	*****	*****	*****	*****
Администратор	*****	*****	*****	*****
АдминистраторДомена	011001100000	011001000100	01111110100	01111110100

Рисунок 1 – задание отношения Y в форме трёхмерной таблицы.

Для получения результирующих прав доступа необходимо поочередно применить одну из логических операций к каждому измерению, начиная с нулевого. Рассмотрим логические операции и, или, и исключающее или.

Логическое или.

$$\begin{pmatrix}
 011000000000 & 111111111111 & 001110000000 & 001000000000 \\
 001000000000 & 011111100000 & 111111111111 & 000000000000 \\
 111111111111 & 011111100100 & 011111100100 & 011000000000 \\
 011001100100 & 011111100100 & 011111100100 & 111111111111
 \end{pmatrix}
 \begin{matrix}
 \\
 \\
 \\
 \vee
 \end{matrix}
 \begin{pmatrix}
 011000000000 & 011001000100 & 011111000000 & 011000000000 \\
 011000000000 & 011001000100 & 011111000000 & 011000000000 \\
 ***** & ***** & ***** & ***** \\
 ***** & ***** & ***** & *****
 \end{pmatrix}
 \begin{matrix}
 \\
 \\
 \\
 \vee
 \end{matrix}
 \begin{pmatrix}
 ***** & ***** & ***** & ***** \\
 ***** & ***** & ***** & ***** \\
 011001100100 & 011001000100 & 01111110100 & 011001000100 \\
 011001100100 & 011001000100 & 01111110100 & 011001000100
 \end{pmatrix}
 \begin{matrix}
 \\
 \\
 \\
 \vee
 \end{matrix}
 \begin{pmatrix}
 ***** & ***** & ***** & ***** \\
 ***** & ***** & ***** & ***** \\
 ***** & ***** & ***** & ***** \\
 011001100000 & 011001000100 & 01111110100 & 01111110100
 \end{pmatrix}
 =
 \begin{pmatrix}
 011000000000 & 111111111111 & 011111000000 & 011000000000 \\
 011000000000 & 011111100100 & 111111111111 & 011000000000 \\
 111111111111 & 011111100100 & 01111110100 & 011001000100 \\
 011001100100 & 011111100100 & 01111110100 & 111111111111
 \end{pmatrix}$$

Исключающее или.

$$\begin{pmatrix}
01100000000 & 11111111111 & 00111000000 & 00100000000 \\
00100000000 & 01111110000 & 11111111111 & 00000000000 \\
11111111111 & 01111110010 & 01111110010 & 01100000000 \\
01100110010 & 01111110010 & 01111110010 & 11111111111
\end{pmatrix}
\oplus
\begin{pmatrix}
01100000000 & 01100100010 & 01111100000 & 01100000000 \\
01100000000 & 01100100010 & 01111100000 & 01100000000 \\
***** & ***** & ***** & ***** \\
***** & ***** & ***** & *****
\end{pmatrix}
\oplus
\begin{pmatrix}
***** & ***** & ***** & ***** \\
***** & ***** & ***** & ***** \\
01100110010 & 01100100010 & 01111111010 & 01100100010 \\
01100110010 & 01100100010 & 01111111010 & 01100100010
\end{pmatrix}
\oplus
\begin{pmatrix}
***** & ***** & ***** & ***** \\
***** & ***** & ***** & ***** \\
***** & ***** & ***** & ***** \\
01100110000 & 01100100010 & 01111111010 & 01111111010
\end{pmatrix}
=
\begin{pmatrix}
00000000000 & 10011011011 & 01000110000 & 01000000000 \\
01000000000 & 01100100010 & 10000011111 & 01100000000 \\
10011001101 & 00011010000 & 00000010000 & 00000100010 \\
01101100000 & 01111110010 & 01111110010 & 11100100111
\end{pmatrix}$$

Логическое умножение.

$$\begin{pmatrix}
01100000000 & 11111111111 & 00111000000 & 00100000000 \\
00100000000 & 01111110000 & 11111111111 & 00000000000 \\
11111111111 & 01111110010 & 01111110010 & 01100000000 \\
01100110010 & 01111110010 & 01111110010 & 11111111111
\end{pmatrix}
\wedge
\begin{pmatrix}
01100000000 & 01100100010 & 01111100000 & 01100000000 \\
01100000000 & 01100100010 & 01111100000 & 01100000000 \\
***** & ***** & ***** & ***** \\
***** & ***** & ***** & *****
\end{pmatrix}
\wedge
\begin{pmatrix}
***** & ***** & ***** & ***** \\
***** & ***** & ***** & ***** \\
01100110010 & 01100100010 & 01111111010 & 01100100010 \\
01100110010 & 01100100010 & 01111111010 & 01100100010
\end{pmatrix}
\wedge
\begin{pmatrix}
***** & ***** & ***** & ***** \\
***** & ***** & ***** & ***** \\
***** & ***** & ***** & ***** \\
01100110000 & 01100100010 & 01111111010 & 01111111010
\end{pmatrix}
=
\begin{pmatrix}
01100000000 & 01100100010 & 00111000000 & 00100000000 \\
00100000000 & 01100100000 & 01111100000 & 00000000000 \\
01100110010 & 01100100010 & 01111110010 & 01100000000 \\
01100110010 & 01100100010 & 01111110010 & 01100100010
\end{pmatrix}$$

### Заключение.

Рассмотренные операции позволяют сделать вывод о наиболее защищенном объекте в модели (результаты операции и), наименее защищенном объекте (результат или) или потенциально подверженном риску доступа объекте (исключающее или). В качестве области для дальнейших исследований предлагается рассмотреть случаи, когда измерений больше трех и ввести другие операции, рассмотреть различные свойства, которыми введенные операции будут обладать.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Обласов А. А., Росланов И. Ю. Управление информационной безопасностью / А. А. Обласов, И. Ю. Росланов – Комсомольск-на-Амуре: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований, 2021. С. 304 - 307.

2 Трещёв И. А. Многомерные пространства дискреционных моделей доступа / Трещёв И. А. - Комсомольск-на-Амуре: Производственные технологии будущего: от создания к внедрению, 2017. С. 153-158.

УДК 004.94

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich

Подоба Никита Евгеньевич, студент; Podoba Nikita Evgenievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ИСПОЛНЯЕМЫХ ФАЙЛОВ

### SOFTWARE FOR ANALYZING EXECUTABLE FILES

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию современных инструментов анализа и поиска уязвимостей в исполняемых файлах. Рассмотрены ведущие средства декомпиляции и дизассемблирования приложений, их преимущества и недостатки.

Abstract. This work is devoted to the study of modern tools for analyzing and searching for vulnerabilities in executable files. Considered the leading tools for decompilation and disassembly of applications, their advantages and disadvantages.

Ключевые слова: обратная разработка программ, исполняемый файл, анализ приложений.

Keywords: reverse engineering of software, executable file, application analysis.

#### Введение

С каждым годом программно-аппаратные средства становятся сложнее, происходит внедрение новых технологий разработки программного обеспечения, а это влечёт за собой появление новых, ещё неисследованных уязвимостей. Актуальна проблема анализа исходного кода исполняемых файлов для их эффективной защиты от несанкционированного доступа и отсутствия недекларированных возможностей.

В данной работе в качестве объекта исследования используется специальное программное обеспечение для анализа исходного кода приложений. Приведена классификация средств анализа, выделены преимущества и недостатки каждого из них.

#### Дизассемблер IDA Pro

IDA Pro как дизассемблер служит для создания карт выполнения, дизассемблирования, вывода машинных команд, которые фактически выполняются процессором, в символическом представлении (язык ассемблера). В IDA Pro реализованы различные методы, позволяющие генерировать исходный код на языке ассемблера из машинно-исполняемого кода для анализа.

Функция отладки служит для проведения динамического анализа.

#### Отладчик x64dbg

x64dbg - это 64-битный отладчик на уровне ассемблера для Windows. Ранее данный проект развивался из ollydbg, x32dbg, которые использовались в качестве инструмента анализа вредоносных программ и исходных текстов. Отладчик предназначен для пошагового выполнения кода, что позволяет отслеживать его действия. Отладчики необходимы для поиска и устранения ошибок, однако они также позволяют декомпилировать вредоносные программы.

#### JetBrains dotPeek

dotPeek — инструмент для декомпиляции и исследования приложений разработанных для платформы .NET, использующий ReSharper. Декомпилятор поддерживает необходимые форматы исполняемых файлов.

Но это средство декомпиляции имеет существенный недостаток – оно имеет очень ограниченное применение, так как распознаёт только сборки .NET.

#### Заключение

В ходе работы были рассмотрены популярные средства анализа исполняемых приложений. Результаты сравнения показаны в таблице 1. Простота анализа зависит от знаний, требуе-

мых для анализа. Под удобством работы понимается наличие нескольких инструментов анализа в одном приложении. Под универсальностью будем понимать возможность проводить дизассемблирование и отладку приложений для различных архитектур микропроцессоров. Популярность – распространённость приложения на рынке. Доступность – возможность бесплатного получения средства анализа.

Таблица 1 – Режимы механической обработки

Параметры	IDA Pro	x64dbg	dotPeek
Простота анализа	-	-	+
Удобство работы	+	+	-
Универсальность	+	-	-
Популярность	+	-	-
Доступность	-	+	+

Приведенный анализ позволяет сделать вывод, что для отладки небольших проектов лучше использовать x64dbg, для отладки сборок на платформе .NET dotPeek, но универсальным средством анализа исходных текстов и проведения обратной разработки приложений остается IDA Pro с компонентом HexRays.

Дальнейшие исследования связаны с дизассемблированием приложений для микроконтроллеров, анализа обфусцированных исходных текстов, методов и методологий отладки программного обеспечения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Касперски К., Рокко Е.. Искусство дизассемблирования// БХВ-Петербург. 2009. 896 с.

2 Трещев И.А. Математические модели для параллельных вычислительных процессов и их применение для построения многопоточных приложений на системах с SMP-архитектурой // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. 2009. С. 16.

УДК 371.21:378.1

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich

Ватолина Анастасия Сергеевна, студент; Vatolina Anastasia Sergeevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ТРЕНИНГОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ФГБОУ ВО КНАГУ**

#### **EXPERIENCE IN THE USE OF TRAINING COURSES IN TRAINING IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY IN KOMSOMOLSK-NA-AMURE STATE UNIVERSITY**

Аннотация. Рассмотрен опыт использования учебных тренингов при подготовке в области информационной безопасности в ФГБОУ ВО КНАГУ. Электронное обучение, реализуемое в вузе, включает комплексы по дисциплинам или модулям, а также программное обеспечение, направленное на овладение профессиональными навыками. Практика показала, что такие формы обучения учат людей активности и самостоятельности. Создание тренингов дает возможность работать с оборудованием, программным обеспечением и материалами, соответствующими лабораторным работам, а также дает возможность ознакомиться с компьютерной моделью, позволяя овладеть навыками и способностями в области защиты информации.

Abstract. The experience of using educational trainings in the preparation in the field of information security at the Komsomolsk-na-Amure State University. E-learning implemented at the university includes complexes on disciplines or modules, as well as software aimed at mastering professional skills. Practice has shown that such forms of education teach people activity and independence. The creation of trainings makes it possible to work with equipment, software and materials corresponding to laboratory work, as well as provides an opportunity to familiarize yourself with a computer model, allowing you to master skills and abilities in the field of information security.

Ключевые слова: лабораторные работы, электронное обучение, учебный тренинг.

Keywords: words: laboratory work, e-learning, training.

## Введение

Совместная деятельность учащихся вузов, а также преподавателей в процессе освоения учебного материала служит основой получения учебных знаний и передачи опыта. Преподаватель не дает готовых заданий, а концентрирует обучающихся на поиск решений самостоятельно.

Одна из самых интерактивных форм обучения - тренинги. Образовательная деятельность направлена на то, чтобы дать студентам возможность работать независимо и решать заданную или выбранную проблему, объединяя знания и навыки из разных областей.

Предлагаемый опыт обучения позволяет создать макет лабораторной работы без использования реального оборудования. В задачи преподавателя входит развитие мышления и профессиональных способностей учащихся, умение решать задачи разного уровня, делать самостоятельные выводы. Следовательно, лабораторные занятия должны соответствовать реальному учебному процессу. Обучение содержит в себе программное и аппаратное обеспечение, позволяющее осуществлять учебный процесс без непосредственного взаимодействия учащегося с настоящей лабораторной установкой.

По аппаратным возможностям тренажер представляет собой современный персональный компьютер, оборудованный высококачественными приборами ввода-вывода. Студент взаимодействует с оболочкой программы посредством интерактивного диалогового окна, которые формируют из графического интерфейса пользователя. Применяя стандартные компоненты управления (кнопки, флажки, переключатели, текстовые поля и пр.).

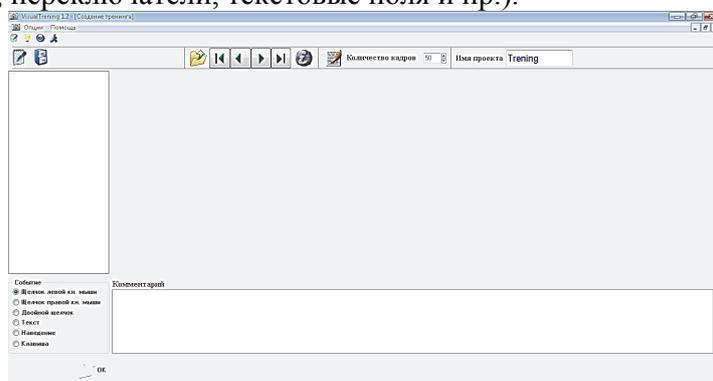


Рисунок 1 – Создание тренинга

Для развития тренинга учитель должен подготовить изображения, которые будут включены в тренинг; комментарии, относящиеся к выполнению работы; выделите на изображении область, которая будет отвечать за интерактивный процесс взаимодействия с пользователем; выберите событие, сигнализирующее о продолжении выполнения или об ошибке, здесь заканчивается подготовка к обучению.

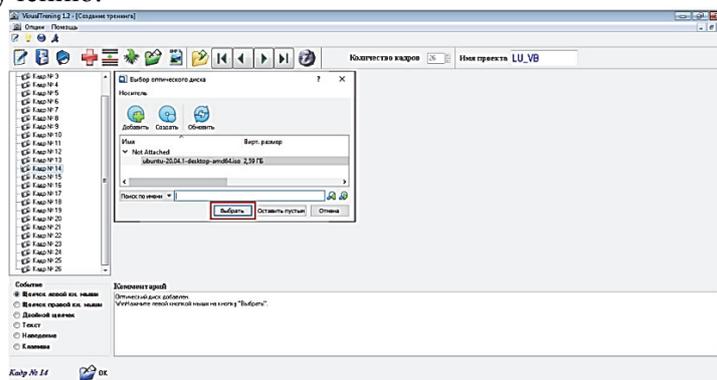


Рисунок 2 – Разработка тренинга

Студент же в свою очередь, запускает тренинг, знакомится с рабочей областью, изучает комментарии для выполнения поставленной задачи. Он работает независимо в рабочей области (щелкает левой кнопкой мыши, нажимает на клавиши клавиатуры или вводит текст). Обязательным условием является невозможность совершать ошибки, которые могут негативно сказаться на состоянии студента и демотивировать его от дальнейшей работы. Пример оболочки-окна реализованного интерфейса.

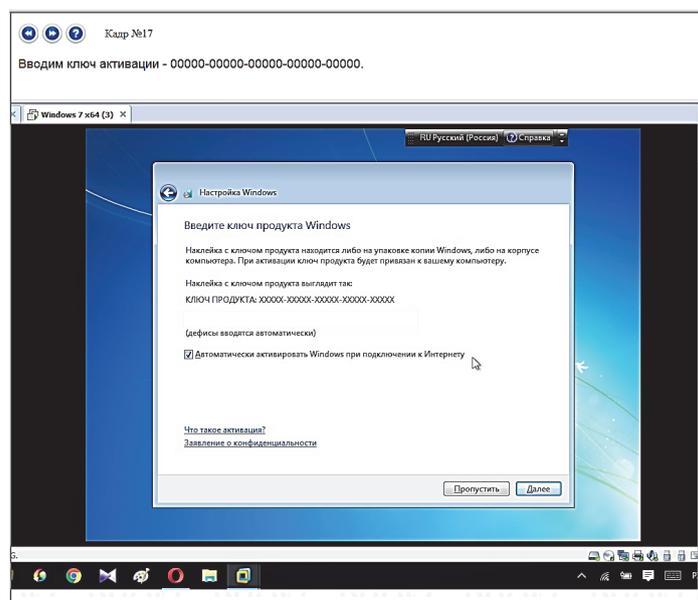


Рисунок 3 – Рабочая область

В учебных лабораториях в области информационной безопасности, есть дорогостоящие оборудование, которое к тому же требует затраты при обслуживании, а главное, замены при его поломке.

Среди положительных особенностей предлагаемого учебного опыта следует выделить:

- возможность наблюдать процессы, которые трудно различить в реальных условиях;
- безопасность использования лабораторий;
- можно работать в своем ритме и ошибаться;

- специализированное программное обеспечение для организации тренингов включает в себя большое количество задач, которые невозможно решить простым следствием инструкций или грубой силой. Ошибки, которые студенты неизбежно совершают при решении таких задач, полезный опыт и тема для обсуждения;

- для выполнения лабораторных работ достаточно нескольких щелчков мышью.

#### **Заключение**

Создание тренажера дает возможность обучаться интерактивно, а также ориентирована на повышение преподавания, не только в сфере информационной безопасности, но и в инженерно-технические специальности.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Ермакова Т.И. Внедрение новых форм и методов обучения, средств активизации познавательной деятельности студентов. [Электронный ресурс]. URL: [http://magistr.tstu.ru/upload/21\\_12\\_2012-13\\_18\\_17.pdf](http://magistr.tstu.ru/upload/21_12_2012-13_18_17.pdf) (дата обращения 25.11.2020).

2 Новиков, А.М. Методология учебной деятельности / А.М. Новиков. — М.: Изд-во «Эгвес», 2005. — 176 с.

3 Трещев, И. А. О подходе к взаимодействию в рамках образовательного процесса с использованием идеологии проектного управления / И. А. Трещев // Информационные технологии в экономике и управлении : Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Махачкала, 11–12 ноября 2020 года. – Махачкала: Типография ФОРМАТ, 2020. – С. 123-126.

4 Трещев, И. А. О подходе к проектному обучению студентов в вузе / И. А. Трещев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 29–30 сентября 2017 года / С.В. Белых (отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2017. – С. 159-164.

5 Щукина Г. И. Активация познавательной деятельности учащихся в учебном процессе. / Г.И. Щукина – М.: Просвещение, 2009. – 342 с.

УДК 004.056.5

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich  
Кузнецов Владислав Андреевич, студент; Vladislav Kuznetsov Andreevich  
Ничипорук Сергей Михайлович, инженер по радиоэлектронике;  
Nichiporuk Sergey Mikhailovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет  
Общество с ограниченной ответственностью "БайСветТех", Белоруссия

## ОБ ИТЕРАЦИОННОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПО КАНАЛУ ПОБОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

### ON THE ITERATIVE APPROACH TO THE ASSESSMENT OF PROTECTION ON THE CHANNEL OF SIDE ELECTROMAGNETIC RADIATIONS

Аннотация. Данная работа посвящена итерационному подходу к оценке защищенности по каналу побочных электромагнитных излучений. Проведен расчет контролируемой зоны для СВТ и его элементов.

Abstract. This work is devoted to an iterative approach to assessing the security of the channel of spurious electromagnetic radiation. The calculation of the controlled area for computer technology and its elements has been carried out.

Ключевые слова: излучение, антенна, итерационный подход, оценка защищенности, канал утечки информации.

Keywords: radiation, antenna, iterative approach, security assessment, information leakage channel.

#### Введение

ПЭМИ – один из самых распространенных каналов перехвата информации в системах обработки данных. Он существует в диапазон от Гц до ГГ, а дальность может достигать нескольких десятков метров [1].

#### Описание установки

- Для выполнения работы использовалось следующее оборудование:
- Селективный микровольтметр SMV 8.5;
- Селективный микровольтметр SMV 11;
- Антенна рамочная активная П6-50;
- Антенна дипольная активная П6-51;
- Антенна измерительная П6-52;
- СВТ
- Монитор

Схема итерационного процесса (рисунок 1):

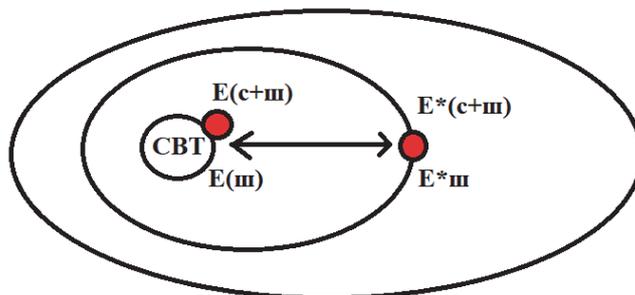


Рисунок 1 – Схема итерационного процесса

#### Расчетная часть методики

В первую очередь необходимо ознакомиться с руководством пользователя к приборам.

Расчетная часть метода включает:

1) Расчет расстояний распространения информативного сигнала от ОТСС для его каждой спектральной составляющей  $R_2$ .

2) Установление требуемого радиуса контролируемой зоны  $R_2$  для ОТСС в целом. Радиус контролируемой зоны  $R_2$  для  $i$ -й составляющей спектра информативного сигнала определяется из условия  $R_2 = R_i$ .

3)  $R_i$  рассчитывается с начала для ближней зоны, и в последствии расстояние увеличивается на метр до тех пор пока отношение  $\frac{E_c^*}{E_{ш}^*}$  не будет в пределах  $0 \leq \frac{E_c^*}{E_{ш}^*} \leq 1$ .

4)  $E_c$  считается по формуле  $E_c = \sqrt{E_{с+ш}^2 - E_{ш}^2}$ .

5)  $E_c^*$  считается по формуле  $E_c^* = \sqrt{E_{с+ш}^{*2} - E_{ш}^{*2}}$ .

6) Все расчеты происходят в мкВ, а данные снимаются в дБ. Формула для перевода из дБ в мкВ:  $мкВ = 10^{\frac{дБ}{20}}$ .

7) В качестве примера исследуемое устройство – ЭЛТ монитор.

8) Максимум сигнала выбирался из условия горизонтальной и вертикальной поляризации антенны.

9) Из всех  $R_2$  по разным частотам в итоге выбирается максимальное. Это и будет расстояние контролируемой зоны.

10) Расчет по магнитной составляющей происходит подобным методом. Причем диапазон частот для магнитной составляющей от 9 КГц до 30 МГц, а по электрической 9 КГц – 1 ГГц.

### Инструментальная часть методики

Снятые значения показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Данные ЭЛТ монитора

$f$ , ГЦ	$E_{ш}$ , дБ	$E_{с+ш}$ , дБ	$E_{ш}^*$ , мкВ	$E_{с+ш}^*$ , мкВ	$R$ , м
79	14	18	5	5	1
158	29	33	28,1	27,9	1
237	33	38	44,6	44,3	3
316	13	18	4,5	4,5	2
395	14	18	5	4,8	1
630	19	26	8,9	8,8	2
710	17	23	7	6,9	1
790	26	31	19,9	19,9	3
869	24	30	15,8	15,7	1

Из всех  $R$  максимальное значение  $R_{max}=3$  метра.

### Заключение

В ходе работы была проведена оценка защищенности по каналу побочных электромагнитных излучений при помощи итерационного подхода.

Данная методика позволяет без выполнения сложных расчетов предварительно оценить возможность утечки информации по каналу побочных электромагнитных излучений.

Дальнейшие исследования будут связаны с разработкой новых методик оценки защищенности, которые либо упростят процесс оценки, либо увеличат ее точность [2].

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трещев, И.А. Проектирование и защита информационных систем : учеб. пособие / И.А. Трещев, Я.Ю. Григорьев. – Екатеринбург : Общество с ограниченной ответственностью «Издательские решения», 2020. – 86 с.

2 Царегородцев, А.В. Техническая защита информация : учеб. пособие / А.В. Царегородцев. – Москва : Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, 2013. – 275 с.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

### THE MODELING OF VEHICLE COMPONENTS USING INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию различных компонентов, составляющих современные автотранспортные средства и возможности сбора информации об их состоянии с использованием технологий интернета вещей. Рассмотрены основные датчики и информация, которая может быть получена с них.

Abstract. This work is devoted to the study of various components that make up modern vehicles and the possibility of collecting information about their condition using the Internet of Things technologies. The main sensors and information that can be obtained from them are considered.

Ключевые слова: моделирование, датчик, Интернет вещей, транспортное средство.

Keywords: simulation, sensor, internet of things, vehicle.

#### Введение

Научно-техническое развитие общества происходит достаточно быстро. Еще 20 лет назад распространение сотовой связи носило точечный характер, а автомобили использовали только двигатели внутреннего сгорания. Сегодня мы все чаще эксплуатируем автотранспорт с гибридными или же электрическими установками. Моделирование позволяет провести испытания без создания прототипа.

В данной работе в качестве средства для моделирования – используется специализированное программное обеспечение и технологии Интернета вещей [1].

#### Среда моделирования

Для моделирования с использованием интернета вещей используется Cisco Packet Tracer. Этот инструмент, созданный Cisco, помогает испытывать модели в реальных условиях. С его помощью возможно создавать взаимосвязанные решения для умных городов, домов и предприятий, и других объектов.

#### Модель умного транспортного средства

В качестве объекта моделирования использован автомобиль, на который устанавливались различные устройства и компоненты.

Дополнительные устройства и их описание:

1. «Умные фары». Данное устройство анализирует освещение снаружи автомобиля и регулирует яркость свечения фар, для комфортной езды в условиях недостаточной освещенности.

Работа фар показана на рисунках 1-2.

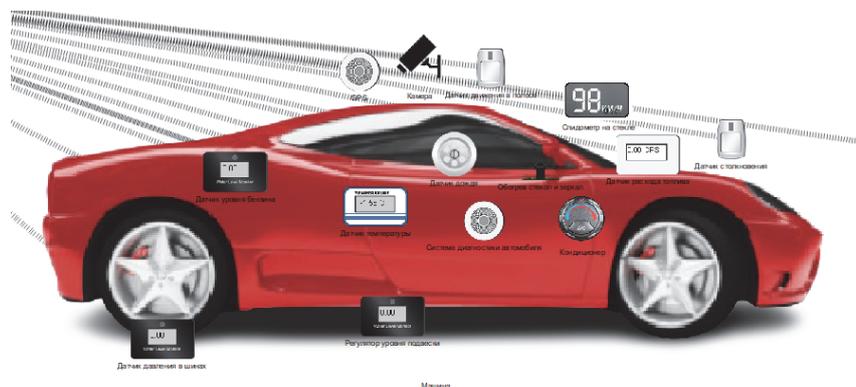


Рисунок 1 – День



Рисунок 2 – Ночь

2. Датчик столкновения. Данное устройство анализирует скорость и расстояние от передней части транспорта до впереди находящегося объекта, и в случае возможного столкновения звуковым сигналом предупреждает пользователя и снижает скорость.

3. Датчик движения в полосе. Данный датчик используя камеру анализирует нахождение автомобиля, и в случае выхода из полосы сигнализирует сообщением пользователю и самостоятельно выполняет возврат.

4. Датчик дождя. Данное устройство проверяет наличие воды на лобовом и заднем стекле автомобиля и, в случае излишней влажности, включает дворники.

5. Температурный датчик. Данное устройство измеряет температуру в салоне и за пределами автомобиля.

6. Датчик давления в шинах. Данный датчик анализирует давление в шинах и выводит информацию на информационный дисплей.

7. Датчик уровня топлива. Данный датчик проверяет объем оставшегося топлива и передает информацию пользователю через информационный дисплей.

8. Датчик расхода топлива. Данное устройство анализирует расход топлива за определенное время езды, и показывает, сколько еще сможет проехать автомобиль используя различные сценарии движения.

9. Система диагностики автомобиля. Данное устройство проводит диагностику автомобиля и в случае неисправности сигнализирует об этом через информационный дисплей.

10. Обогрев стекл и зеркал. Данное устройство позволяет стеклам и зеркалам не замерзать и обеспечивает комфортную видимость, благодаря нагреву при низких температурах.

11. Кондиционер. Данное устройство позволяет контролировать климат внутри салона автомобиля.

12. Спидометр на стекле. Данное устройство измеряет скорость автомобиля и выводит информацию на лобовое стекло.

13. GPS. Данное устройство позволяет отследить местоположение транспортного средства и проложить маршрут до необходимого пункта назначения.

14. Регулятор урона подвески. Данное устройство позволяет регулировать высоту и жесткость подвески для комфортной езды в различных условиях.

15. Камера, создающая 3D проекцию автомобиля. Данное устройство с помощью специальной камеры создает 3D модель автомобиля и выводит ее на информационный дисплей для помощи движения в узких пространствах или парковки.

Также необходимо отметить, что все данные будут отправляться в единый центр сбора данных через Интернет. С его помощью можно будет анализировать информацию об автомобиле даже не находясь в нем через любые устройства, имеющие выход в Интернет.

Модель, построенная в Cisco Packet Tracer показана на рисунке 3.

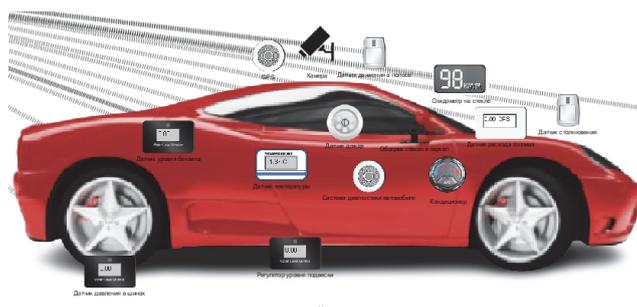


Рисунок 3 – Модель транспортного средства

## **Заключение**

В ходе работы была создана модель транспортного средства с «умными» датчиками, которые осуществляют оценку внешних условий.

Дальнейшие исследования будут связаны с увеличением числа датчиков и увеличением числа воздействующих внешних факторов, а также исследования будут связаны с обеспечением информационной безопасности в распределенной wifi сети содержащей несколько различных объектов моделирования [2].

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Грингард С. Интернет вещей. Будущее уже здесь// Альпина Паблишер. 2020. 188 с.

2 Трещев И.А., Карпова Н.Г. Защита периметра сети предприятия, при наличии беспроводных сетей, с использованием серверов доступа// Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. 2021. С. 317-323.

УДК 004.94

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich

Прокофьев Семён Вадимович, студент; Prokofiev Semyon Vadimovich

Коротких Анна Анатольевна, соискатель степени PhD; Korotkikh Anna Anatolyevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Harbin Polytechnic University

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРЕЧНЯ OWASP TOP-10 НА 2022 ГОД**

### **FORMATION OF THE OWASP TOP-10 LIST FOR 2022**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию методов OWASP TOP-10 на протяжении нескольких лет, для оценки и создания нового метода на 2022 год.

Abstract. This work is devoted to the study of OWASP TOP-10 methods for several years, to assess and create a new method for 2022.

Ключевые слова: OWASP TOP-10, анализ, 2022 год.

Keywords: OWASP TOP-10, analysis, 2022.

## **Введение**

Топ-10 OWASP - это в первую очередь информационный документ. Однако это не помешало организациям использовать его в качестве де-факто отраслевого стандарта AppSec с момента его создания в 2003 году. Если вы хотите использовать верхнюю часть OWASP 10 в качестве стандарта кодирования или тестирования знайте, что это абсолютный минимум и только отправная точка.

Одна из трудностей использования OWASP Top 10 в качестве стандарта заключается в том, что мы документируем риски безопасности приложений и не обязательно легко поддающиеся проверке проблемы. Например, Небезопасный дизайн A04: 2021 выходит за рамки большинства форм тестирования. Другим примером является тестирование на месте, в процессе использования, а эффективное ведение журнала и мониторинг могут быть осуществлены только с помощью опросов и запроса выборки эффективных ответов на инциденты. Инструмент статического анализа кода может обнаружить отсутствие ведения журнала, но может оказаться невозможным определить, имеет ли бизнес-логика или контроль доступа решающее значение для ведения журнала нарушения безопасности. Тестировщики на проникновение могут определить, что они вызвали реакцию на инцидент только в тестовой среде, которая редко контролируется так же, как и производство.

## **Анализ модели OWASP с 2013 по 2017 год**

Для начала работы, давайте рассмотрим, как изменилось owasp top 10 с 2013 года по 2017 (рисунок 1).

Как мы видим, недостатки первых трех инъекций кода, управления сессиями и хранения, и межсайтового скрипта остаются неизменными, что показывает, что, несмотря на написание кода безопасности, инструментов очистки данных, реализацию различных токенов и других, недостатки первых трех инъекций кода, управления сессиями и хранения, и межсайтового скрипта остаются неизменными.

OWASP Top 10 – 2013 (Previous)	OWASP Top 10 – 2017 (New)
A1 – Injection	A1 – Injection
A2 – Broken Authentication and Session Management	A2 – Broken Authentication and Session Management
A3 – Cross-Site Scripting (XSS)	A3 – Cross-Site Scripting (XSS)
A4 – Insecure Direct Object References - Merged with A7	A4 – Broken Access Control (Original category in 2003/2004)
A5 – Security Misconfiguration	A5 – Security Misconfiguration
A6 – Sensitive Data Exposure	A6 – Sensitive Data Exposure
A7 – Missing Function Level Access Control - Merged with A4	A7 – Insufficient Attack Protection (NEW)
A8 – Cross-Site Request Forgery (CSRF)	A8 – Cross-Site Request Forgery (CSRF)
A9 – Using Components with Known Vulnerabilities	A9 – Using Components with Known Vulnerabilities
A10 – Unvalidated Redirects and Forwards - Dropped	A10 – Underprotected APIs (NEW)

Рисунок 1 – OWASP TOP-10: 2013-2017

Старая категория, нарушенный контроль доступа, вернулась на 4-е место, а в новой версии она состояла из слияния A4 и A7 в версии 2013 года.

7-е место теперь занимает новая категория - недостаточная защита от атак. Большинству веб-приложений и сред не хватает возможностей обнаруживать, предотвращать и реагировать на современные атаки - независимо от того, выполняются ли они автоматически или вручную. Обнаружение и защита от атак выходят далеко за рамки проверки базовых входных данных (обычно проверки входных значений) и должны включать автоматическое обнаружение, протоколирование, реагирование и даже блокирование попыток использования. Владельцы приложений также должны иметь возможность быстро внедрять исправления для предотвращения атак. Другими словами, непосредственно рекомендуется использовать брандмауэр веб-приложений для защиты веб-приложений.

Недопустимые редиректоры исчезли с 10-й позиции, а их место заняли незащищенные инструменты API, такие как JavaScript, SOAP/XML, REST/JSON, RPC, GWT и др. Эти классы обычно незащищены и содержат множество уязвимостей.

#### Анализ модели OWASP с 2017 по 2021 год

Проанализировав данные выше, рассмотрим изменилось owasp top 10 с 2017 года по 2021 (рисунок 2)

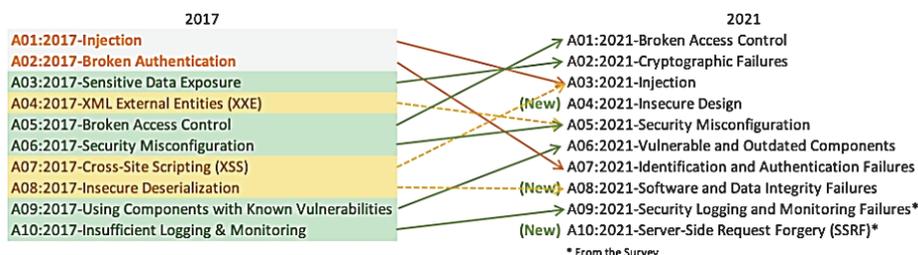


Рисунок 2 – OWASP TOP-10: 2017-2021

A01:2021 - Нарушение контроля доступа переместилось с пятого места в категорию с наиболее серьезной угрозой безопасности для веб-приложений; предоставленные данные показывают, что в среднем 3,81% протестированных приложений имеют один или несколько общих списков слабых мест (CWE), и в этой категории риска насчитывается более 318 тысяч случаев CWE. 34 случаев CWS, связанных с нарушениями контроля доступа в приложениях, больше, чем в любой другой категории.

A02:2021 - Сбой шифрования при передаче местоположения 2, ранее известного как A3:2017 - Утечка конфиденциальных данных, это не столько основная причина, сколько симптом. В обновленном названии основное внимание уделяется сбоям, связанным с криптографией, поскольку ранее это было неявно. Эта категория часто приводит к утечке конфиденциальных данных или компрометации системы.

A03:2021 - Впрыск опускается на третью позицию. 94% заявок протестировали ту или иную форму инъекций с максимальным уровнем заболеваемости 19% и средним уровнем заболеваемости 3,37%. 33CWS, относящиеся к этой категории, занимают второе место по числу случаев с 274 тысячами заявок. Межсайтовые скрипты теперь входят в эту категорию в этом выпуске.

A04: 2021 - Небезопасный дизайн - это новая категория в 2021 году, в которой основное внимание уделяется рискам, связанным с дефектами конструкции. Если мы действительно хотим

"двигаться влево" как отрасль, нам нужно больше моделирования угроз, шаблонов и принципов проектирования безопасности, а также эталонных архитектур. Небезопасный дизайн не может быть исправлен совершенной реализацией, потому что по определению необходимые средства контроля безопасности никогда не создавались для предотвращения конкретных атак.

A05:2021 - Неправильная конфигурация безопасности увеличилась с № 6 в предыдущей версии; 90% приложений прошли ту или иную форму тестирования на неправильную конфигурацию со средней частотой 4,5%, и более 208 тысяч случаев CWE были сопоставлены с этой категорией риска. По мере увеличения числа переходов на простое в настройке программное обеспечение неудивительно, что эта категория находится на подъеме. Бывшая категория внешних объектов в формате A4: 2017-XML (XXE) теперь относится к этой категории рисков.

A06:2021 - Уязвимые и устаревшие компоненты ранее назывались "используемыми компонентами с известными уязвимостями" и занимали 2-е место в первой десятке опросов сообщества, но также имеется достаточно данных, чтобы использовать анализ данных для вхождения в топ-10. Эта категория поднялась с 9-го места в 2017 году и является хорошо известной проблемой. Мы упорно работаем над анализом и оценкой рисков. Это единственная категория, в которой нет общих уязвимостей и рисков (cve), связанных с включенным CWE, поэтому в их оценках учитываются эксплойты по умолчанию и веса воздействия 5.0.

A07:2021 - Сбои аутентификации и аутентификации ранее нарушались во время аутентификации и снижаются со второй позиции, теперь включая CWS, что в большей степени связано с ошибками аутентификации. Эта категория по-прежнему является неотъемлемой частью топ-10, но, похоже, этому способствует возросшая доступность стандартизированных фреймворков.

A08:2021 - Сбои в целостности программного обеспечения и данных - это новая категория в 2021 году, в которой основное внимание уделяется предположениям, связанным с обновлениями программного обеспечения, критическими данными и конвейерами CI/CD без проверок целостности. Он имеет наибольшее взвешенное влияние от данных об общей уязвимости и воздействии/Общей системе оценки уязвимости (CVE/CVSS), в то время как в этой категории имеется только 10 данных об уязвимости и воздействии/общих систем оценки уязвимости. A8: 2017 - Небезопасная десоциализация является частью этой более широкой категории.

A09:2021 - Сбоем регистрации и мониторинга безопасности предшествовало A10:2017 - недостаточное ведение журнала и мониторинг, и он поднялся с 10-го места в опросе сообщества (№ 3) по сравнению с предыдущим 10-м местом. Эта категория была расширена, чтобы включить больше типов отказов, которые трудно проверить и которые недостаточно хорошо представлены в данных CVE/CVSS. Однако сбои в этой категории могут напрямую повлиять на видимость, уведомление о событиях и судебную экспертизу.

A10:2021 - Подделка запросов на стороне сервера добавлена в десятку лучших опросов сообщества (№ 1). Данные показывают относительно низкую заболеваемость, охват тестированием выше среднего, а также оценки использования и воздействия выше среднего. В этой категории представлены сценарии, в которых члены сообщества безопасности говорят нам, что это важно, даже если в настоящее время это не указано в данных.

#### Создание модели OWASP TOP-10 на 2022 год

Основываясь на данных по owasp top 10 за два поколения, можно предположить, как будет выглядеть owasp top 10 за 2022 год (таблица 1)

Таблица 1 – OWASP TOP-10 на 2022 год

	OWASP Top 10:2022
A01	Identification and Authentication Failures
A02	Broken Access Control
A03	Cryptographic Failures
A04	Lack of Resources and Rate Limiting
A05	Security Misconfiguration
A06	Insecure Design
A07	Injection
A08	Improper Asset Management
A09	Insufficient Logging and Monitoring
A10	Data Integrity Failures

## **Заключение**

Ошибки конфигурации безопасности являются наиболее распространёнными уязвимостями в списке, обычно являющимися результатом использования конфигурации по умолчанию или отображения слишком подробных ошибок. Например, приложение может отображать пользователю описание ошибки, которая может выявить уязвимость в приложении. Это можно устранить, удалив неиспользуемые функции в коде и предоставив более общие сообщения об ошибках.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (выписка). ФСТЭК России, 2008 год.

2 Ложников К.А., Трещев И.А. Эвристический анализ сетевого трафика с использованием сrn нейронных сетей// Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

УДК 004.94

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich  
Прокофьев Семён Вадимович, студент; Prokofiev Semyon Vadimovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОБОБЩЕННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ УЯЗВИМОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

### **METHODOLOGY OF RESEARCH ON THE VULNERABILITY OF INFORMATION SYSTEMS**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию методов детектирования уязвимостей информационных систем, а также изучению методов анализов уязвимостей и оценки вероятности угроз. Abstract. This work is devoted to the study of methods for recognizing vulnerabilities of information systems, as well as the study of methods of vulnerability analysis and threat probability assessment.

Ключевые слова: уязвимости, безопасность, угрозы.

Keywords: vulnerabilities, security, threats.

## **Введение**

Анализ уязвимостей - это организованный процесс поиска уязвимостей, угроз, потенциальных методов их устранения и моделей злоумышленников, участвующих в этих процессах.

Уязвимости - слабый компонент информационной системы предприятия (ИС). Под угрозами понимаются события, действия, явления или процессы, которые могут поставить под угрозу информацию. Третий субъект - злоумышленник, который использует выявленные уязвимости для реализации угроз.

Наличие уязвимостей негативно сказывается на бизнесе: это делает его незащищенным со стороны конкурентов, упрощает нанесение материального ущерба и раскрытие конфиденциальной информации (например, личных данных клиентов или контрагентов). Источник угрозы может быть умышленным или случайным, а также может быть вызван естественными или технологическими факторами. Для каждой угрозы есть список разрешенных уязвимостей.

## **Анализ уязвимостей на фоне информационной безопасности**

Информационная безопасность (ИБ) определяет безопасность деловой среды и экономическую эффективность организации. Компании, заинтересованные в информационной безопасности, прилагают все усилия для предотвращения утечки конфиденциальной информации, ее несанкционированного изменения и защиты от угроз, которые могут нарушить работу, повлиять на контрагентов, национальные регулирующие органы и потенциальных инвесторов.

Угрозы исходят из многих источников, поэтому необходимо их систематизировать и разработать план анализа, чтобы охватить как можно больше потенциально уязвимых бизнес-процессов. В области информационной безопасности важно придерживаться четырех основных принципов: целостность данных, конфиденциальность, доступность и надежность.

## **Типы угроз для анализа**

Чтобы эффективно анализировать уязвимости информационной безопасности существующей информационной инфраструктуры, необходимо различать типы угроз, которые появляются в информационной системе компании. Такие угрозы делятся на следующие категории:

Потенциальный источник киберугроз находится непосредственно в информационной системе, в пределах ее видимости или прямой видимости.

Воздействие на информационные системы активных угроз (вредоносное ПО) и пассивных угроз (киберпреступники копируют защищенные данные).

Предоставить способы доступа: прямой (кража учетных данных) или по нестандартным каналам связи (например, уязвимости в используемом программном обеспечении).

Атакуя ИТ-инфраструктуру организации, злоумышленник обычно преследует несколько целей: получение контроля над наиболее важной информацией и ресурсами, обеспечение полного доступа к внутренней сети организации и ограничение компании определенными

#### **Оценка вероятности угрозы**

Для оценки вероятности угроз можно использовать трехуровневую качественную шкалу (таблица 1).

Таблица 1 – Трехуровневая качественная шкала

№ уровня	Описание
Первый уровень - Н, или «низкая вероятность»	Это наименее вероятно, и нет никаких предпосылок (мотивация, прошлые события) для реализации угрозы на практике. Маловероятные угрозы приводят к тому, что реальные события не должны происходить чаще одного раза в 5-10 лет.
Второй уровень - С, или «средняя вероятность»	Вероятность этой угрозы выше, чем в предыдущей ситуации, потому что аналогичные инциденты происходили в прошлом, поэтому есть информация о том, что злоумышленник имеет намерение и / или возможность реализовать их против объекта. Угроза со средней вероятностью вызывает реальное событие в среднем один раз в год.
Третий уровень - В, или «высокая вероятность»	Самая большая угроза возможностям реализации. Статистика, более ранние инциденты и серьезные мотивы нападавших подтверждают это. Вы можете ожидать, что эта угроза будет реализовываться один раз в неделю или чаще.

#### **Метод анализа уязвимости**

Есть несколько методов, которые можно использовать для анализа уязвимостей в информационных системах. Первый основан на возможном методе. При его использовании необходимо полагаться на следующие факторы (таблица 2).

Таблица 2 – Факторы уязвимости

Факторы уязвимости	Описание
Возможность киберпреступности	определяется экспертной оценкой
Источник угрозы	где атака может быть проведена - в зоне видимости или за пределами видимости информационной системы
Метод воздействия	общество, оборудование, сеть
Объект	конфиденциальная информация, средства шифрования и т.д.

При анализе уязвимостей информационной системы необходимо учитывать возможные области дислокации. Для этого необходимо постоянно обнаруживать и устранять ошибки в используемом программном обеспечении, а затем регулярно устанавливать обновления безопасности для разработчиков. Систематически следует проводить анализ уязвимостей информационных систем, связанных с нестандартной настройкой средств защиты. В этом случае оптимальным вариантом будет настроить постоянный мониторинг уязвимостей в информационной системе.

Был произведен SWOT-анализ (рисунок 1):

<b>Strengths</b>	<b>Weaknesses</b>
Предотвращением утечки конфиденциальной информации ее несанкционированного изменения и защиты от угроз, которые могут нарушить работу, повлиять на отношения с контрагентами, государственными контролирующими органами, потенциальными инвесторами, поставщиками	необходимо систематизировать угрозы и составить план анализа; необходимо различать типы угроз
<b>Opportunities</b>	<b>Treats</b>
источник киберугроз, расположенный непосредственно в информационной системе, поэтому всегда ясно с чем работать; выдывать права на копирование защищенных данных и использование внешних носителей	потенциал киберпреступника; источник угрозы; методы воздействия;

Рисунок 1 – SWOT анализ

### Заключение

Помимо анализа, описанного выше, необходимо выполнить некоторые действия с сотрудниками организации – предоставить права доступа к конфиденциальной информации и ресурсам с минимальными привилегиями, права на установку специального программного обеспечения, права на копирование защищенных данных и использование внешних носителей [2].

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Базовая модель угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных (выписка). ФСТЭК России, 2008 год.
- 2 Ложников К.А., Трещев И.А. ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ CPN НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ// Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

УДК 004.94

Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich  
 Филатова Дарья Константиновна, студент; Filatova Darya Konstantinovna  
 Ватолина Анастасия Сергеевна, студент; Vatolina Anastasia Sergeevna  
 Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ ПО НАПРАВЛЕНИЯМ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

### A PRACTICE-ORIENTED APPROACH TO TRAINING ON DIRECTIONS IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY

Аннотация. Работа посвящена формированию и изучению практико-ориентировочного подхода к образованию студентов, обучающихся по направлениям в области информационной безопасности. Затронут фактор развития технологий, необходимых для проведения работ по защите информации, а также психологические аспекты подготовки будущих специалистов.

Abstract. The article is devoted to the study and formation of a theoretical practice-orientated approach to teaching students studying in the direction of information security. The factor of development of technologies necessary for carrying out work on the protection of information, as well as the psychological aspects of training future specialists, are touched upon.

Ключевые слова: информационная безопасность, практико-ориентированный подход, обучение студентов.

Keywords: words: information security, practice-oriented approach, student education.

## Введение

В условиях развивающегося мира остро встает вопрос о защите информации на законодательном, программно-техническом и других уровнях. Связано это с тем, что способы защиты информации от утечки не являются совершенными, что приводит к появлению случаев атак злоумышленников и ущербу от их деятельности. В дополнение к этому непрерывно совершенствуются технологии, и, как следствие, эволюционируют способы проведения атак.

В связи с этим встает вопрос о наличии тех специалистов по информационной безопасности, которые ознакомлены с инновациями в сфере их деятельности, способны анализировать актуальные угрозы, могут выдвигать предположения о будущих возможных векторах атак. Более того, выпущенные кадры должны быть мотивированны для продолжения обучения после выпуска с целью актуализации знаний в сфере информационной безопасности.

Авторы предлагают практико-ориентированный подход к обучению студентов для реализации компетенций в области информационной безопасности и развития специалистов в профессиональном плане.

Практико-ориентированный подход (далее - ПОП) в обучении был разработан исходя из следующих наблюдений: чем увлекательнее преподносится материал, тем легче учащийся усваивает новые сведения. ПОП позволяет не просто передать обучающимся максимум полезных знаний, но и является своеобразным трамплином развития в целом. Положительный результат достигается за счет того, что у обучающегося формируется заинтересованное отношение ко учебному процессу.

Итак, задача должна быть приближена к реальности, чтобы обучающийся мог установить связи задачи с накопленным опытом и видеть возможности применения в будущем. Дать возможность обучающемуся интерпретировать ситуацию со своей точки зрения. Создать в задаче проблему и противоречие. Обеспечить решаемость задания в определенных временных рамках. Подобрать задания с учетом того, что они могут иметь различные варианты решения.

Задачи ситуационного типа, можно разделить на три категории: предметная область, из реальной жизнедеятельности, из различных областей профессиональной деятельности.

Из предметной области:

1. Расчет формул (например, интегральный индекс, среднегеометрические формулы, перевод в проценты, решение степенных функций); оформление в Word.
2. Написать алгоритм (программу) для решения математической задачи.

Из общественной жизни:

1. Подготовить презентацию на тему: «Методический подход к оценке эффективности защиты речевой информации»
2. Оформить протоколы измерений.

Из различных профессиональных областей:

Провести аттестацию помещения, пример кабинета. Который включает в себя: измерения, подготовку протоколов, оформление документов по аттестации помещений.

На практических занятиях по информационной безопасности задания подбираются с учетом дисциплин различных циклов обучения, а также способностей каждого студента. Это дает возможность совершенствовать активную познавательную и творческую составляющие образовательного процесса учащегося. При выполнении заданий студенты используют знания, полученные при изучении общепрофессиональных (основы информационной безопасности, стандартизация защищенных автоматизированных систем и т.д.) и специальных (анализ защищенности распределенных информационных систем, защищенные автоматизированные системы) дисциплин не просто по отработанному алгоритму, а вводят в работу новые компоненты.

Например, обучающийся прежде, чем выполнить практическую работу, установить соответствующую программу или операционную систему, проходит перед этим интерактивный тренинг. В котором получает необходимую инструкцию, по установке программных средств. Приобретая при этом знания и наглядный пример, выполнения работы, в форме электронной инструкции, где можно вводить данные, кликать на соответствующие кнопки, нажимать на клавиши. Это сделано для того, чтобы студент ощутил себя в условиях максимально приближенных к реальным задачам.

При выполнении лабораторных работ, используются виртуальные лаборатории, к примеру, прежде чем настроить локальную сеть, студенты используют эмуляторы и симуляторы рабо-

ты сетевого оборудования. В виртуальной лаборатории можно производить настройку оборудования и тестировать различные сетевые архитектуры, проводить поиск и устранение неисправностей. После выполнения работ студент допускается к реальной аппаратуре. Внедрение такого подхода при подготовке по специальности 10.05.03 «Информационная безопасность автоматизированных систем» обучающиеся обеспечивают информационную безопасность распределенных информационных систем» позволило авторам углубить практическую подготовку выпускников.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Байденко, В.И. Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (методологические и методические вопросы): Методическое пособие / В.И. Байденко. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. – 81 с.

2 Сизов, А. А. Практико-ориентированный подход, как способ повышения качества обучения к деятельности по обеспечению информационной безопасности / А. А. Сизов // Наука и инновации - современные концепции : Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума, Москва, 20 ноября 2020 года. – Москва: Инфинити, 2020. – С. 72-74.

3 Трещев, И. А. О подходе к взаимодействию в в рамках образовательного процесса с использованием идеологии проектного управления / И. А. Трещев // Информационные технологии в экономике и управлении : Сборник материалов IV Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Махачкала, 11–12 ноября 2020 года. – Махачкала: Типография ФОРМАТ, 2020. – С. 123-126.

4 Трещев, И. А. О подходе к проектному обучению студентов в вузе / И. А. Трещев // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 29–30 сентября 2017 года / С.В. Белых (отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2017. – С. 159-164.

УДК 004.056

Филатова Дарья Константиновна, студент; Filatova Darya Konstantinovna  
Трещев Иван Андреевич, кандидат технических наук, доцент; Treschev Ivan Andreevich  
Карпова Нина Георгиевна, руководитель исследовательского отдела Zriha Hlavin Industries Ltd;  
Karpova Nina Georgievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет  
Zriha Hlavin Industries Ltd, Израиль

#### **ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ XSS УЯЗВИМОСТЕЙ НА ВЕБ-РЕСУРСАХ НА ОСНОВЕ XSS GAME ОТ GOOGLE**

#### **APPROACHES TO THE ANALYSIS OF XSS VULNERABILITIES ON WEB RESOURCES BASED ON XSS GAME FROM GOOGLE**

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению XSS-уязвимостей, представленных специально созданной игрой от корпорации Google. На примере игры предлагается ознакомиться с популярными простейшими уязвимостями этого типа, разобрать их отличительные черты, а также встать на место злоумышленника и осуществить сценарии реализации XSS-угроз.

Abstract. The article is devoted to the consideration of XSS vulnerabilities presented by a specially created game from Google Corporation. Using the game as an example, it is proposed to familiarize yourself with the simplest popular vulnerabilities of this type, analyze their distinctive features, and also take the place of an attacker and implement scripts for implementing XSS threats.

Ключевые слова: XSS-уязвимость, XSS Game, веб-уязвимость.

Keywords: XSS vulnerability, XSS game, web vulnerability.

#### **Введение**

Действие XSS-уязвимостей, которые также зовутся межсайтовым скриптингом, заключается во внедрении вредоносных, как правило, сценариев на стороне браузера другому пользова-

телю (серверу). Недостатки, которые позволяют этим атакам увенчаться успехом, довольно широко распространены и возникают везде, где веб-приложение использует входные данные от пользователя в генерируемых им выходных данных без их проверки или кодирования. Актуальность проблемы стала мотивацией для создания XSS Game с целью обратить внимание на XSS-угрозы, и познакомить разработчиков с общими шаблонами действий хакеров, обусловленными наличием подверженности XSS.

### Анализ уязвимостей

В игре существует 6 уровней с нарастающей сложностью. Каждый уровень представляет из себя отдельный шаблон XSS-уязвимости. Целью каждого уровня является вызов всплывающего окна. Рассмотрим каждый уровень.

*1 уровень.* Демонстрирует распространенную причину межсайтового скриптинга, когда пользовательский ввод напрямую включается в страницу без надлежащего экранирования. У игрока (в дальнейшем – злоумышленник) есть возможность ввода текста в поле, а также в адресной строке (рисунок 1).



Рисунок 1 – Уровень 1

Анализ уязвимости стоит начать с выполнения запроса через поле. Например, если ввести в поиск «<li>XSS</li>», то после выполненного поиска можно заметить, что изменилась адресная строка. В конец добавилась надпись «?query= <li>XSS</li>», которая подставлена без шифрования. В окне фрейма появилось сообщение об отсутствии результатов и маркированный список, а при просмотре кода фрейма встречается строка «Sorry, no results were found for <b><li>XSS</li></b>. <a href='?'>Try again</a>.» Таким образом делается вывод об отсутствии шифрования ввода через предложенное поле, а это значит, что через данное поле (или адресную строку, что равносильно), можно осуществить XSS-атаку.

*2 уровень.* Демонстрирует как можно вводить XSS-ошибки в приложения, используя данные, хранящиеся в базах данных на стороне сервера и/или клиента, а затем выводимые пользователям. Игроку в качестве примера приведен фрейм с форумом (рисунок 2).

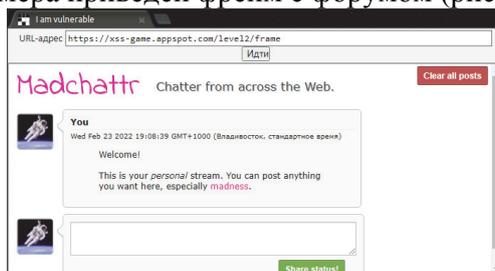


Рисунок 2 – Уровень 2

Проверка на уязвимость XSS состоит в следующем. Сначала злоумышленнику необходимо рассмотреть сообщения в html станицы. В данном случае оставим сообщение на форуме и рассмотрим его. Видно следующее: для каждого сообщения создается отдельный тег <td>. Внутри этого блока создается блок <blockquote>, внутрь которого помещается введенный текст. Известно, что данный тег просто выделяет цитату и не производит никакого экранирования. То есть злоумышленник может прямо в сообщении написать исполняемый код, например, событие (JavaScript), которое будет исполняться при определенных условиях.

*3 уровень.* Задание игры усложнилось тем, что теперь нет конкретных полей ввода, а на сайте используется API (рисунок 3). Как известно, API – это протокол для взаимодействия компьютерных программ, который позволяет использовать функции одного приложения внутри другого. То есть в данной ситуации ввод данных производится незаметно для пользователя.



Рисунок 3 – Уровень 3

Если внимательно рассмотреть предложенный вариант приложения, то окажется, что в качестве поля ввода можно использовать адресную строку. При выборе картинки в адресной строке меняется значение от 1 до 3 в зависимости от выбранной картинки (<https://xss-game.appspot.com/level3/frame#3>). Более того, при введении иного числа, отличного от этих трех, не возникает ошибки, выводится текст «Image 7» (7 – иное число) в поле вывода картинки. При исследовании html-кода страницы можно увидеть, что число из запроса вписывается в строку «src» перед символами «.jpg» (``). Так как кавычки не экранируются, есть возможность закрыть значение атрибута src и дописать свой атрибут в адресную строку (`7.jpg' onmouseover="alert()"><img`). В приведенном примере произойдет вывод картинки и всплывающего окна при наведении на нее.

**4 уровень.** Представляет собой приложение с таймером. В приложении есть возможность ввода в поле и адресную строку, но суть уязвимости заключается в демонстрации важности правильного экранирования введенных данных (рисунок 4).

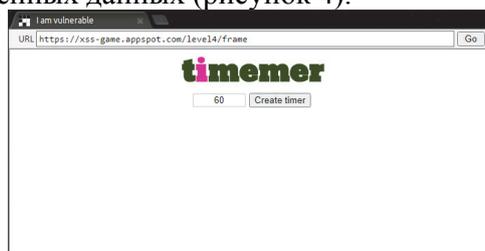


Рисунок 4 – Уровень 4

Для злоумышленника интересным в таком приложении будет функция, которая осуществляет работу таймера. Чтобы увидеть ее, нужно запустить таймер и, не дожидаясь вывода всплывающего окна (появляется, когда истекает время), просмотреть код фрейма. Функция обработки выглядит так: `«onload="startTimer('60');»`. Так как JavaScript – динамически-типизированный язык, то типы всех значений вычисляются во время выполнения. Поэтому злоумышленник может выдать функцию `alert()`, за функцию, возвращающую число и выполнить арифметическую, либо бинарную операцию с введенным числом. Например, в поле ввода можно ввести следующее: `«60'); alert(); ('»`.

**5 уровень.** Представляет собой авторизацию с помощью e-mail адреса. Данное задание пытается обратить внимание разработчика на не защищенные ссылки перехода от внедрения нежелательного кода (рисунок 5).



Рисунок 5 – Уровень 5

Приложение состоит из трех страниц. Первая страница – приветствие – имеет ссылку «Sign up», изменить которую возможности нет. Вторая страница имеет ссылку «Next >>>», при нажатии на которую происходит переход на последнюю страницу, меняющуюся автоматически на первую после нескольких секунд. Интересным является то, что адрес второй страницы выгля-

дит следующим образом: «<https://xss-game.appspot.com/level5/frame/signup?next=confirm>». Стоит проверить код ссылки «Next >>». До изменения параметра в адресной строке: «[Next >>](confirm)», после изменения параметра: «[Next >>](123)». Отсюда можно сделать вывод, что данная ссылка является уязвимой. Поставив на место параметра псевдопротокол и нажав на ссылку, злоумышленник выполнит его.

*6 уровень.* Предназначен для демонстрации влияния подгружаемых динамически файлов на основе значения их параметров URL или части location.hash (рисунок 6).



Рисунок 6 – Уровень 6

Для создания ссылки с вредоносным кодом можно воспользоваться сторонними сервисами (например, [pastebin.com](https://pastebin.com)). Ссылка затем вставляется в адресную строку после «<https://xss-game.appspot.com/level6/frame/#>», после чего подключается и выполняется внешний js файл. Стоит обратить внимание, что в коде страницы содержится проверка, которая не пропускает URL с содержанием «http». Это можно обойти, заменив «http» на «HTTP».

#### **Заключение**

XSS-уязвимости могут встречаться в приложениях как разработчиков любителей, так и на сайтах больших компаний. Иметь в виду их наличие при проектировании веб-приложений является важной задачей. С целью распространения знания о XSS в Интернете создаются поучительные проекты, такие как рассмотренная игра от Google. Кроме того, актуальность веб-уязвимостей настолько велика, что на эту тематику был создан крупнейший проект OWASP, включающий в себя корпорации, образовательные организации и частных лиц со всего мира.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 [owasp.org](https://owasp.org) : Cross Site Scripting (XSS) Software Attack | OWASP Foundation : сайт. – OWASP Foundation, Inc, 2022. – URL: <https://owasp.org/www-community/attacks/xss/> (дата обращения: 23.02.2022).

2 Ложников, К. А. Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей / К. А. Ложников, И. А. Трещев // Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности : Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 20–25 марта 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 284-287.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;  
Chelukhin Vladimir Alekseevith  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ**

#### **METHODS OF PROTECTION OF INFORMATION NETWORKS**

Аннотация. Данная работа посвящена анализу методов защиты информационных сетей.

Abstract. This work is devoted to the analysis of methods of protection of information networks.

Ключевые слова: информационные сети, коммуникационные системы, методы защиты, аппараты, устройства.

Keywords: information networks, communication systems, protection methods, apparatuses, devices.

В наше время большую роль играют информационные сети. Из-за появления информационных сетей мы теперь можем передавать информацию намного эффективней и надёжней. Сети сейчас используются во всех сферах жизни общества, в производстве, в транспортных средствах и системах, как наземных, так и воздушных, в оказании и предоставлении услуг, медицине, а также в коммуникационных системах.

Так как сетями сейчас пронизана вся наша жизнь, соответственно появятся те, кто захотят получить какую-либо информацию из этих сетей и использовать её в своих целях. В связи с этим сети нужно как-то защищать от злоумышленников. Поэтому уже давно придумали некоторые методы защиты сетей.

Методы защиты сетей делятся:

- препятствия
- управление доступом
- маскировка
- регламентация
- принуждение
- побуждение

Первый метод защиты сетей – препятствие. Это не что иное, как физическое ограничение доступа злоумышленника к сетевому оборудованию и/или ПК. В физические средства защиты входят все возможные средства, которые мешают проникновению злоумышленника на объект защиты сети, а также к носителям конфиденциальной информации.

Физические средства подразумевают под собой разные аппараты или устройства, которые используются для создания тех самых препятствий для действий злоумышленника.

Виды физических средств защиты:

- Электронные
- Радиотехнические
- Механические
- И другие, все они предотвращают от НСД и кражи информации.

Физические средства применяются для охраны предприятия, внутренних и внешних помещений, оборудования, информации на носителях.

Злоумышленники могут навредить сети не только при помощи вирусов, но и, к примеру, вывести её из строя физическими способами, такие как обрез проводов или уничтожение компьютера. В таких случаях стоит использовать системы архивации и размножения информации. Также стоит установить источники бесперебойного питания и систему контроля удалённого доступа, также необходимо использование пропускного режима и охраны.

Категории средств защиты:

- Предупреждения угроз (забор вокруг предприятия)
- Обнаружения угроз (сигнализация и видеонаблюдение)
- Ликвидация угроз (Аварийное выключение)

Второй метод – управление доступом. Этот метод включает в себя идентификацию пользователей, присваивая к каждому объекту идентификатор, также опознавание, проверку прав доступа к ресурсам, его регистрацию и реагирование на НСД.

Третий метод – это маскировка. Это криптографический метод защиты наиболее популярен. Сложность используемого шифрования определяет защищённость сети. Криптографические методы защищают информацию почти от любых типов атак, кроме физического доступа к носителям.

Средства криптографической защиты:

- Криптопровайдер КриптоПро CSP, он обеспечивает контроль целостности информации, и её конфиденциальности путём шифрования, также защиту соединений, контроль целостности ПО и его защиты от НСД. Используемые алгоритмы – выработка хеш-функций, проверки электронной подписи и шифрования.

- ViPNet CUSTOM – программа защиты сетей, использующая средства защиты конфиденциальной информации, обеспечивает защиту сетей в крупных предприятиях. Программа работает с VPN, также используется РКІ для применения цифровой подписи.

- ViPNet CSP 4 – СКЗИ, программа, в которую включена генерация ключей, вычисление ХЕШа, выборка случайных чисел, использование протоколов, аутентификация, операции с сертификатами.
- ViPNet SafeDisk – безопасное хранение информации, использующее шифрование, систему контейнеров и экстренное отключение дисков или контейнеров.
- КриптоАРМ – программа шифрования, защита сети передачи через интернет, также использует электронную подпись.
- Континент – сетевая безопасность, использует VPN и COB. Включает в себя межсетевой экран и управление трафиком.

Популярные алгоритмы шифрования:

- DES (разработан в 70-х годах, но до сих пор пользуется популярностью) – симметричный алгоритм шифрования, он использует один и тот же ключ как для шифрования, так и для дешифрования информации. Используется ключ длиной 56(для шифра) бит и ещё 8 бит (для обнаружения ошибок), включая линейные и нелинейные преобразования. Блоки длиной 64 бит и цикл с 16 итераций улучшают защиту сети от хакера.
- Capston – в основе лежат две микросхемы, обеспечивающие шифрование, с помощью алгоритма SKIPJACK. Ключ имеет 80 символов и 32 прохода.
- PGT – использует 2 программы, как ключи, защищенными специальными фразами. Они находятся как у адресата, так и у адресанта. Расшифровать сообщения можно только с помощью двух ключей.

Защита беспроводной сети – во многих организациях и обычных домах используется беспроводная сеть, и самое уязвимое место в данном типе сетей это WI-FI роутер. И самая главная угроза для такого вида сетей это сниферы и другие подобные программы, используемые злоумышленниками. И для защиты от таких видов атак используются следующие методы:

- Лучше всего использовать надежные пароли для компьютера и роутера, к примеру, пароль должен иметь около 16 символов или более, содержать как заглавные, так и строчные буквы, цифры, и специальные символы. Чем длиннее пароль, тем больше времени понадобится для взлома.
- Регулярно обновлять ПО защиты, таких как антивирус или специальное ПО роутера.
- Должен быть установлен формат шифрования сети, такой как WPA, следует поставить самую новую его версию.
- Настоятельно рекомендуется использовать только лицензионный софт, ведь он регулярно обновляется, а значит, вероятность подхватить какой-нибудь вирус сильно снижается.

Четвертый метод – Регламентация – метод, при котором создаются такие условия обработки информации, при котором НСД сводится к минимуму.

Пятый метод – Побуждение- метод, который побуждает пользователей не нарушать защиту сети, путём соблюдения этических норм.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Челухин, В.А. Информационная безопасность предприятия: Москва 2020/ Владимир Алексеевич Челухин. – [б.м.]:Издательские решения, 2020. – 144 с.

2 Челухин, Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем: Учебное пособие для вузов / В. А. Челухин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 207с. - Библиогр.: с.201-207.

3 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

4 Моделирование процесса работы удостоверяющего центра. Сериков В.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 310-316.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Chelukhin Vladimir Alekseevith

Белобородов Владимир Олегович, студент; Beloborodov Vladimir Olegovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА АНТИВИРУСНЫХ ПРОГРАММ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ**

### **PROBLEMS OF CHOOSING ANTIVIRUS PROGRAMS BY THE USER**

Аннотация: Данная работа посвящена проблеме выбора антивирусных программ рядовым пользователем.

Abstract: This work is devoted to the problem of choosing antivirus programs by an ordinary user.

Ключевые слова: антивирус, программа, компьютер, диапазон, файлы, системы, пользователь, планшет.

Keywords: antivirus, program, computer, range, files, systems, user, tablet.

Антивирусные программы давно стали продуктом потребительским, установленным практически на каждом компьютере, планшете, смартфоне. И кажется, будто потребитель выбирает продукт из-за его дизайна, удобства или же из-за маркетинга.

Однако, это не совсем так. Чаще всего пользователь выбирает продукт не из-за дизайна и прочих внешних элементов, а из-за технической части программы, которая у большинства антивирусов значительно различается.

Основная потребность пользователя – от каких собственно вирусов оберегает эта система и насколько она надёжна. Сам антивирус обязан устранять как можно больше вредоносных компонентов и делать это достаточно качественно, чтобы пользователь мог не беспокоиться по поводу защиты своих данных и прочих значимых объектов. А кто не принимает это во внимание, в недалёком времени встречается с данной проблемой на практике, утрачивая денежные средства с банковских карт, пароли и другие важные данные.

#### **Стремительный прогресс вредоносных программ**

В наше время вирусы невероятно быстро развиваются. Даже учитывая то, что в компьютерных технологиях мы продвинулись далеко, это даёт плюсы и минусы как нам, так и потенциальным злоумышленникам. К сожалению, сейчас большинство антивирусных программ не способны дать хотя бы 90% гарантированной защиты. Это главная проблема всех современных антивирусных систем.

Из-за того, что технологии в последнее время развиваются с невероятной скоростью, количество вредоносных программ растёт с каждым годом всё больше и сильнее. В последствии, некоторые антивирусные компании и лаборатории банально не в состоянии совладать с невероятной огромной волной вирусов, которые могут накатить практически разом, и пользователи устройств становятся подвержены риску быть заражённым вредоносным кодом.

При этом, есть конечно и светлые стороны в сфере антивирусных систем. Несмотря даже на то, что по факту различные антивирусные компании конкуренты между собой, они охотно сотрудничают с друг другом. В таком случае, при появлении нового вируса, антивирусные сообщества никогда не забудут оповестить своих коллег по информационной безопасности о появившейся угрозе и, если имеют возможность, отправят образец вредоносного кода. Так же, они очень часто обмениваются различной информацией на самых разных закрытых конференциях.

#### **Необходимость постоянных обновлений**

Интернет – это площадка с огромным количеством различной информации, в том числе различных разновидностей файлов. К сожалению, в этих файлах зачастую внедрены вирусы, и они передаются с огромной скоростью на самые различные устройства. Чтобы предотвратить постоянное распространение антивирусным программам требуется постоянные обновления протоколов безопасности. В этом и заключается вторая проблема.

Скорость распространения вирусов невероятно велика и компании обязаны выпускать обновления как можно чаще. Это нужно в первую очередь для того, чтобы обезопасить своих пользователей от постоянно нарастающих угроз. Но, к сожалению, некоторые антивирусные программы не могут или не хотят выпускать необходимые обновления так, как стоило бы им это делать. Зачастую такие обновления протоколов выходят достаточно поздно, когда устройство пользователя уже могло быть использовано в интересах злоумышленников.

### **Удаление вируса из системы**

И так, предположим, что новая вредоносная программа внезапно прошла протокол безопасности и проникла в вашу операционную систему, а антивирус не смог её обнаружить или попросту не был вовремя обновлён. Потом, когда антивирусная программа была обновлена, вредоносное ПО было найдено. При этом, избавиться от него не так-то просто, как может показаться на первый взгляд. В этом то и заключается следующая проблема.

Очень часто большинство вирусных программ пытаются скрыться в системе пользователя, выполняя определенные действия. Бывает они попадают настолько глубоко, что процесс устранения является крайне непростой задачей даже для лучшего антивируса. Многие из антивирусных программ попросту не могут гарантировать пользователю безопасное удаление вредоносного ПО без последствий.

### **Целесообразность потребления ресурсов**

Надеемся, что всем известно то, что большинство программ забирает некоторые ресурсы у устройства. И естественно антивирусы так же попадают под этот список. Для того, чтобы обеспечить максимальную защиту, антивирусники производят некоторые действия с компьютером и его файлами: сканирование, открытие, чтение, удаление и так далее. И в зависимости от того, насколько часто им приходится это делать, зависит то, сколько ресурсов потребует у компьютера антивирусная программа. И тут может появиться следующая проблема, заключающаяся на том, что необходимо еще создавать баланс защиты и производительности для всех устройств.

И в данный момент, такие проблемы практически не решаемы. Нет разницы особой между медленным и быстрым антивирусом. И тот и другой в любом случае могут пропустить какие-то вирусы. Как мы уже говорили ранее, ни одна антивирусная система не может обеспечить 100% гарантию защиты. Точно так же это может быть с тем, что более затратный антивирус не сможет заметить какой-то вирус, тогда как менее затратный, заметит его без особых проблем. Здесь проблема кроется в технической архитектуре каждого антивируса. Но моя статья не об этом, так что мы перейдем к следующей проблеме антивирусной индустрии.

### **Техническая несовместимость**

Очень часто мы не можем заставить следить за одной и той же зоной в ядре сразу двух антивирусных программ. Это может привести к тому, что один из антивирусов не сможет следить за системными событиями, либо попросту произойдет отказ системы. В этом-то и заключается ещё одна новая проблема.

Слишком часто бывает такое, что установить два разных антивирусных ПО на устройство не будет возможности из-за их технической исключительности. Они попросту не смогут работать одновременно. Многие могут подумать, что это делается специально, что компании так пытаются конкурировать с целью вытеснения альтернатив. Однако, это совсем не так, и разработчики действительно стараются как можно больше уменьшить количество конфликтов с другими приложениями, включая антивирусными.

В заключение можно сделать выводы о том, что антивирусная индустрия имеет определённые проблемы. И некоторые из них возможно смогут решиться в будущем, а некоторые останутся с нами навсегда. Ни одна из современных антивирусных компаний никогда не сможет дать вам полную защиту и гарантию того, что все ваши данные будут в безопасности. Потому пользуйтесь интернетом с особой осторожностью и не забывайте о банальной информационной гигиене.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Челухин, В.А. Информационная безопасность предприятия: Москва2020/ Владимир Алексеевич Челухин. – [б.м.]:Издательские решения, 2020. – 144 с.

2 Челухин, Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем: Учебное пособие для вузов / В. А. Челухин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 207с. - Библиогр.: с.201-207.

3 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

4 Моделирование процесса работы удостоверяющего центра. Сериков В.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 310-316.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Chelukhin Vladimir Alekseevith

Воропаев Даниил Валерьевич, студент; Voropaev Daniil Valerievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ СЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ РАСПРЕДЕЛЁННОГО ТИПА

## THE PROBLEM OF USING NETWORK SCREENS IN A DISTRIBUTED ENTERPRISE

Аннотация. Данная работа посвящена применению сетевых экранов на предприятии распределенного типа.

Abstract: This work is devoted to the use of network screens in a distributed enterprise

Ключевые слова: шлюзы, маршрутизаторы, сервер, межсетевой экран, сеть.

Keywords: gateways, routers, server, firewall, network.

Для начала нужно понять, что же такое сетевой экран. Короче говоря, сетевой экран или межсетевой экран - это инструмент защиты нашей сети, который помогает разбить любую сеть на две или более и обеспечить нужное соблюдение свода правил, называемых такими условиями для передачи пакетов данных через границы из одной стороны сети в другую.

В наше время нет общей классификации сетевых экранов. Выберу последующие виды сетевых экранов:

Отсеивающие маршрутизаторы	Шлюзы уровня сеанса	Шлюзы имеющий уровень приложений
Отсеивающий маршрутизатор - это такой маршрутизатор или некоторая программа, работающая на сервере, настроенном так чтобы, выбирались исходящие и входящие пакеты. Фильтрация пакетов происходит на базе данных, в <i>Transmission Control Protocol</i> и <i>Internet Protocol</i> – заголовках наших пакетов.	Этот класс сетевых экранов является транслятором <i>Transmission Control Protocol</i> соединения. Шлюз запрашивает запрос нашего клиента на какие-то услуги и уже после апробации конкретного запрошенного сеанса создает запрос во внешний хост.	Чтобы защитить некоторые уязвимости, которые имеют отсеивающие маршрутизаторы, сетевые экраны используют прикладные программы для отсеивания подключений к таким службам, как <i>File Transfer Protocol</i> и <i>Telnet</i> .

Базовые методы использования сетевых экранов на распределенных предприятиях

Так, при подключении корпоративной сети к internet-сетям, админ сетевой безопасности обязан выполнить последующие задачи:

1. Защита информации корпоративной сети от удаленного доступа, не авторизованного internet-сетью.
2. Соккрытие приложений о сетевой конструкции и ее компонентах от использования internet-сети.
3. Разграничить доступ от глобальной к защищенной сети и от защищенной к глобальной сети.

Для того чтобы работать с *remote users* (удаленными пользователями) требуется использование непростых ограничений к доступу защищенным сетевым информационным ресурсам. Наряду с этим предприятия часто приходится держать в части корпоративной сетки некоторое количество сегментов с различными уровнями безопасности:

1. Сегменты свободно – доступные

2. Сегменты ограниченно – доступные

3. Сегменты закрытые

Для схемы, защищающей корпоративную или локальную сеть используются последующие базовые организационные типы сетевых экранов:

1. Сетевой экран, работающий как отсеивающий маршрутизатор.

2. Сетевой экран, имеющий в основе шлюз с двумя портами.

3. Сетевой экран, который использует экранированный шлюз.

4. Экранированная подсеть, использующаяся в сетевом экране.

Коротко о сказанных выше сетевых экранах

Сетевой экран, работающий как отсеивающий маршрутизатор. Этот экран, базирующийся на проверке пакетов, является распространённым и наиболее простым в работе и находится между сетью, которую защищает, и Интернетом.

Сетевой экран, имеющий в основе шлюз с двумя портами. Сетевой экран на базе шлюза с двумя портами представляется как хост с двумя сетевыми интерфейсами. В отличие от сетевого экрана, работающего как отсеивающий маршрутизатор, данный шлюз полностью блокирует трафик Internet Protocol между сетью, которую защищает и Интернетом.

Сетевой экран, который использует экранированный шлюз. Сетевой экран на базе экранированного шлюза имеет больший функционал если сравнить с сетевым экраном, который построен на базе шлюза с двумя портами, однако этот функционал получается в связи с уменьшением безопасности. Данный шлюз используется на хосте и, увы, имеет один сетевой интерфейс.

Экранированная подсеть, использующаяся в сетевом экране. Для использования экранированной подсетки реализуются внешний и внутренний маршрутизаторы. Внутренний маршрутизатор находится между внутренней подсетью, которую мы защищаем, и между экранируемой подсетью. Внешний же маршрутизатор находится между экранируемой подсетью и Интернетом. Такой сетевой экран показывает высокий уровень информационной безопасности из-за особенностей экранированной подсети, которая отлично справляется со своими обязанностями и защищает внутреннюю сеть от Интернета.

Недостатки применения сетевых экранов

Нужно понимать, что сетевой экран не может решить абсолютно все проблемы информационной безопасности сети предприятия. Есть такие ограничения, довольно важные, при использовании сетевых экранов:

➤ Довольно много мест остающихся в сетевых экранах, уязвимы. Допустим, можно сделать вседозволенный доступ по модему в сеть, которая защищается сетевым экраном, атакующий может с легкостью обмануть сетевой экран;

➤ Такая себе защита от рабочих предприятия. Сетевые экраны, как принято, не предназначены от угроз, исходящих изнутри предприятия;

➤ Доступа в сервисах, которые нам нужны, может не оказаться. Явный недостаток применения сетевого экрана заключается в том, что он может блокировать ряд сервисов, которые применяют пользователи, такие как: *Telnet*, *File Transfer Protocol* и другие. Чтобы решить такую проблему нужно провести хорошо продуманную политику безопасности, соблюдающей некую балансировку в требованиях безопасности и в том, что нужно нашему клиенту;

➤ Скорость интернета ограничивается.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Челухин, В.А. Информационная безопасность предприятия: Москва2020/ Владимир Алексеевич Челухин. – [б.м.]: Издательские решения, 2020. – 144 с.

2 Челухин, Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем: Учебное пособие для вузов / В. А. Челухин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 207с. - Библиогр.: с.201-207.

3 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

4 Моделирование процесса работы удостоверяющего центра. Сериков В.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 310-316.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Chelukhin Vladimir Alekseevith

Гордеев Григорий Ильич, студент; Gordeev Grigory Ilyich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ФОРЕНЗИКИ**

### **ACTUAL TASKS OF FORENSIS**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию проблем форензики.

Abstract. This work is devoted to the study of the problems of forensics

Ключевые слова: сетевая активность, информационная безопасность, трафик, прокси-сервер.

Keywords: network activity, information security, traffic, proxy server.

Когда происходит утечка информации, многие люди могут сомневаться, что делать дальше. Поскольку данные, хранящиеся в персональном компьютере, представляют собой электромагнитную запись, хранящуюся в виде файла, их можно легко скопировать или подделать. Следовательно, необходимо уточнить юридические доказательства, и в этом случае пригодится «компьютерная криминалистика».

**Что такое компьютерная криминалистика?** Методы опроса, такие как поставщики и инструменты.

«Судебная экспертиза» в компьютерной криминалистике означает суд, науку и расследование. А компьютерная криминалистика - это технология, которая собирает и анализирует данные, записанные в самом компьютере, и уточняет юридические доказательства в случае совершения преступления, такого как утечка информации или несанкционированный доступ.

Используя технологию компьютерной криминалистики, можно выяснить, когда и где было совершено преступление, на какую уязвимость была направлена цель и т. д.

#### **Важность компьютерной криминалистики.**

Выводы, полученные компьютерной криминалистикой, могут быть важным доказательством с правовой основой для дела. Таким образом, в случае утечки информации или заражения вирусом можно быстро определить степень ущерба и степень воздействия и использовать их в качестве подтверждения важных доказательств, связанных с местом ответственности и размером компенсации за ущерб.

Также можно ожидать, что он будет эффективным сдерживающим фактором для предотвращения повторения подобных инцидентов, и можно сказать, что он важен для пересмотра текущих мер безопасности.

#### **Содержание компьютерной криминалистики.**

Содержание исследования компьютерной криминалистики включает следующие случаи.

- Удаление данных пенсионерами
- Неоплачиваемая сверхурочная работа
- Сексуальные домогательства, притеснения властью
- Откат (незаконный возврат)
- Промышленный шпионаж (акт незаконного получения конфиденциальной информации, принадлежащей компании)

#### **Метод компьютерной криминалистической экспертизы.**

При проведении компьютерной криминалистической экспертизы требуется широкий спектр знаний в области права, сетей, безопасности и т. д.. Следовательно, если принудительно извлечь данные по своему усмотрению, они могут быть непригодны для использования в качестве

юридического доказательства или, в худшем случае, сами исходные данные могут быть удалены. Чтобы избежать этого, безопаснее всего в случае возникновения проблемы как можно скорее обратиться в профессиональную судебно-медицинскую компанию.

Используя инструменты судебной экспертизы и анализа, можно восстановить и исследовать удаленные данные.

Однако при использовании инструментов криминалистического расследования и анализа необходимо установить эти инструменты до того, как произойдут кибератаки или утечки информации. Кроме того, существует предел диапазона, который можно исследовать индивидуально, поэтому рекомендуется сначала проконсультироваться с компанией судебно-медицинской экспертизы.

### **Общий порядок проведения компьютерной криминалистической экспертизы**

Вот общие шаги, которые следует предпринять при обращении в компанию компьютерных криминалистических исследований.

1. Прежде всего, необходимо прояснить, какая проблема возникла, и прояснить проблему, которую необходимо решить. Оттуда сформулировать гипотезу в соответствии с консультационным случаем и определить приоритетность пунктов опроса. Это может привести к открытию новых субъектов и объектов, что является очень важным процессом для точного анализа.

Также важно заключить соглашение о неразглашении информации, чтобы предотвратить несанкционированное использование информации в это время.

#### **2. Сохранение доказательств**

Чтобы сохранить данные об исследуемом оборудовании, его продублируют его целиком. Сохранение предназначено для обеспечения доказательств для использования в испытаниях.

Поскольку важно точно записывать состояние при возникновении проблемы, сохраняя свидетельства, данные на целевом устройстве не будут изменены и могут быть использованы в качестве свидетельства.

#### **3. Обзор / анализ**

Необходимо проанализировать, что произошло на самом деле, сравнив информацию, полученную во время слушания, с информацией целевого устройства.

Доказательные данные - это огромный объем информации, такой как сообщения электронной почты и история, поэтому необходимы технологии для поиска доказательств и причин на их основе.

#### **4. Отчет**

После завершения анализа результаты анализа будут обобщены и представлены в виде отчета компаниям, которые будут опрошены. После завершения расследования все рабочие данные будут полностью стерты и уничтожены.

### **Баллы при запросе исследовательской компании.**

Даже если говорить о компьютерных криминалистических исследованиях, то все же их трудно выбрать, потому что существует много компаний, занимающихся судебными исследованиями. Поэтому необходимо проверить следующие моменты при оформлении запроса.

- Меры безопасности идеальны?

Убедитесь, что вы ознакомились с международным стандартом мер безопасности «ISO 27001». Его могут получить только компании, которые соответствуют условиям, предусмотренным мировым стандартом, поэтому надежность этой компании может быть повышена.

Выберите судебно-медицинскую компанию, которая имеет хорошо отлаженную систему безопасности, так как вы будете хранить важные вещественные доказательства и данные на определенный период времени.

- У вас есть технические возможности и достижения?

Для исследования и анализа данных также важна технология восстановления удаленных данных и инициализированного оборудования. Если восстановление не удастся, время и деньги будут потрачены впустую, поэтому очень важно выбрать исследовательскую компанию, которая четко указывает ответы на результаты такого опроса на своем веб-сайте.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Chelukhin Vladimir Alekseevith

Горошков Анатолий Евгеньевич, студент; Goroshkov Anatoly Evgenievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ЗНАЧЕНИЕ ФОРЕНЗИКИ В РАСКРЫТИИ ПРЕСТУПЛЕНИЙ В ЦИФРОВОМ МИРЕ**

### **THE IMPORTANCE OF FORENSICS IN SOLVING CRIMES IN THE DIGITAL WORLD**

Аннотация: работа посвящена раскрытию преступлений совершённых с использованием компьютерных технологий.

Abstract: The work is devoted to the disclosure of crimes committed using computer technology.

Ключевые слова: форензика, антивирус, программа, компьютер, диапазон, файлы, системы, технологии.

Keywords: forensics, antivirus, program, computer, range, files, systems, technologies.

В наше время все больше преступлений совершаются с использованием компьютерных технологий. И естественно этот факт повлиял на создание новой науки, которая занимается раскрытием преступлений с использованием компьютерных технологий. Такой наукой стала форензика.

Для начала стоит отметить, что форензика является лишь частью криминалистики. Однако из-за всеобщей компьютеризации общества данная часть криминалистики становится все более обширной и востребованной.

Теперь необходимо дать четкое определение понятию форензика. Форензика - это наука о раскрытии незаконной деятельности, связанной с информацией, хранящейся на компьютере, об исследовании виртуальных доказательств, методах обнаружения, получения и развития доказательств по расследованию компьютерных преступлений. Форензика является подразделом криминалистики. Данное слово произошло от английского <<computer forensics>>, что дословно обозначает: компьютерная криминалистика.

#### **Что является предметом форензики:**

- криминальная практика – рассматривает определенные методы, орудия благодаря которым совершаются преступления, их последствия, оставляемые улики, личность преступника;
- практика в виде судебной или следственной по совершению компьютерных преступлений;
- способы благодаря которым эксперты исследуют компьютерную информацию и, в частности, программы для компьютеров;
- новые технологии отраслей связи и компьютерных технологий, их влияние на людей, а также возможности их эксплуатации как для совершения незаконной деятельности, так и для предотвращения и раскрытия этой деятельности.

#### **Целостность**

Говоря о форензике стоит отметить такое понятие, как целостность. Все с чем работает специалист по форензике является компьютерной информацией, а как известно такую информацию можно легко уничтожить, изменить, или повредить её целостность. Причем будут определены проблемы с тем, чтобы обнаружить эти изменения невооруженным взглядом. Именно поэтому специалисту по форензике необходимо иметь определенный инструментарий для получения большей информации с устройства. Такими программами могут являться как готовые дистрибутивы, так и отдельные утилиты.

#### **Средства для раскрытия компьютерных преступлений**

Компьютерные преступления, в отличии от более привычных нам видов преступлений, оставляют другие улики, их невозможно пощупать, но это и не требуется. Для нахождения таких улик чаще всего не нужно прибегать ни к каким средствам кроме самого компьютера. Обычно вся необходимая информация хранится прямо в системе и информацию с такого устройства можно извлечь просто просмотром данных о включении, выключении и работе с устройством. Не стоит забывать об уже готовых программах и утилитах, которые при установке на устройство преступления могут предоставить более подробную информацию, однако существуют некоторые устройства, которые могут упростить раскрытие преступления. К таким устройствам можно отнести: 1) устройство для клонирования внутреннего диска ПК. 2) Уже готовые переносные ком-

пьютеры с необходимыми программами и утилитами для дешифровки данных. 3) Устройства для считывания заблокированной информации с дисков. 4) Для работы с сотовыми телефонами, устройства для чтения данных с сим карты.

### **Контр форензика**

В конце доклада хотелось бы рассмотреть такую интересную тему, как контр - форензика, а именно методы, которые мешают расследовать киберпреступления. Для того чтобы понять, что может мешать в раскрытии киберпреступлений необходимо понять, кому может быть выгодно мешать специалисту по кибербезопасности.

1) Самое очевидное – киберперступник. Он может использовать методы анти-форензики для удаления, шифрования или изменения важной информации. Все эти действия могут затянуть расследование или просто поставить его в тупик. Однако у таких людей могут возникнуть проблемы с тем, что необходимых программ существует не много так как большие корпорации едва ли заинтересованы в создании методов закрытия киберпреступлений, которые в конечном итоге могут обратиться против них самих.

2) Все методы укрытия информации также являются методами защиты информации от взлома или утечек. Большая часть таких методов занимается не только защитой от доступа к информации, но и её шифрованием, что в свою очередь является эффективным инструментом, предотвращающим утечки, однако это может помешать в раскрытии преступления, так как затруднит доступ к информации и будет сложно разобрать, что именно успели украсть.

3) Это право обычных граждан на приватную жизнь. Однако эта проблема для хорошего специалиста в области форензики не будет преградой, так как методы защиты такой информации чаще всего бывают довольно примитивными, так как большинство пользователей слабо заботятся о серьезной защите и обычно прибегают к довольно банальным вещам вроде защитника Windows или простейшего оборудования.

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Челухин, В.А. Информационная безопасность предприятия: Москва2020/ Владимир Алексеевич Челухин. – [б.м.]:Издательские решения, 2020. – 144 с.

2 Челухин, Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем: Учебное пособие для вузов / В. А. Челухин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 207с. - Библиогр.: с.201-207.

3 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

4 Моделирование процесса работы удостоверяющего центра. Сериков В.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 310-316.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;  
Chelukhin Vladimir Alekseevith

Дятлов Александр Александрович, студент; Dyatlov Alexander Alexandrovich

Бондарев Илья Валерьевич, студент; Bondarev Ilya Valeryevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### **ПРОБЛЕМЫ НАСТРОЙКИ АНТИВИРУСНЫХ ПРОГРАММ**

### **PROBLEMS CONFIGURING ANTIVIRUS PROGRAMS**

Аннотация: Данная работа посвящена проблеме настройки антивирусных программ

Abstract: This paper is devoted to the problem of configuring antivirus programs.

Ключевые слова: антивирус, программа, компьютер, диапазон, файлы, системы, вредоносный код.

Keywords: antivirus, program, computer, range, files, systems, malicious code.

Антивирусная программа – это специализированная программа для сканирования и обнаружения вредоносной программы, а также восстановления модифицированных такими программами файлов.

Методы защиты от вирусов:

- метод анализирование содержимого файла, заключается в проверке на целостность и сканирование подозрительных команд;
- метод отслеживания поведений программ, заключается в протоколировании всех событий, угрожающих безопасности систем;
- метод регламентации порядка работы с фалами и программами.

Проблемы, с которыми можно столкнуться при установке и настройке антивирусной программы. При установке на персональный компьютер антивирусной программы она может не запуститься так как во время скачивания файла он мог повредиться из-за перебоя в интернет соединение.

Если в брандмауэр Windows и настройках сети стоят очень жесткие рамки доступа, то система не будет пропускать программное обеспечение из подозрительных источников. Еще одним из признаков неработоспособности антивирусной программы является вирусная атака. При вирусной атаке антивирусные программы стремятся обезопасить себя от удаления, в этом случае антивирус становится бесполезным. Антивирусные программы без всяких проблем устанавливаются на любую операционную систему, но иногда его невозможно установить из-за остатков прежнего защитника. Мощный вирус может блокировать установку или запуск антивирусной программы. В данном случае для поиска вредоносного программного обеспечения следует перейти в безопасный режим работы компьютера. При таком способе поиска вируса следует сделать резервную копию данных. Причины, из-за которых не запускаются антивирусные программы:

- окончание срока лицензии ПО;
- отсутствие одного или нескольких компонентов антивируса;
- несовместимость с системой;
- наличие на персональном компьютере более одного антивируса.

Один из больших минусов антивирусной программы то что он влияет на производительность остальной части компьютера или системы, чаще всего антивирусная программа работает в фоновом режиме. Это предполагает собой постоянное потребление ресурсов персонального компьютера.

Такие серьезные антивирусные программы, как Avast, Norton, AVG, непросто установить на персональный компьютер, но, еще сложнее удалить. При попытках удаления данных антивирусных программ могут повредиться взаимные связи в реестре и это может привести даже к полному выходу из строя компьютера. Для того чтобы удалить данные программы без негативных последствий, следует посетить официальный сайт разработчика антивирусной программы и скачать специальный деинсталлятор. После удаления следует воспользоваться программой для чистки компьютера.

Отсутствие одного и более компонентов может возникнуть из-за их случайного удаления. Так, например, при установке какого-либо приложения, каким-то образом будет указан путь установки в папку с антивирусом, и один файл этого приложения заменит файл, с таким же названием, антивирусной программы. Исправить эту ошибку можно путем удаления и повторного установки антивируса.

Основные виды антивирусных программ:

- Программы-детекторы.
- Программы-доктора.
- Программы.
- Программы-фильтры создана для обнаружения подозрительных действий.
- Программы-вакцины - это специальные программы, предотвращающие заражение файлов.

Перед установкой антивируса необходимо знать, что в этой операционной системе есть собственное средство защиты. Многие обходятся бесплатным антивирусом от Windows. В случае установки дополнительной антивирусной программы защитник операционной системы может

выдать ошибку, так как это вызовет проблему совместимости. Для устранения проблемы рекомендуется вручную настраивать антивирус.

Минусы антивирусных программ на персональном компьютере:

1. Тормозят систему, антивирусные программы могут замедлять работу персонального компьютера или интернета, поскольку он всегда работает в фоновом режиме.

2. Проблемы в безопасности антивирусных программ, в антивирусных программах существуют дыры в безопасности, через которые вирусы находят точки входа.

Еще одной из причин которую должен знать каждый, заключается в том, что, установив антивирус, мы не станем не уязвимыми. Сказать антивирусы защищают на 100% это неправильно, следует самим применять определенные меры предосторожности. Также каждую программу необходимо обновлять, чтобы не стать целью для вирусной атаки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Челухин, В.А. Информационная безопасность предприятия: Москва 2020/ Владимир Алексеевич Челухин. – [б.м.]:Издательские решения, 2020. – 144 с.

2 Челухин, Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем: Учебное пособие для вузов / В. А. Челухин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 207с. - Библиогр.: с.201-207.

3 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

4 Моделирование процесса работы удостоверяющего центра. Сериков В.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 310-316.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;  
Chelukhin Vladimir Alekseevith.

Караванов Иван Владимирович, студент; Karavanov Ivan Vladimirovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

### INFORMATION SECURITY OF COMPUTER COMMUNICATION NETWORKS

Аннотация. Данная работа посвящена решению организации информационной безопасности компьютерных сетей связи.

Abstract. This work is devoted to the solution of the organization of information security of computer communication networks.

Ключевые слова: антивирус, программа, защита, ловушка, сервер, информация.

Keywords: antivirus, program, protection, trap, server, information.

Сетевая безопасность обычно относится к безопасности компьютерных сетей, но на самом деле она также может относиться к безопасности компьютерных сетей связи. Компьютерная коммуникационная сеть - это система, которая соединяет между собой несколько компьютеров с независимыми функциями через коммуникационное оборудование и среду передачи, и реализует передачу и обмен информацией между компьютерами при поддержке коммуникационного программного обеспечения. Под компьютерной сетью подразумевается использование средств связи для соединения нескольких независимых компьютерных систем, оконечного оборудования и оборудования передачи данных, которые относительно разбросаны по региону с целью совместного использования ресурсов.

Криптографические средства преобразования информации являются более действенным способом обеспечения конфиденциальности данных, их цельности и истинности. При передаче информации в сетях, могут начаться проблемы:

перехват информации - это проблема, при которой нарушается конфиденциальность, но сохраняется целостность;

модификации информации - это проблема, при которой заменяется или изменяется источник сообщения и отправляется адресату;

замена авторства информации - эта проблема имеет крайне нешуточные последствия. Например, некто внезапно отправляет послание от вашего имени (данный вид замены обычно называют спуфингом).

Также, существуют другие проблемы защиты информации в сети

Во-первых, у каждого МЭ (межсетевой экран) есть свои достоинства, и свои недостатки. Во-вторых, нужно правильно настроить МЭ и обеспечивать его работоспособность в дальнейшем. И в-третьих, в корпоративной сети могут действовать особые задачи, которые напрямую связаны с родом деятельности, и для которых существует необходимость в настройке МЭ особым образом, чтобы они не могли помешать друг другу и в то же время не давать каналы утечки данных.

Впрочем, основным в решении проблем информационной защиты в сети является существование ИС (информационная система), которая удовлетворяет следующему перечню требований:

Однородная компьютерная сеть на базе более новых версий ОС (операционная система) семейства Windows (на данный момент актуальные версии - Windows Server 2019, которая отвечает за серверную часть, и Windows 10, которая ориентирована на работу с клиентом).

Точная настройка МЭ (брандмауэров) в соответствии со подтвержденной в компании (организации) политикой информационной безопасности. Регулярный контроль соотношения данной опции установленной политике ИБ в компании.

Непрерывное механическое развитие компонентов ОС серверов также покупателей (MS SUS/WUS).

Кроме того, никак нельзя выпускать из виду постоянное администрирование сети.

Систематическое промышленное обслуживание вашей компьютерной сети считается обязательной составляющей предоставления верной и безобидной работы ваших систем. Излишние сведения, вышедшее из употребления программное обеспечение, позабытые почтовые ящики также фрагменты прежних обновлений имеют все шансы приостановить службу вашей общесетевой концепции, вероятно иницируя трудности со отдачей также производительностью вашего бизнеса.

Немаловажно гарантировать защищенность сведений со поддержкой постоянной уборки, такого рода равно как:

дополнительное копирование файлов

операции ввода паролей

системные журналы

удаление допуска около работников, какие отходят либо увольняются

Так как ваши сведения станут содержаться во 1 месте на сервере, физиологическая безопасность также весьма значима. Разузнайте более об защищенности сервера. Представленный выше список требований является далеко не полным. Это одни из самых важных элементов защиты ИС, которые дают возможность уменьшить возможность нарушений (утечка либо искажение данных, либо отказ в получении информации из ИС), а также условий их возникновения (под термином "условия возникновения" понимают следующий перечень: заражение вирусами, прорехи в ПО (программное обеспечение), несогласованная с руководством установка и запуск различных приложений, возможность несанкционированной записи данных на флеш-карты, диски и иные внешние носители информации, или её несанкционированного предоставление доступа вредоносным пользователям.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Челухин, В.А. Информационная безопасность предприятия: Москва2020/ Владимир Алексеевич Челухин. – [б.м.]:Издательские решения, 2020. – 144 с.

2 Челухин, Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем: Учебное пособие для вузов / В. А. Челухин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 207с. - Библиогр.: с.201-207.

3 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

4 Моделирование процесса работы удостоверяющего центра. Сериков В.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 310-316.

Дополнительно:

Список использованных источников

1. <https://itglobal.com/ru-ru/company/glossary/setevaya-bezopasnost-bezopasnost-seti/>
2. [https://www.cisco.com/c/ru\\_ru/products/security/what-is-network-security.html](https://www.cisco.com/c/ru_ru/products/security/what-is-network-security.html)
3. [http://infoprotect.net/note/problemyi\\_zasccityi\\_informacii\\_v\\_setyah](http://infoprotect.net/note/problemyi_zasccityi_informacii_v_setyah)

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;  
Chelukhin Vladimir Alekseevith.

Монастырная Елизавета Игоревна, студент; Monastic Elizaveta Igorevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОЛИТИКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

### **KEY ELEMENTS OF INFORMATION SECURITY POLICY**

Аннотация. Данная работа посвящена решению проблем разработки политики информационной безопасности предприятий.

Abstract: This work is devoted to solving the problems of developing an information security policy of enterprises.

Ключевые слова: политика, защита, элементы, безопасность, риски.

Keywords: policy, protection, elements, security, risks.

Каковы ключевые элементы политики информационной безопасности?

Политика информационной безопасности может быть сколь угодно широкой. Она может охватывать ИТ-безопасность и/или физическую безопасность, а также использование социальных сетей, управление жизненным циклом и обучение безопасности. В общем, политика информационной безопасности будет состоять из этих девяти ключевых элементов:

#### 1. Цель

Необходимо обозначить цель политики информационной безопасности, которая должна: обеспечить информационную безопасность своей организации, выявить и предотвратить нарушения информационной безопасности, вызванных сторонними поставщиками, неправомерным использованием сетей, данных, приложений, компьютерных систем и мобильных устройств, защитить репутацию организации, соблюдать этические, правовые и нормативные требования, защищать данные клиентов и отвечать на запросы и жалобы о несоблюдении требований безопасности и защиты данных.

#### 2. Аудитория

Необходимо также определить, к кому применяется политика информационной безопасности, а к кому нет, поскольку сторонние поставщики могут быть не включены в вашу политику информационной безопасности. Следует учитывать риски третьих лиц и поставщиков, и неважно, есть ли у вас юридическая или нормативная обязанность защищать данные своих клиентов.

#### 3. Цели политики информационной безопасности

Цели должны быть согласованными с руководством, как и стратегии, используемые для их достижения.

#### 4. Политика полномочий и контроля доступа

Этот ключевой момент посвящен принятию решения, кто имеет право решать, какими данными можно делиться, а какими – нет, поскольку это не всегда зависит от вашей организации. Например, если вы храните медицинские записи, они не могут быть переданы посторонним лицам лично или через Интернет.

Политика контроля доступа может помочь определить уровень власти над данными и ИТ-системами для каждого уровня вашей организации. В нем следует указать, как обращаться с конфиденциальной информацией, кто отвечает за меры безопасности, какой контроль доступа существует и какие стандарты безопасности являются приемлемыми.

Он также может включать политику сетевой безопасности, в которой указывается, кто может иметь доступ к сетям и серверам компании, а также какие требования к аутентификации необходимы, включая требования к надежному паролю, биометрические данные, идентификационные карты и токены доступа.

#### 5. Классификация данных

Политика информационной безопасности должна классифицировать данные по категориям. Хороший способ классификации данных - пять уровней, которые диктуют возрастающую потребность в защите:

Уровень 1: общедоступная информация

Уровень 2: Информация, которую ваша организация решила сохранить конфиденциальной, но разглашение не причинит материального ущерба.

Уровень 3: раскрытие информации может причинить материальный ущерб отдельным лицам или вашей организации.

Уровень 4: Раскрытие информации имеет высокий риск причинения серьезного вреда отдельным лицам или вашей организации.

Уровень 5: Раскрытие информации нанесет серьезный вред отдельным лицам или вашей организации.

В этой классификации уровни 2–5 будут классифицироваться как конфиденциальная информация и потребуют определенной, более строгой защиты.

#### 6. Поддержка данных и операции

После того, как данные были классифицированы, необходимо обрисовать в общих чертах, как данные будут обрабатываться на каждом уровне. Эта часть политики информационной безопасности обычно состоит из трех компонентов:

Правила защиты данных: организации, хранящие личную информацию или конфиденциальные данные, которые должны быть защищены в соответствии со стандартами организации, передовой практикой, отраслевыми стандартами и нормативными актами.

Требования к резервному копированию данных: описывает, как выполняется резервное копирование данных, какой уровень шифрования используется, и какие сторонние поставщики услуг используются.

Перемещение данных: описывает, как данные передаются. Данные, которые считаются классифицированными в приведенной выше классификации данных, должны безопасно передаваться с помощью шифрования и не передаваться по общедоступным сетям, чтобы избежать атак типа "злоумышленник посередине".

#### 7. Тренинг по вопросам безопасности

Совершенная политика информационной безопасности, которой никто не следует, не лучше, чем отсутствие политики вообще. Необходимо, чтобы все сотрудники понимали, что от них требуется соблюдение правил политики безопасности. Следует проводить обучение для информирования сотрудников о требованиях безопасности, включая защиту данных, классификацию данных, контроль доступа и общие угрозы безопасности.

Обучение безопасности должно включать:

Социальную инженерию: научите своих сотрудников фишингу, целевому фишингу и другим распространенным кибератакам с использованием социальной инженерии.

Политика чистого рабочего стола: ноутбуки следует брать с собой домой, а документы не следует оставлять на столе в конце рабочего дня.

Приемлемое использование: для чего сотрудники могут использовать свои рабочие устройства и Интернет и что ограничено?

#### 8. Ответственность и обязанности сотрудников

На данном этапе реализуется политика информационной безопасности. В этой части политики информационной безопасности необходимо указать владельцев:

- 1) Программы безопасности
- 2) Политики допустимого использования
- 3) Политики сетевой безопасности
- 4) Политики физическая охраны

Вот такие элементы политики безопасности необходимы присутствовать в политики ИБ каждого предприятия.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Челухин, В.А. Информационная безопасность предприятия: Москва2020/ Владимир Алексеевич Челухин. – [б.м.]:Издательские решения, 2020. – 144 с.

2 Челухин, Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем: Учебное пособие для вузов / В. А. Челухин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 207с. - Библиогр.: с.201-207.

3 Обеспечение информационной безопасности распределённой информационной системы "инфорсер-инжиниринг". Шорин В.С., Трещев И.А. В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 505-508.

4 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Chelukhin Vladimir Alekseevith

Ченченко Михаил Герасимович, студент; Chenchenko Mikhail Gerasimovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## “КИБЕРЛОВУШКИ” ДЛЯ ЗЛОУМЫШЛЕННИКОВ

### "CYBER TRAPS" FOR INTRUDERS

Аннотация. Данная работа посвящена решению проблем информационной безопасности с помощью ловушек для злоумышленников.

Abstract This work is devoted to solving the problems of information security with the help of traps for hackers.

Ключевые слова: антивирус, программа, защита, ловушка, сервер, информация.

Keywords: antivirus, program, protection, trap, server, information.

Honeypot – ловушка для злоумышленников, именно так её называют в сфере информационной безопасности. Её задача - отвлечь злоумышленника от реально существующего сервера, заманить на виртуальный, где указана недостоверная и ложная информация. Злоумышленник даже не будет об этом подозревать, но сервер-ловушка заметит, что в него проник нелегитимный пользователь, тем самым даст сигнал программисту о подозрительной активности.

Злоумышленники «клюют» на приманку, тем самым дают специалистам возможность отследить все их ходы, а также отвлечь от реального сервера. Ловушка имитирует реально существующий сервер, но с ненужной информацией, о чём злоумышленник знает и начинает взлом.

Сервер может симитировать систему выставления счетов клиентам какой-либо компании, что является популярной целью среди злоумышленников, желающих получить номера чужих кредитных карт. После того как хакер «проглотил наживку», за его ходами можно наблюдать, чтобы изучить поведение злоумышленника и в последующем способы защиты реально существующих систем.

Ловушки намеренно делают более уязвимыми, тем самым привлекая внимание злоумышленника. Например, преступник будет отвлечён от настоящих серверов увеличиваются.

Ловушка никак не поможет в решении конкретных проблем безопасности. Ловушка скорее является информационным инструментом, который помогает в изучении существующих и выявлении новых угроз безопасности. Используя собранные ресурсы, после атаки хакера, можно использовать для дальнейшей изменений и доработки информационной безопасности.

Киберловушки это отличный способ для нахождения уязвимостей важных для специалиста систем. Ловушки могут не только продемонстрировать опасность атаки на устройства, но и подсказать, как можно усилить защиту.

В ловушке по определению не может быть каких-либо активностей – любая зафиксированная деятельность, являющаяся попыткой взлома или прочёсывания системы.

Киберловушки помогают, и с их помощью не сложно найти закономерности, которые свидетельствуют о том, что сервер был прочёсан злоумышленником.

Признаки таких атак легко могут потеряться среди других. Также плюсом ловушек является то, что кроме адресов, являющихся вредоносными, злоумышленник вряд ли что сможет обнаружить ещё - это намного может увеличить шанс нахождения атаки.

Также, киберловушки потребляют крайне мало трафика. Для ловушек не требуется мощное оборудование. Для установки ловушки подойдут абсолютно любые компьютеры. В интернете можно найти готовые ловушки, это поможет облегчить задачу, сэкономить время на создании и запуске своих ловушек.

Плюс ловушек также в том, что они дают минимальное количество ложных срабатываний, в отличие от обычных систем обнаружения вредоносных вторжений. Ловушки помогают в совершенствовании и доработке остальных систем безопасности, не теряя каких-либо данных или информации, носящей ярлык «конфиденциально».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Челухин, В.А. Информационная безопасность предприятия: Москва2020/ Владимир Алексеевич Челухин. – [б.м.]:Издательские решения, 2020. – 144 с.

2 Челухин, Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем: Учебное пособие для вузов / В. А. Челухин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 207с. - Библиогр.: с.201-207.

3 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

4 Моделирование процесса работы удостоверяющего центра. Сериков В.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 310-316.

УДК 004.056

Чернов Роман Валерьевич, консультант; Chernov Roman Valer'evich

Наташкина Елена Анатольевна, младший научный сотрудник;

Nataskina Elena Anatol'evna

## ЦЕЛЕВЫЕ АТАКИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

### TARGET ATTACKS IN INFORMATION SECURITY

Аннотация. В статье рассматривается вопрос, связанный с возрастанием количества таких угроз, как целевая атака. Обосновывается положение, что обеспечение информационной безопасности должно учитывать сложность целевых атак, которые направлены на конкретную систему и имеют многоступенчатые внутренние процессы для определенных механизмов безопасности системы. Представлены основные возможности специалистов информационной безопасности служб правительства Тульской области.

Abstract. The article discusses the issue associated with an increase in the number of threats such as target attack. The situation is justified that the provision of information security should take into account the complexity of target attacks that are aimed at a specific system and have multistage internal processes for certain system security mechanisms. The main possibilities of information security specialists of the Government of the Tula region are presented.

Ключевые слова: целевая атака, информационная безопасность, информационные технологии, цифровые решения, цифровая экономика, информатизация.

Keywords: target attack, information security, information technology, digital decisions, digital economy, informatization.

На сегодняшний день вопрос, связанный с обеспечением информационной безопасности является актуальным для любой сферы деятельности. Переход к цифровой экономике позволяет активно внедрять средства информатизации и использовать их в организациях. Однако, при этом возрастают и число угроз информационной безопасности. Изучение вопроса, связанного с целевыми атаками, позволяет понимать их суть, и уже исходя из этого выстраивать алгоритмы защиты.

Ежегодно организации усложняют свою информационную инфраструктуру. Так, они внедряют новые цифровые решения, совершенствуя инструменты для осуществления деятельности и принятия управленческих решений. Поэтому бизнес-процессы, протекающие в организации, становятся уязвимыми. Например, если завис сервер и с рабочих мест стерлась значимая информация или нарушилась работа автоматизированной системы формирования счетов к оплате, то они останавливаются.

На примере служб правительства Тульской области рассмотрим, как обеспечивается информационная безопасность и защита от целевых атак.

На создание системы информационной безопасности влияют:

- имеющиеся инциденты;
- поведение сотрудников.

Поэтому можно сказать, что система информационной безопасности в службах правительства Тульской области строится, в основном, по схеме «снизу - вверх»: от отдельных инцидентов и служб к общей системе. На рисунке 1 приведены основные возможности специалистов информационной безопасности, доступные уже сегодня.

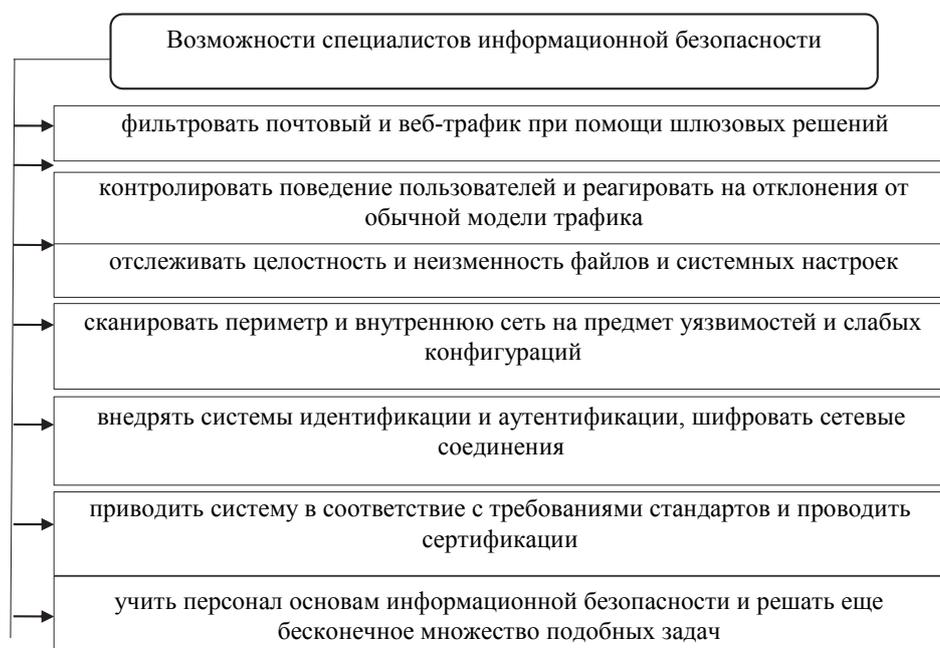


Рисунок 1 – Возможности специалистов информационной безопасности

Перечисленные возможности в большей степени позволяют повысить информационную безопасность, однако количество угроз и их структура постоянно меняются. Так же они сами по себе усложняются. Поэтому число атак, которые достигают информационную инфраструктуру, ежегодно возрастает. Ущерб от них также увеличивается. Это связано с тем, что атаки становятся более сложными и подготовленными, а также они учитывают важные особенности целевой системы.

По своей сути атаки на информационную инфраструктуру бывают массовыми и целевыми. Массовые атаки реализуются злоумышленниками посредством рассылки различными методами в организации стандартного вредоносного программного обеспечения и сводятся к получению доступа к отдельной конечной точке. В свою очередь целевая атака направлена на конкретный объект и имеет точную цель.

Под целевой атакой принято понимать процесс несанкционированной активности информационной системы или ее объекта, который происходит непрерывно, управляется вручную в режиме реального времени [2].

Необходимо пояснить некоторые детали определения. Сам процесс представляет собой деятельность, которой требуется определенное время, т.е. это не отдельное действие. Также целевая атака направлена на конкретную систему, поэтому «обходные пути» строятся для определенных механизмов безопасности. То же самое и с сотрудниками организаций – атаки рассчитываются на вовлечение определенных людей, исполняющих конкретные функции. При реализации целевой атаки злоумышленниками зачастую проводится сбор информации о самой компании и ее сотрудниках, после чего они изучают их в имеющихся в свободном доступе источниках (сайт организации, социальные сети).

Уязвимость сотрудников организации также во многом определяется пренебрежением минимальных мер защиты информации и низким уровнем компьютерной грамотности [1]. С учетом этого также формируются атаки.

Необходимо отметить, что раньше угрозам подвергались отдельные физические лица, а теперь все чаще объектами целевых атак стали сами организации, в том числе и государственные структуры.

Целевые атаки осуществляются посредством технических средств. Удачные из них используются в дальнейшем для проведения атак на другие объекты.

Согласно данным Лаборатории Касперского целевая атака состоит из следующих фаз:

1. Подготовительная фаза. Она характеризуется тем, что выявляется цель, исходя из которой начинается сбор информации. Далее идет разработка плана действий или стратегии с определением механизмов воздействия.

2. Фаза проникновения. Она характеризуется созданием и внедрением техник обхода стандартных средств защиты. Далее подключается социальная инженерия, используются комбинированные техники и т.д. Данная фаза представляет собой процесс, идущий от простого к сложному, т.е. обход системы безопасности атакуемого объекта начинается со стандартных техник, усложняясь до самого момента проникновения. Завершается загрузкой вредоносного кода.

3. Фаза распространения. Она характеризуется закреплением внутри информационной инфраструктуры. Здесь происходит максимальный захват контроля над объектом с возможностью коррекции версии вредоносного кода посредством центров управления.

4. Фаза достижения целей. Когда атака достигла объекта, внедрила в него вредоносный код и захватила контроль, то злоумышленники осуществляют действия, которыми могут быть:

- доступ и хищение информации, содержащей государственную, коммерческую тайну или любую иную закрытую информацию;
- доступ и хищение конфиденциальной информации;
- изменение данных и информации, в том числе закрытой;
- манипуляции с бизнес-процессами;
- сокрытие следов «взлома» системы.

Ущерб, причиняемый целевыми атаками, подсчитать крайне сложно. Кроме того, большинство атак остаются незамеченными, т.к. фаза достижений целей содержит функцию сокрытия следов. Кроме того, сами компании стараются скрыть факт произошедшего инцидента. Классические средства защиты информации, как правило, не могут блокировать такие атаки. Однако на основе их строятся комплексная защита, состоящая из набора механизмов, которые образуют эшелонную оборону.

Комплексная защита от целевых атак должна быть направлена на:

- своевременное выявление угроз и нетипичной активности в сети организации;
- блокировка атак;
- сохранение информации организации, обеспечение ее целостности и конфиденциальности.

Исходя из особенностей целевых атак, а также из стратегии защиты от них, система обеспечения защиты от угроз должна:

- проводить круглосуточный сбор данных и анализ информации о событиях на разных уровнях инфраструктуры;
- мгновенно находить следы целевых атак;
- посылать уведомления о несанкционированном доступе, нетипичной активности, атаке и т.д.;
- протоколировать инциденты и передавать их далее для решения;
- вести статистический учет угроз, событий, атак, накапливая о них информацию, формируя базы данных.

Для обеспечения комплексной защиты, а также принимая в учет особенности реализации целевых атак, платформа по их обнаружению должна обрабатывать, как минимум, информацию о посещаемых URL, электронные сообщения и вложения, различные форматы файлов, метаданные трафика и рабочих мест.

Таким образом, целевая атака отличается от массовых угроз. Она имеет такие особенности, как адресность, скрытность, продолжительность, использование разнородных инструментов и методов. Целевые атаки характеризуются изменчивостью своего вектора, инструментария по мере развития, а также имеют в наличии центр управления атакой.

Поэтому для повышения уровня защиты информационной инфраструктуры служб правительства Тульской области от целевых атак необходимо использовать комплексное решение, учитывающее особенности и специфику таких атак.

Архитектура такого решения, как правило, должна состоять из четырехступенчатой системы обнаружения угроз, которая включает сбор информации, статический анализ, динамический анализ объектов [3] и статистический анализ.

Это позволит осуществлять мониторинг основных объектов информационной инфраструктуры организации в режиме реального времени, а также рабочих мест сотрудников, проводить анализ на предмет подверженности угрозам и формировать статистическую информацию.

Таким образом, важность рассмотрения возможности внедрения системы защиты от целевых атак в информационной инфраструктуре неоспорима. Важно выбрать подходящие программно-аппаратные средства, предложить архитектуру решения от отечественного производителя, рассчитать экономический эффект от внедрения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Антоненко Н.А., Наташкина Е.А., Сидоренко В.И. Топ источников вирусного заражения: актуальность проблемы для сети правительства Тульской области // Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. 2021. № 1(17). С. 70-73.

2 Кондаков С.Е., Рудь И.С. Модель процесса проведения компьютерных атак с использованием специальных информационных воздействий // Вопросы кибербезопасности. 2021. № 5(45). С. 12-20.

3 Фадеев С.Г. Статический анализ исходного кода // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2014. – № 6-3. – С. 128-131.

УДК 003.26.09

Юриков Василий Константинович, студент; Yurikov Vasilii Konstantinovich  
Лошманов Антон Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент;  
Loshmanov Anton Yurjevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ОБ ОДНОЙ НОВОЙ АТАКЕ НА КРИПТОСИСТЕМУ RSA

### ABOUT ONE NEW ATTACK ON THE RSA CRYPTOSYSTEM

Аннотация. В этой статье представлена новая атака на криптосистему RSA. Данная атака работает, когда  $k$  открытых ключей RSA  $(N_i, e_i)$  таковы, что существует  $k$  соотношений вида  $e_i x - y_i \phi(N_i) = z_i$  или  $e_i x_i - y \phi(N_i) = z_i$ , где  $N_i = p_i q_i$ ,  $\phi(N_i) = (p_i - 1)(q_i - 1)$  и параметры  $x_i, x, y_i, y, z_i$  достаточно малы в терминах простых множителей модуля. Мы покажем, что наш метод позволяет разложить на множители  $k$  модулей  $N_i$ .

Abstract. This paper presents one new attack on the RSA cryptosystem. This attack works when  $k$  RSA public keys  $(N_i, e_i)$  are such that there exist  $k$  relations of the shape  $e_i x - y_i \phi(N_i) = z_i$  or of the shape  $e_i x_i - y \phi(N_i) = z_i$  where  $N_i = p_i q_i$ ,  $\phi(N_i) = (p_i - 1)(q_i - 1)$  and the parameters  $x_i, x, y_i, y, z_i$  are suitably small in terms of the prime factors of the moduli. We show that our attack enable us to simultaneously factor the  $k$  RSA moduli  $N_i$ .

Ключевые слова: RSA, криптоанализ, факторизация, одновременные диофантовы приближения.  
Keywords: RSA, Cryptanalysis, Factorization, Simultaneous diophantine approximations.

Криптосистема RSA [1] в настоящее время является наиболее широко известной и используемой криптосистемой с открытым ключом. Основными параметрами в RSA являются модуль  $N$  и открытый показатель степени  $e$ . Модуль  $N = pq$  является произведением двух больших простых чисел одинакового размера в битах и  $e$  удовлетворяет соотношению  $\text{НОД}(e, \phi(N)) = 1$ , где  $\phi(N) = (p-1)(q-1)$  – функция Эйлера. Целое число  $d$  удовлетворяет соотношению  $ed = 1 \pmod{N}$  – частный показатель. Криптосистема RSA используется в различных прикладных системах для шифрования, электронной подписи (ЭЦП), обеспечения конфиденциальности и подлинности цифровых данных. Таким образом, большинство исследований сосредоточено на способах по сокращению времени выполнения шифрования / дешифрования или генерации подписи. Например, чтобы сократить время дешифрования или время генерации подписи, можно использовать небольшой частный показатель степени  $d$ . К несчастью, Винер [2] показал, что криптосистема RSA небезопасна, когда  $d < N^{1/4}$ . Бонэ и Дюрфи [3] предложили расширение атаки Винера, которое позволяет взломать криптосистему RSA при  $d < N^{0,292}$ .

Рассмотрим атаку, которая работает на  $k \geq 2$  модулей  $N_i = p_i q_i$ ,  $i = 1, \dots, k$ , когда  $k$  экземпляров  $(N_i, e_i)$  таковы, что существует целое число  $x$ ,  $k$  целых чисел  $y_i$  и  $k$  целых чисел  $z_i$ , удовлетворяющих соотношению  $e_i x - y_i \phi(N_i) = z_i$ . Мы покажем, что  $k$  модулей  $N_i$  могут быть разложены на множители за полиномиальное время, если  $N = \min_i N_i$  и

$$x < N^\delta, y_i < N^\delta, |z_i| < \frac{p_i - q_i}{3(p_i + q_i)} y_i N^{1/4}, \text{ где } \delta = \frac{k}{2(k+1)}.$$

Пусть нам даны  $k \geq 2$  модулей  $N_i = p_i q_i$  одного размера  $N$ . Предположим, что RSA модули удовлетворяют соотношению  $e_i x - y_i \phi(N_i) = z_i$ . Заметим, что  $\phi(N_i) = (p_i - 1)(q_i - 1)$  – также не известны. Покажем, что возможно разложить модули  $N_i$  на простые множители, если неизвестные параметры  $x, y_i, z_i$  достаточно малы.

**Теорема.** Для  $k \geq 2$  пусть  $N_i = p_i q_i, i = 1, \dots, k$  будут  $k$  модулями RSA. Пусть  $N = \min_i N_i$ . Пусть  $e_i, i = 1, \dots, k$  будут  $k$  открытыми показателями степени. Определим  $\delta = \frac{k}{2(k+1)}$ . Если существует целое число  $x < N^\delta$ ,  $k$  целых чисел  $y_i < N^\delta$  и  $|z_i| < \frac{p_i - q_i}{3(p_i + q_i)} y_i N^{1/4}$  таких, что  $e_i x - y_i \phi(N_i) = z_i$ , то для  $i = 1, \dots, k$  можно разложить на простые множители  $k$  модулей RSA  $N_1, \dots, N_k$  за полиномиальное время.

**Доказательство.** Для  $k \geq 2$  и  $i = 1, \dots, k$  уравнение  $e_i x - y_i \phi(N_i) = z_i$  может быть переписано, как  $e_i x - y_i(N_i + 1) = z_i - y_i(p_i + q_i)$ . Следовательно

$$\left| \frac{e_i x}{N_i + 1} - y_i \right| = \frac{|z_i - y_i(p_i + q_i)|}{N_i + 1}. \quad (1)$$

Пусть  $N = \min_i N_i$  и предположим, что  $y_i < N^\delta$  и  $|z_i| < \frac{p_i - q_i}{3(p_i + q_i)} y_i N^{1/4}$ . Тогда  $|z_i| < y_i N^{1/4} < N^{\delta + \frac{1}{4}}$ . Следуя [4], мы имеем  $p_i + q_i < \frac{3\sqrt{2}}{2} \sqrt{N}$  и тогда:

$$\begin{aligned} \frac{|z_i - y_i(p_i + q_i)|}{N_i + 1} &\leq \frac{|z_i + y_i(p_i + q_i)|}{N} \\ &< \frac{N^{\delta + 1/4} + \frac{3\sqrt{2}}{2} N^{\delta + 1/2}}{N} \\ &< \frac{\sqrt{5} N^{\delta + 1/2}}{N} \\ &< \sqrt{5} N^{\delta - 1/2}. \end{aligned}$$

Подставляя в (1), получим:

$$\left| \frac{e_i x}{N_i + 1} - y_i \right| < \sqrt{5} N^{\delta - 1/2}.$$

Докажем теперь существование целого числа  $x$ . Пусть  $\varepsilon = \sqrt{5} N^{\delta - 1/2}$ ,  $\delta = \frac{k}{2(k+1)}$ . Получаем:

$$N^\delta = N^{k/2 - k\delta} < 2^{k(k-3)/4} \cdot 3^k \cdot (\sqrt{5} N^{\delta - 1/2})^{-k} = 2^{(k-3)/4} \cdot 3^k \cdot \varepsilon^{-k}.$$

Из этого следует, что если  $x < N^\delta$ , то  $x < 2^{(k-3)/4} \cdot 3^k \cdot \varepsilon^{-k}$ . Суммируя по  $i = 1, \dots, k$ , получим

$$\left| \frac{e_i x}{N_i + 1} - y_i \right| < \varepsilon, x < 2^{(k-3)/4} \cdot 3^k \cdot \varepsilon^{-k}.$$

Отсюда следует, что все условия теоремы 4 [4] выполнены. Это дает нам возможность найти  $x$  и  $y_i$  для  $i = 1, \dots, k$ . Далее, используя уравнение  $e_i x - y_i \phi(N_i) = z_i$ , мы получаем

$$p_i + q_i = N_i + 1 - \frac{e_i x}{y_i} + \frac{z_i}{y_i}.$$

Так как  $|z_i| < \frac{p_i - q_i}{3(p_i + q_i)} y_i N^{1/4}$ , то  $\frac{z_i}{y_i} < \frac{p_i - q_i}{3(p_i + q_i)} N^{1/4}$  и  $S_i = N_i + 1 - \frac{e_i x}{y_i}$  – это аппроксимация  $p_i + q_i$  с ошибкой менее, чем  $\frac{p_i - q_i}{3(p_i + q_i)} N^{1/4}$ . Следовательно, используя лемму 2 [4], мы можем найти аппроксимацию  $\tilde{P}_i = \frac{1}{2} \left( S_i + \sqrt{S_i^2 - 4N_i} \right)$  величин  $p_i$ , таких, что  $|p_i - \tilde{P}_i| < N^{1/4}$ . Затем, для каждого  $i = 1, \dots, k$ , мы находим  $p_i$ , используя теорему 1 [4]. Это приводит к факторизации  $k$  модулей  $N_i$ .

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Rivest, R., Shamir, A., Adleman, L.: A Method for Obtaining digital signatures and public-key cryptosystems, Communications of the ACM, Vol. 21 (2), 120-126 (1978).

2 Wiener, M.: Cryptanalysis of short RSA secret exponents, IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 36, 553-558 (1990).

3 Boneh, D., Durfee, G.: Cryptanalysis of RSA with private key  $d$  less than  $N^{0.292}$ , Advances in Cryptology - Eurocrypt'99, Lecture Notes in Computer Science Vol. 1592, Springer-Verlag, 1-11 (1999).

4 Nitaj, A., Ariffin, M. R. K., Nassr, D. I., Bahig, H. M. New Attacks on the RSA // Cryptosystem International Conference on Cryptology in Africa AFRICACRYPT 2014: Progress in Cryptology – AFRICACRYPT 2014 pp 178-198.

УДК 336.74

Юсупова Ольга Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент;

Yusupova Olga Anatolyevna

Бобровских Ангелина Ивановна, студент; Bobrovskikh Angelina Ivanovna

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»

#### ЦИФРОВИЗАЦИЯ БАНКОВСКИХ УСЛУГ В РФ

#### DIGITALIZATION OF BANKING SERVICES IN THE RUSSIAN FEDERATION

Аннотация. В статье проведен анализ тенденций развития цифровизации в сфере финансовых услуг и исследованы современные инструменты, применяемые банковскими структурами. Проведен анализ основных направлений развития цифровой экономики, раскрыто положительное влияние технологий, применяемых в финансовой сфере, для всех субъектов рынка на примере современных проектов и продуктов.

Abstract. The article analyzes the trends in the development of digitalization in the field of financial services and explores modern tools used by banking structures. The analysis of the main directions of development of the digital economy was carried out, the positive impact of technologies used in the financial sector for all market entities was revealed using the example of modern projects and products.

Ключевые слова: цифровая экономика, рынок финансовых услуг, цифровизация, цифровая трансформация банков, банковские услуги.

Keywords: digital economy, financial services market, digitalization, digital transformation of banks, banking services.

Цифровизация в современном мире происходит во всех сферах жизни общества, поэтому можно утверждать, что тема является актуальной.

В России для того, чтобы достичь конкурентные преимущества в цифровом пространстве бизнес сообщество находит способы модернизации экономики страны, которые требуют научно-аналитический и научно-методический подходы. В текущих условиях цифровые технологии являются стимулом для развития экономических процессов в государстве, с помощью расширения сфер услуг, однако для эффективного использования цифровых преимуществ необходимо предварительно оценить процесс цифровой трансформации и результаты, которые требуются получить.

Определение «цифровизации» на данный момент окончательно не сформировано не в российской, не в зарубежной научной литературе. Это связано с наличием множества тонкостей, которые требуют тщательного изучения при внедрении и использовании информационных технологий, к примеру, внедрение одной и той же технологии в разных сферах будут демонстрировать заведомо разные результаты. На данный момент в ходе изучения цифровых услуг выделяют несколько особых видов, которые демонстрируют высокую продуктивность во всех сферах, в которых используются: интернет вещей, искусственный интеллект цифровых платформ, наличие больших баз данных. Для выполнения поставленной задачи исследования исследуем влияние данных видов цифровых технологий на банковскую сферу и оценим её эффективность в данной сфере.

В современном мире в эпоху диджитализации экономики и переходе к расчётам безналичным способом необходимо реагировать и изменять направленность развития банковских услуг [6, с.195]. Одним из примеров активной модернизации рынка банковских услуг является призыв платежной системы Visa принять участие банков в тестировании пилотного проекта в ходе которого будет использоваться технология блокчейн для осуществления межбанковских платежей. При успешном внедрении данной технологии она позволит сократить издержки банков, увеличить скорость транзакций, а также свести к минимуму кредитные риски. Блокчейн и умные контракты, которые представляют собой систему функционирования межбанковских платежей, отличаются своей быстротой, надёжностью, не дороговизной исполнения. При реализации данных технологий каждая транзакция является звеном цепи, которая встраивается в одну общую цепь, все процессы в которой происходят автоматически и содержат всю информацию о всех транзакциях в рамках данной цепи. Важным вопросом при использовании цифровых технологий уделяют безопасности персональных данных, а также риску потери денежных средств, решить данный вопрос и обеспечить высокую безопасность наряду с общедоступностью позволяют сложные математические алгоритмы и специальные программы криптографирования. С помощью данной системы создаются открытые реестры операций, а подтверждение платежей обеспечивается средствами самой системы. Современные банки предоставляют такой перечень цифровых технологий: появление новых платежных возможностей, цифровой банк, увеличение интеграционных возможностей, расширение возможностей единой системы аутентификации клиентов, технологии искусственного интеллекта, внедрение в систему банка Единой системы идентификации пользователей, обеспечение безопасности с помощью биометрических данных.

Проект цифрового банка представляет собой способ сокращения издержек в ходе предоставления банковских продуктов и услуг.

Затраты банковской системы значительно снижаются в ходе реализации новых цифровых каналов. Цифровые технологии упрощают процессы уплаты различных услуг через приложения банков и т.д., а также у банка появляется больше возможностей при активизации «спящих» клиентов.

Совершенствование платежных систем позволяет усовершенствовать спектр предоставляемых банком услуг и повысить конкурентоспособность при обслуживании клиентов.

Эффективное использование интернет-банкинга позволяет усовершенствовать банковскую экосистему, которая создает удобную мультисреду для клиентов. Современные банки в текущих условиях используют цифровые технологии в качестве бизнес-модели розничного обслуживания клиентов, что позволило данным банкам выйти на мировой уровень.

Российские банки в последние пятнадцать лет инвестировали значительные средства для обновления и развития цифровых технологий [7, с. 165].

Единого метода определить уровень цифровизации классического банка на данный момент не существует, однако если анализировать верхнеуровневые метрики, то здесь происходит ориентация на такие показатели, как:

- развитие каналов самообслуживания;
- уровень автоматизации бизнес-процессов;
- уровень развития управления данными, включая машинное обучение;
- скорость операций;
- темпы изменений;
- время вывода на рынок.

К основным характеристикам цифрового современного банка при использовании дистанционных цифровых услуг относят: цифровые личные кабинеты клиентов, функция мобильного банка, интернет-банкинг, сайты, а также специальные программы и услуги для частных и корпоративных клиентов [3, с.57].

Технология Digital, к основному перечню технологий также создает каналы обмена информацией между банком и клиентов по принципу мгновенной передачи сообщений «вопрос-ответ», для реализации обмена банки пользуются различными существующими сервисами: Facebook Messenger, Google Hangouts, Whatsapp и многие другие, некоторые банки даже создают новые тренды в данном вопросе и используют свои приложения, в которых есть функция обмена сообщениями, а также частично заменяют часть действий чат-ботами.

Современные цифровые технологии в России можно рассмотреть на примере «Сбербанка Онл@йн», который предлагает «Сбербанк России», в котором реализуется функция копилки, которая автоматически перечисляет деньги с указанной карты на цель или вклад. Особое внимание банки уделяют инструментам синхронизации данных между различными дистанционными каналами, например, разрабатываемые SDK, API, презентационный слой. Использование цифровых каналов позволяет банкам значительно сократить затраты на предоставление банковских продуктов и услуг за счёт сокращения количества филиалов и операционистов, в виду того, что произойдет смена функциональности банка, в том числе частичный переход деятельности на дистанционные технологии [4, с.25]. Новой активно используемой технологией является также такая цифровая технология, как NFC, она предоставляет банкам возможность использовать смартфон в качестве банковской карты. Технология Near Field Communication – «коммуникация ближнего поля» (NFC) заменяет необходимость ношения банковской карточки с собой, помещая её в качестве виртуального аналога в мобильный телефон и при помощи нового платежного сервиса Samsung Pay происходит оплата телефоном.

Инновационный подход в сфере обслуживания позволяет банкам увеличивать перечень предоставляемых банковских услуг, а также делая их более удобными [2, с.54]. При оценке качества обслуживания клиентов также используются цифровые технологии, которые состояются из набора оценок, которые выставляет клиент банка после оказанной ему услуги, а также формирует общую систему отчёта. Затем по данным отчета существует возможность оценить проблемы в удовлетворении потребностей клиентов. При помощи внедрение системы искусственного интеллекта можно достичь высоких показателей в автоматизированном консультировании клиентов. Множество колл-центров банков давно уже в своей деятельности используют роботы-консультантов, которые могут предоставить клиентам информацию на наиболее часто задаваемые вопросы, в виду чего происходит сокращение нагрузки на работников. Сбор данных о качестве удовлетворенности качеством услуга, а также информация которая искусственный интеллект собирает в обработке большей части пользователей отображает применением банковской системой такой технологии, как большой массив данных, который является очень перспективной инновацией во всех сферах жизни, и банковская не является исключением.

Метод Геймификации в банковской отрасли в России широко уже используется, например, в приложениях онлайн-банкинга в голосовой либо визуальной форме поступают предупреждения о превышении запланированных расходов или в случае изменений, происходящих на счетах. Ярким примером в России также остается Сбербанк, который использует сервис «Цифровой помощник», он позволяет задавать сумму бюджета, требуемую на месяц либо отслеживать расходы, однако данный сервис позволяет получать информацию с помощью светового индикатора, где наглядно заметны изменения состояния доходной и расходной частей.

Для обеспечения безопасности клиентов, а также безопасности средств банков многие кредитные организации внедряют системы биометрической аутентификации. Естественно данная технология значительно сократит издержки на филиальные сети, клиенту необходимо будет один раз появиться в офисе для занесение своих биометрических данных в единую информационную систему безопасности, что в дальнейшем ему позволит выполнять множество операций в удаленной среде, не волнуясь о потере своих средств и персональных данных [5, с.68].

Подводя итог можно заметить, что цифровая трансформация финансовой сферы значительно изменила правила предоставления банками своих услуг. Современные банки, которые активно в числе первых начали внедрять цифровые технологии получили значительные конкурентные преимущества при обслуживании клиентов, а также обработки большого потока информации. Клиентам при помощи цифровых технологий стало значительно проще пользоваться банковскими услугами по принципу «одного клика», не выходя из дома. Российские банки с каждым днём стараются вносить в свою деятельность всё большее количество цифровых технологий, что позволяет им выйти на уровень мировых банков.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Анисимова, Н.А. Исследование опыта цифровизации в сфере финансовых услуг / Н.А. Анисимова, В.А. Латыпова // Цифровая и отраслевая экономика. – 2020. – № 2 (19). – С. 81- 87.
- 2 Архипова, З.В. Анализ влияния цифровых технологий на развитие банковской сферы / З.В. Архипова // System Analysis and Mathematical Modeling. – 2019. – Т. 1. – № 1. – С. 47-54.
- 3 Карагодин, А.В. Некоторые аспекты цифровизации банковской сферы / А.В. Карагодин // Финансовая экономика. – 2020. – № 7. – С. 56-62.
- 4 Легостаева, А.А. Цифровая трансформация как элемент банковской стратегии / А.А. Легостаева // Вектор экономики. – 2019. – № 3 (45). – С.25.
- 5 Локтионова, Ю.Н. Тенденции перехода российских банков к цифровизации / Ю.Н. Локтионова, О.Н Янина, Е.Н. Егорова // Вестник Екатеринбургского института. – 2020. – № 3 (51). – С. 66-72.
- 6 Муралов, А.А. Цифровые технологии в различных отраслях сферы услуг / А.А. Муралов // В сборнике: Актуальные проблемы развития управленческой и сервисной деятельности в цифровой среде. Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции. Редколлегия: Е.В. Яковлева [и др.]. – 2020. – С. 194-198.
- 7 Чуприна, В.Ю. Тенденции и перспективы развития рынка банковских продуктов и услуг в Российской Федерации / В.Ю. Чуприна, Т.В. Зайцева // Экономическая наука сегодня: теория и практика: Материалы IV Междунар. науч.- практ. конф. (Чебоксары, 30 апр. 2016 г.) / Редкол. О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – С. 163-166.

УДК 336.74

Юсупова Ольга Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент;

Yusupova Olga Anatolyevna

Виноградова Анастасия Сергеевна, студентка; Vinogradova Anastasia Sergeevna

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»

## **ОПЕРАЦИИ С БАНКОВСКИМИ ПЛАСТИКОВЫМИ КАРТАМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**

### **OPERATIONS WITH BANK PLASTIC CARDS IN MODERN CONDITIONS**

Аннотация. В статье рассмотрены актуальные проблемы развития рынка банковских пластиковых карт в России. Особое внимание уделено определению рисков, присущих операциям с пластиковыми картами, и подходам к их преодолению. Развитие рынка банковских пластиковых карт в России уделяют особое внимание, а также отдельно в рамках экономической безопасности выделяют защиту персональных данных владельцев карт. В ходе исследования рассмотрены основные риски, которые возникают в ходе использования пластиковых карт, а также способы избавления от них.

Abstract. Particular attention is paid to the development of the bank plastic card market in Russia, as well as the protection of personal data of cardholders within the framework of economic security. The study examined the main risks arising from the use of plastic cards, as well as ways to get rid of them.

Ключевые слова: цифровая экономика, банковская отрасль, защита данных, банковская карта, направления развития, мошенничество.

Keywords: digital economy, banking service, data protection, bank card, development directions, fraud.

В течение последних двух лет у большинства российских пользователей произошли существенные изменения в отношении к операциям с банковскими пластиковыми картами. Благодаря последовательно реализуемому курсу Банка России и правительства РФ на постепенное сокращение объема наличного обращения денежных средств на территории страны, а также совместным усилиям руководства и специалистов, ведущих российских банков удалось добиться постепенного отказа большинства держателей банковских карт от применения их исключительно для снятия наличных денег. Особенно важен тот факт, что даже представители старшего поколения все чаще используют карты для оплаты товаров и услуг, коммунальных платежей, онлайн-переводов.

Об этом свидетельствуют статистические данные, приведенные на сайте Банка России [5] и отраженные на рис. 1 и 2. Как следует из рис. 2, наибольший удельный вес в общем объеме операций занимают так называемые прочие операции (в основном переводы денежных средств), в то же

время операций по снятию наличных всего на 1,11% больше, чем операций по оплате товаров и услуг. Именно этот факт, как отмечают все аналитики, свидетельствует о существенном переломе в сознании пользователей, поскольку на протяжении последних десяти лет наибольшую долю в общем объеме операций занимали операции по снятию наличных, хотя их доля год от года постепенно сокращалась. Что же касается структуры операций с банковскими картами по количеству, то уже пять лет назад в их составе наибольшую долю занимали операции по оплате товаров.



Рисунок 1 – Доля операций с использованием платежных карт в 2019 г. в России (по количеству)

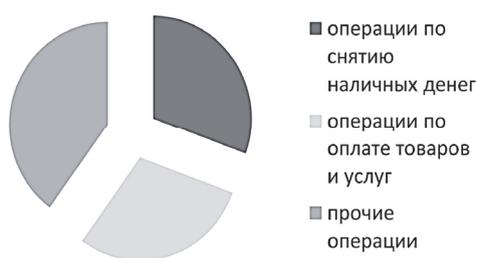


Рисунок 2 – Доля операций с использованием платежных карт в 2019 г. в России (по объему)

Представленные изменения в структуре операций с банковскими пластиковыми картами обусловлены целым рядом причин:

- 1) существенным увеличением количества терминалов для оплаты товаров и услуг в магазинах, предприятиях сферы общественного питания, бытового обслуживания, общественного транспорта – сейчас даже многие частники на рынках обзавелись соответствующими устройствами для оплаты покупок банковскими картами;
- 2) предложением клиентам всё более обширного спектра сервисов для проведения онлайн-платежей на основе карт практически всеми ведущими российскими банками (Сбербанк, «ВТБ», «Альфа-банк» и т.д.);
- 3) предоставлением банками пользователям карт разнообразных бонусов в виде кешбэка, льгот при покупке билетов на авиарейсы, скидок при покупке товаров у предприятий, с которыми банки заключают соглашения, и т.п.

Основной проблемой актуальной проблемой использования банковских карт в России, а также в большинстве стран остаётся безопасное хранение денег на данных счетах. С каждым годом виды мошеннических транзакций увеличиваются, следовательно, суммы потерь от использования карт увеличиваются. Кибератаки на пользователей и их данные повышают недоверие клиентов, уменьшая использование банковских карт, по оценкам специалистов Сбербанка, ежегодно клиенты банка от кибератак теряют более 600 млрд. руб. Государство в рамках данной проблематики приняло закон «О национальной платежной системе», согласно ему были значительно повышены требования к банкам-эмитентам, которые должны обеспечить конфиденциальность и сохранности средств своих клиентов.

Немаловажно учесть, что несанкционированное снятие денежных средств с карточных счетов и потеря данных держателей часто связаны не с кибератаками, а с неправильным поведением клиентов, в том числе часто наблюдаются ответы на мошеннические СМС-сообщения, с помощью которых происходит утечка данных.

В свою очередь мошенники также имеют множество способов выманивания данных банковской карты у держателя, например, получение реквизитов карты обманным путем. Более чем на треть возросло за последний месяц количество «фишинг»-рассылок, позволяющих получить доступ к карточным счетам клиента. Сотрудниками Сбербанка описана следующая схема: для

получения так называемой «компенсационной» социальной выплаты за «ущерб от коронавируса» пожилым людям предлагают сообщить номер и код своей банковской карты, открывая таким образом доступ к своему карточному счету. Практикуют незваные «помощники» и распространение фальшивых лекарств, масок, собирают средства на якобы благотворительные цели, рассылают приглашения на осмотр в ближайшей поликлинике, предлагают провести анализ на «коронавирус» после якобы имевшего места контакта с зараженным, рассчитывая на то, что с напуганного и в результате потерявшего бдительность человека значительно легче получить всю необходимую информацию для последующих преступных действий [3].

Специалисты многих ведущих российских банков (в частности, Сбербанк, «ВТБ», банка «Открытие», «Альфа-банка»), активно осваивающие бесконтактные технологии оплаты, отмечают, что, несмотря на появление различных мошеннических схем, пока не зафиксированы случаи обхода защиты при использовании бесконтактных средств платежей, в виду чего можно говорить о защите близкой к 100% [4].

Вместе с тем представители ряда других банков указывают, что не стоит слишком спешить с внедрением подобных инноваций, поскольку новые банковские технологии должны быть обеспечены безопасностью хранения данных клиентов, следовательно, при внедрении «быстрых» возможностей необходимо, как минимум обеспечиваться таким же быстрым уровнем технологической защиты данных.

Банк России отмечает уязвимость всех платежных технологий как контактных, так и бесконтактных платежей, однако основным источником угрозы для пользователей карт остается их доверчивость в отношении различных мошенников.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Жунусова, З.С. Банковские карты в системе безналичных расчетов РФ [Текст] / З.С. Жунусова // Синергия Наук. 2021. № 62. С. 297-303.

2 Зайцева И.Г. Влияние цифровизации на современные платежные инструменты [Текст] / И.Г. Зайцева // В сборнике: Цифровая экономика и финансы, материалы IV Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 151-156.

3 Захаренко, Е.Р. Мошенничество с использованием пластиковых карт в России [Текст] / Е.Р. Захаренко // В сборнике: Учетно-финансовые инструменты в цифровой экономике: состояние, проблемы, форсайт. Сборник научных трудов по материалам Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 78-82.

4 Рерих, Л.М. Банковские карты: мошенничество и способы борьбы с ним [Текст] / Л.М. Рерих Л.М, Н.Б. Кононцева, Д.С. Слободяник // В сборнике: Интеллектуальный потенциал Сибири, материалы 28-ой Региональной научной студенческой конференции: в 3 частях. Под ред. Соколовой Д.О., Новосибирск, 2020. С. 224-226.

5 Супатаева, Г.Т. Банковские платежные карты как объект мошенничества [Текст] / Г.Т. Супатаева // В сборнике: Современные финансовые отношения: проблемы и перспективы развития. Материалы VI Международной научно-практической конференции. 2020. С. 168-174.

УДК 336.74

Юсупова Ольга Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент;

Yusupova Olga Anatolyevna

Глебова Полина Дмитриевна, студент; Glebova Polina Dmitrievna

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»

#### **СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ: ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ**

#### **MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES IN THE BANKING SECTOR: FOREIGN AND DOMESTIC EXPERIENCE**

Аннотация. Цифровые технологии в данный момент занимают значительное место в каждой отрасли жизни человека. Процесс цифровизации сейчас происходит повсюду и является основой для развития общества. Для более стремительного развития и проведения цифровизации в России правительством была разработана и реализована программа «Цифровая экономика РФ», ко-

торая в первую очередь нацелена на улучшение уровня жизни населения и граждан, с помощью повышения доступности к цифровым технологиям, повышающим качество жизни. Неотъемлемое место процесс цифровизации стал занимать в банковской отрасли. Цифровые технологии проявляются в различных информационных и телекоммуникационных технологиях. В данный момент к банковским цифровым услугам причисляют: различные компьютерные программы, которые помогают осуществлять основную деятельность банка, а также внутренние процедуры, которые занимаются направлены на проблему возникновения рисков. При использовании цифровых технологий банки особое внимание уделяют защите персональных данных клиентов.

Abstract. Digital technologies currently occupy a significant place in every sector of human life. The process of digitalization is now taking place everywhere and is the basis for the development of society. For more rapid development and implementation of digitalization in Russia, the government developed and implemented the program "Digital Economy of the Russian Federation", which is primarily aimed at improving the living standards of the population and citizens, by increasing access to digital technologies that improve the quality life. The process of digitalization began to occupy an integral place in the banking industry. Digital technologies manifested in various information and telecommunication technologies. Now banking digital services include various computer programs that help carry out the main activities of the bank, as well as internal procedures that deal with the problem of risks. When using digital technologies, banks pay special attention to the protection of personal data of customers.

Ключевые слова: банковская отрасль, работа с клиентами, цифровые технологии, цифровая экономика, банковские операции, защита данных.

Keywords: banking industry, customer service, digital technologies, digital economy, banking operations, data protection.

При использовании цифровых технологий в банковской сфере в настоящее время особое внимание уделяют сфере борьбы с мошенниками, которые ищут уязвимости в данных процессах. Вопрос цифровизации в банковской сфере является актуальным, так как использование цифровых технологий в процессе предоставления услуг клиентам повышает конкурентоспособность и качество своих услуг. Данный вопрос на сегодняшний день не так подробно изучен, так как применение и активное использование цифровых технологий в банковской отрасли произошел только несколько лет назад. Ранее применение цифровых технологий было постепенным и внедрение их было достаточно медленным. Если сравнивать уровень внедрения цифровых технологий, то можно заметить, что на начало 2021 года в России внедрено около 60% банковских цифровых технологий, в то же время как за рубежом банковская сфера оцифрована более чем на 85%. Связан данный факт с тем, что процесс активного использования цифровых технологий в банковских услугах в России начался значительно позже. На данный момент не существует банков, которые продолжали бы игнорировать использование цифровых услуг. Можно выделять ряд основных банков, которые занимают ведущее место в предоставлении цифровых банковских услуг: Сбербанк, Альфа банк, ВТБ, Райффазен Банк и т.д. На вопрос цифровизации в этих банках выделяют значительные средства, которые составляют от 45 млрд. руб. в год инвестиций, однако лидером остается Сбербанк, который за последние 3 года на вопрос развития цифровых технологий выделил более 500 млрд. руб.

Основными видами цифровых технологий, которые используются в Российской Федерации являются:

- информационные (документарные, операционные, объективные);
- визуализационные (видеосвязь с клиентами);
- коммуникационные (IP телефония);
- электронные (интернет – банкинг, система приема платежей).

Если выделить самую эффективную и популярную цифровую услугу в банковской отрасли в РФ, то безусловно – это интернет – банкинг. Данная услуга предоставляется с помощью использования официально разработанной программы банка. Данная услуга значительно упростила множество банковских услуг и повысила их удобство, клиент с помощью интернет-банкинга может управлять своими счетами, получать кредиты, открывать счета, осуществлять внешние и внутренние переводы денежных средств. Если брать статистику, то можно заметить, что банковской услугой интернет-банкинга в повседневной жизни пользовались более 87% населения (данные на начало 2021 года). Особую популярность данный вид услуги получил в ходе возникновения пандемии и увеличение спроса на бесконтактные виды платежей. Интернет-банкинг остается

особо популярен среди молодежи и людей среднего возраста. Многим пожилым людям данный вид услуг по-прежнему остается не интерес и не понятен. Количество пользователей интернет-банкингом в России ежегодно растет, только за последние 5 лет произошел рост количества пользователей интернет-банкинга с 20% до 70%.

Кроме того, значительно востребованной цифровой технологией в банковском секторе является дистанционное обслуживание клиентов. В России около 70% юридических лиц пользовались услугами дистанционного обслуживания, а корпоративным дистанционным обслуживанием в 2020 году в России пользовались чуть более 30% учреждений. С помощью информационных технологий сотрудники могут в дистанционном виде получать оперативно сведения о потенциальных клиентах, также эффективно происходит документооборот между банковскими подразделениями и клиентами банка.

В зарубежных банках на данный момент цифровые технологии очень развиты, как и в России одной из самых популярных является интернет-банкинг, её пользуется порядка 95% населения. Интернет-банкингом клиенты зарубежных банков пользуются с целью управления счетами, переводами между различными счетами, оплаты услуг и покупки товаров и т.д. Можно сделать вывод, что тренды в развитии цифровых технологиях в российских и зарубежных банках имеют одинаковую направленность.

В настоящее время в зарубежных банках активно набирает оборот такой вид цифровых услуг в банковской отрасли, как интерактивное брокерское обслуживание. Эта услуга подразумевает под собой возможность покупки акций различных компаний и ценных бумаг клиентами с помощью интернет-банкинга посредством перечисления денежных средств со своего счета. В множестве зарубежных банках имеются специализированные платформы, которые помогают осуществлять брокерские сделки, регистрация на данных платформах осуществляется при помощи основных страниц банка.

Кроме данной цифровой технологии в зарубежных банках также активно происходит внедрение следующих цифровых технологий:

- искусственный интеллект;
- Big Data;
- Чат-боты.

Искусственный интеллект. Данная цифровая услуга в зарубежных банках используется для решения множества задач, основной задачей является удовлетворения клиентов в ходе разработки требуемых инструментов. Также, искусственный интеллект в банковской отрасли используется для индивидуального подхода к каждому клиенту и подбору услуг и предложений. При помощи данной технологии банки значительно снизили временные затраты на сбор и обработку поступающей информации. Искусственный интеллект в зарубежных банках также предоставляет ряд услуг, которые защищают персональные данные клиентов, а также расширяют спектр предоставляемых услуг VIP-клиентам, например, предоставления доступа к банковским ячейкам по сканированию ладони, идентификации клиентов по мимике, по голосу и распознаванию лица. Лидером в данной цифровой услуге на данный момент выступает США. В России данная технология начала использоваться недавно (с конца 2019 года). ПАО «Сбербанк» стал первым отечественным банком, использующим технологию искусственного интеллекта в России. Сбербанк пользуется технологией искусственного интеллекта для проведения анализа действий клиентов на своей площадке, с целью дальнейшего предоставления клиентам индивидуальных предложений, которые могут заинтересовать их. В России данная технология значительно ограничена по сравнению с зарубежными банками, это связано в первую очередь со значительными затратами на внедрение и разработку данной технологии.

Big Data. Эта цифровая услуга имеет широкое применение в зарубежных странах, она позволяет анализировать большой поток информации. Как правило, данную технологию используют в зарубежных банках для скоринговой оценки потенциальных клиентов, проведения анализа имиджа банков и его конкурентной позиции.

С помощью технологии Big Data сотрудникам иностранных банков значительно проще отслеживать «цифровую среду» в сети интернет, которые гораздо упрощают подбор индивидуальных предложений для клиентов. Big Data позволяет зарубежным банкам проводить сегментирование клиентов, а также формировать интересующие предложения для конкретных сегментов. В отечественной практике Big Data используется в таких банках: Тинькофф Банк, Сбербанк и

ВТБ Банк. Внедрение данной технологии в российских банках связана с недостатком квалифицированного персонала и недостатком излишком денежных средств в банках.

Чат-боты получили известность среди зарубежных банков, в виду этого была значительно снижена загруженность call-центров. В России данную технологию широко используют, заменяя неудобное общение с клиентами через различные популярные менеджеры. Чат-боты создают с той целью, чтобы клиент мог получать любую поддержку и консультацию круглосуточно [2, с.102].

Подводя итоги данного исследования можно сделать вывод, что отечественные банки используют цифровые технологии основывая на мировом опыте. Было выявлено, что основные существующие тренды в банковской отрасли широко используются в зарубежных банках, в России внедрение цифровых технологий происходит значительно медленнее.

К основным причинам, сдерживающим процесс цифровизации в России можно отнести следующие факторы:

- недостаток квалифицированных кадров в области разработки, внедрения и обслуживания цифровых услуг в России;
- финансовая ограниченность отечественных банков;
- высокие риски информационной безопасности;
- низкое правовое регулирование данной отрасли и т.д.

Чтобы ускорить процесс внедрения цифровых услуг в России в первую очередь необходимо производить повышенный контроль на государственном уровне, а также процесс цифровизации должен происходить поэтапно, нацеливаясь на усовершенствование имеющихся технологий, а не на внедрение большого количества технологий.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алонцева В. Р. Анализ состояния банковской сферы в России и проблемы развития цифрового банкинга / В. Р. Алонцева // Экономика. – 2019. – №4. – С. 41 – 52.

2 Гринь И.А. Цифровые технологии, применяемые иностранными банками / И. А. Гринь, Р. А. Беспалов // Научный вестник Волгоградского филиала РАНХиГС. Серия: Экономика. – 2019. – № 3. – С. 99- 104.

3 Дьячков А.А. Особенности цифровизации банковской среды: отечественный и зарубежный опыт / А. А. Дьячков // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – № 7. – С. 29-38.

4 Ермакова Е. П. Цифровой бандинг в России и зарубежных странах/ Е.П. Ермакова, Е.Е. Фролова// Вестник Пермского университета. Юридические науки. – 2019. – № 4. – С. 606-625.

5 Мирошниченко М.А. Исследование процессов «Цифровизации» банковского сектора в рамках экосистемы цифровой экономики России / М. А. Мирошниченко, К. А. Трелевская // Экономика и право. – 2020. – №2. – С. 11 – 25.

УДК 336.74

Юсупова Ольга Анатольевна, кандидат экономических наук, доцент;

Yusupova Olga Anatolievna

Капаклы Виктория Анатольевна студент; Karakly Victoria Anatolievna

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»

#### ТЕНДЕНЦИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ

#### TRENDS IN DIGITALIZATION AND ECONOMIC SECURITY IN THE BANKING SECTOR

Аннотация. Статья посвящена актуальным проблемам цифровизации в банковской сфере, включая обеспечение экономической безопасности в связи с введением в обращение цифровых валют центральными банками. Подчеркивается особая роль кредитно-финансовых организаций в развитии цифровых банковских технологий. Отмечены риски экономической безопасности банковского сектора, возникающие в процессе внедрения цифровых финансовых услуг. Дана оценка уровню развития процессов цифровой трансформации отечественной кредитно-банковской сферы.

Abstract. The article is devoted to the current problems of digitalization in the banking sector including ensuring of economic security in connection with introduction of digital currencies by central banks. Emphasized is special role of credit and financial organizations in development of digital banking technologies. Economic security risks of the banking sector arising in the process of introducing digital financial services are noted. The article gives an assessment of the level of development of digital transformation processes of the domestic credit and banking sector.

Ключевые слова: цифровая экономика, цифровая валюта, финансовая технология, банковский сектор, кибербезопасность, экономическая безопасность.

Keywords: digital economy, digital currency, financial technology, banking sector, cybersecurity, economic security.

Приоритетное развитие информационных технологий находит отражение во всех областях человеческой деятельности. Насущные тенденции общественного развития любого государства отражаются в таком значимом показателе, как уровень цифровизации экономики.

Реализация национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации» направлена на активное внедрение цифровых инноваций для повышения благосостояния страны и качества жизни населения. Миссия принадлежит банковской сфере, находящейся на переднем крае внедрения новых инновационных решений, что служит дополнительным катализатором процессов цифровизации для других секторов экономики.

В этой связи, динамичное формирование цифровых технологий в кредитных организациях является одним из главных вопросов устойчивого развития российской экономики. Отсюда цель исследования – проанализировать процессы цифровизации в банковской сфере и выявить основные тенденции их развития и влияния на экономическую безопасность данной области экономики.

Отдельные исследования рассматривают цифровизацию экономики и развитие финансовых технологий как способ расширения новых, эффективных возможностей проведения платежей. Отмечается особая роль Банка России как гаранта стабильности национальной платежной системы в выпуске новой валюты – цифрового рубля [2].

Отечественный мегарегулятор обращает внимание на то, что применение цифровых денег позволит осуществлять международные расчеты, минуя систему SWIFT.

Цифровая валюта центрального банка (ЦВЦБ) – это обязательство центрального банка, номинированное в национальной валюте, имеющее цифровое представление и способное выступать в качестве средства платежа, меры и сохранения стоимости.

ЦВЦБ способна оказать благотворное воздействие на экономическую безопасность национальной платежной системы. Во-первых, результатом станет возможность контроля за переводами и платежами за счет прозрачности блокчейна, что может привести к повышению и упрощению собираемости налогов, стать инструментом борьбы с хищениями, мошенничеством, коррупцией, отмыванием денег, а также повысит качество макроэкономической статистики.

Более того, создание надежного (за счет обеспечения центральным банком) высоколиквидного инструмента, способного составить конкуренцию существующим криптовалютам, даст возможность противодействовать «приватизации» денежного обращения.

Важно и то, что ЦВЦБ может стать инструментом денежно-кредитной политики, если мегарегулятор примет решение о начислении процентов на счета в ЦВЦБ. Динамичное варьирование ставкой цифрового ресурса позволило бы при желании оказывать влияние на его стоимость и стимулировать объемы спроса и предложения, ограничивать избыточный спрос на цифровые деньги и, наоборот, влиять на рост при увеличении процентной ставки. Начисление процента на ЦВЦБ позволит экономическим агентам получать сигналы и быстрее реагировать на изменение ситуации, что ускорит трансмиссию, которая, как правило, запаздывает в ответ на изменение ключевой банковской ставки.

Одним из решающих преимуществ может стать то, что разработка цифровых валют может сделать возможным проведение международных расчетов без использования системы SWIFT, а в данной системе доллар – основное средство платежа. SWIFT может утратить свою актуальность, поскольку цифровые валюты центральных банков – это уже иные технологические взаимодействия.

В основу новой системы международных расчетов может быть положена технология блокчейн, позволяющая проводить операции без посредника (SWIFT), что также позволит уменьшить стоимость транзакций. После ввода в обращение центральными банками цифровых

валют у многих стран может исчезнуть необходимость в накоплении долларовых резервов, станет вероятной диверсификация в пользу валют других стран. Потеря долларом роли валюты-посредника уменьшит его значимость в ценообразовании на рынке сырья и в международных торговых расчетах.

Назвав преимущества, необходимо отметить также риски и угрозы экономической безопасности в условиях цифровизации национальных валют. Стоит заметить, что технология SWIFT в текущих условиях может попасть под санкции Соединенных Штатов Америки и произойдет отключение России от данной системы, следовательно, необходимо крайне осторожно использовать её.

В первую очередь стоит остановиться на риске оттока капитала из банковской сферы. Цифровая валюта, как наиболее высоколиквидный актив, имеющий обеспечение банка государства, станет приоритетной и более конкурентной в сравнении с вкладами в системообразующих банках. Финансовое благополучие и устойчивость таких банков делает их наиболее привлекательными для клиентов, несмотря даже на невысокие проценты по вкладам. При околонулевых номинальных процентных ставках, даже если ЦВЦБ не будет приносить процентного дохода, ЦВЦБ может стать альтернативой вложениям с фиксированной доходностью.

В ЦВЦБ можно также увидеть шаги центрального банка в сторону организации одноуровневой банковской системы, ведь он может выполнять роль и эмитента, и оператора платформы, и держателя кошельков. Это может привести к уменьшению доли рынка коммерческих банков. Обращаясь к динамике применения финансовых технологий, необходимо отметить, что в настоящее время они представляют собой необходимые элементы всех видов операций и услуг банков: выдача кредита, любые виды переводов и платежей, сбережения, инвестирование, страхование трансформируют бизнес-модели и привлекают тем самым внимание клиентов.

Базовыми положениями цифрового банка являются мобильность, персонализация предложения, клиенто-ориентированность. Для получения положительной отдачи этих положений необходимо внедрять инновационные предложения, концентрируясь на опыте и поддержке клиентов, учитывая и поддерживая лояльность в отношениях. Отметим также: чтобы стать и оставаться цифровым, банку необходимо развиваться со скоростью происходящих вокруг изменений. Поддержать такой инновационный ритм помогут сложные, структурированные, гибкие цифровые продукты, такие как, например, Agile- культура, которая проявляется в разработке решений и построении информационных систем. Новые цифровые продукты банка все чаще создают собственные digital-команды, объединяющие компетенции бизнеса, информационных технологий (ИТ) и маркетинга [4].

Подавляющее большинство отечественных кредитных организаций давно активно внедряет продукты отрасли финтех. Ведущие банки, занимающиеся цифровой трансформацией, могут расширить спектр продуктов и услуг в рамках собственной экосистемы. Средние и малые банки будут сегментированы за пределами ведущих экосистем. Игроки небанковской сферы (телекоммуникационные и ИТ-компании) смогут предлагать клиентам все более качественные и удобные финансовые услуги, что сделает их полноправными конкурентами кредитных организаций.

Клиенты банков смогут пользоваться новыми цифровыми продуктами и услугами в различных отраслях (розничные продажи, страхование, образование, здравоохранение, передача информации на расстоянии). Вместе с тем появятся широкие возможности сделать такой сервис мобильным, персональным и скоростным.

Для банков побудительным мотивом внедрять продуктовые инновации является очевидное желание привлечь и удержать клиентов, удовлетворить их растущие потребности. Совершенно очевидное решение в такой ситуации – внедрение новых финансовых продуктов и цифровых технологий. Например, это может быть онлайн-сервис ипотечного брокера в «Тинькофф Банке» или распознавание пользователя по фотографии в банке «Открытие» при переводах.

Все больше банков предлагают персонализированные кешбэк-сервисы с выбором категорий покупок, а некоторые (Сбер, ВТБ) используют прогностическую аналитику для создания индивидуальных предложений [1].

Ключевыми преимуществами цифровой трансформации для традиционных игроков являются снижение затрат и быстрое банковское обслуживание. Если крупные участники, имеющие достаточные ресурсы и навыки, могут проводить полномасштабную цифровую трансформацию, то средним и мелким банкам предстоит найти свою нишу.

Основные выводы. Внедрение цифровых технологий в банковском деле требует конкретной государственной поддержки в рамках действующего законодательства, позволяющего сочетать интересы цифровых технологий и общественные интересы государства.

Цифровизация, защита бизнеса и физических лиц на финансовом рынке – приоритетное направление мониторинга Банка России.

Регулятор назвал основные направления развития цифровизации финансового сектора. Сейчас можно выделить шесть наиболее перспективных линий оцифровки экономических систем в мире: биометрические, крупномасштабные компьютерные, технологии кибербезопасности, искусственного интеллекта, облачные и мобильные технологии. Повседневное функционирование банковской системы тесно связано с использованием современных информационных технологий, что в значительной степени способствует надежности и простоте электронной системы.

Необходимо отметить риски кибербезопасности – возникновение новых способов хищения цифровых валют, увеличение рисков в связи с офлайн-платежами. Кибербезопасность – это комплекс действий стратегического характера, направленный на защиту от нанесения экономического, технического или информационного ущерба вследствие угроз, совершаемых с помощью программно-технических средств, а также в результате ежедневной работы с информационными сетевыми технологиями [4].

Однако все это в большей степени зависит от технической реализации актива. Если он основан на технологии распределенных реестров, степень защиты высока. При этом централизованные монеты наиболее чувствительны и наименее защищены, особенно от притязаний хакеров.

Таким образом, потенциал ЦВЦБ еще не до конца исследован, его влияние на экономическую безопасность зависит от востребованности и дизайна системы. Более точную оценку можно будет дать на этапе реализации цифровых валют. Сейчас же можно предположить, что ЦВЦБ способны значительно видоизменить устройство кредитно-финансовой сферы.

Особо следует отметить риски экономической безопасности финансового рынка, возникающие при внедрении цифровых финансовых услуг.

Цифровизация содействует открытости национальной экономики на качественно новом технологическом уровне, снижает барьеры для проникновений извне, чем предопределяет влияние на экономическую безопасность.

Внедрение и развитие цифровой трансформации отечественной кредитно-банковской сферы значительно повысит результативность работы банков. Эффективное использование новых технологических решений позволит создавать более совершенные финансовые продукты и услуги. Намеченные преобразования в банковском секторе будут содействовать развитию ИТ-систем и обеспечат соответствующие экономические темпы роста в иных отраслях экономики.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ситник, А. А. Цифровые валюты центральных банков /А.А. Ситник // Вестник Университета имени О. Е. Кутафина. 2020. № 9. С. 180–186.

2 Чайкина, Е. В. Цифровая экономика: новые возможности для банков/ Е.В. Чайкина // Экономика и управление: теория и практика. 2018 Т. 4. № 4-1. С. 43-49.

3 Юсупова, О.А. О внесении изменений в договор банковского вклада/ О.А. Юсупова, Г.Д. Чумаченко// В сборнике: Управление экономикой, системами, процессами. Сборник статей V Международной научно-практической конференции. Пенза, 2021. С. 294-298.

4 Юсупова, О.А. Проблемы диджитализации в банковском секторе/ О.А. Юсупова //В сборнике: Цифровая трансформация в экономике транспортного комплекса. Москва, 2021. С. 370-372.

### СЕКЦИЯ 3. АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

УДК 51:60

Абдурахмонов Шахзотбек Эркинжонович, студент; Abdurakhmanov Shakhzodbek Erkinzhonovich  
Ефимов Александр Александрович, студент; Efimov Alexander Alexandrovich  
Гордиевский Дмитрий Максимович, студент; Gordievsky Dmitry Maksimovich  
Соснин Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
Alexander Alexandrovich Sosnin  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАВИСИМОСТИ ПРИРОСТА ИЛИ УБЫЛИ НАСЕЛЕНИЯ ОТ СРЕДНЕГО ДОХОДА В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ

#### MODELING OF THE PROCESS OF DEPENDENCE OF POPULATION GROWTH OR DECLINE ON AVERAGE INCOME IN THE KHABAROVSK TERRITORY

Аннотация. В данной статье рассматривается математическая регрессионная модель зависимости прироста населения от получаемого дохода. При анализе полученных результатов делается прогноз и вычисляются критические значения данных параметров.

Abstract. This article discusses a mathematical regression model of the dependence of population growth on income. When analyzing the results obtained, a forecast is made and the critical values of these parameters are calculated.

Ключевые слова: Регрессионный анализ, убыль населения, коэффициент корреляции, средний доход.

Keywords: Regression analysis, population decline, correlation coefficient, average income.

В жизни людей очень часто наблюдаются явления, которые очень тесно связаны с математическим моделированием, особенно при исследовании областей социальной жизни человека. При изучении различных зависимостей применяют регрессионный анализ, который описывает функциональную зависимость влияния факторов на переменную. В рамках данной статьи мы рассмотрим линейную регрессию, которая имеет вид:

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$$

- $y$  – переменная, влияние на которую нужно найти;
- $x$  – факторы, влияющие на переменную;
- $a$  – коэффициенты регрессии, определяющие значимости факторов;
- $n$  – общее количество факторов.

Наша задача – выяснить, как доход зависит от прироста или убыли населения. С помощью регрессионного анализа была составлена математическую модель зависимости полученных данных

$$y = a * x + b$$

Было проведено социологическое исследование и получены данные, представленные в таблице 1:

Таблица 1 – Социологическое исследование

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Общий прирост населения	-2171	-1607	-3753	-1258	-4992	-6829	-5830
Доход населения	29213	31197	35460	36565	37098	39084	41459
Численность населения	1340304	1338697	1334944	1333686	1328694	1321865	1316035

После проведения анализа имеющихся данных были получены следующие характеристики, описывающие полученную регрессионную модель. Они представлены в таблице 2 и таблице 3.

Таблица 2 – Регрессионная статистика

<i>Регрессионная статистика</i>	
Множественный R	0,931777314
R-квадрат	0,868208963
Нормированный R-квадрат	-1,4
Стандартная ошибка	3557,67876
Наблюдения	1

Таблица 3 – Характеристики

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>
Регрессия	7	416909562,9	59558508,99	32,93884716
Остаток	5	63285390,79	12657078,16	
Итого	12	480194953,7		

После проведенного анализа, были сделаны следующие выводы:

1. Связь между переменные достаточно высока т.к. коэффициент корреляции равен 0,8., следовательно правдоподобность полученной модели достаточно хороша.
2. Уравнение регрессионной модели имеет вид:  $y = -1,949 + 1400238,832$ .
3. График регрессионной зависимости представлен на рисунке 1.
- 4.

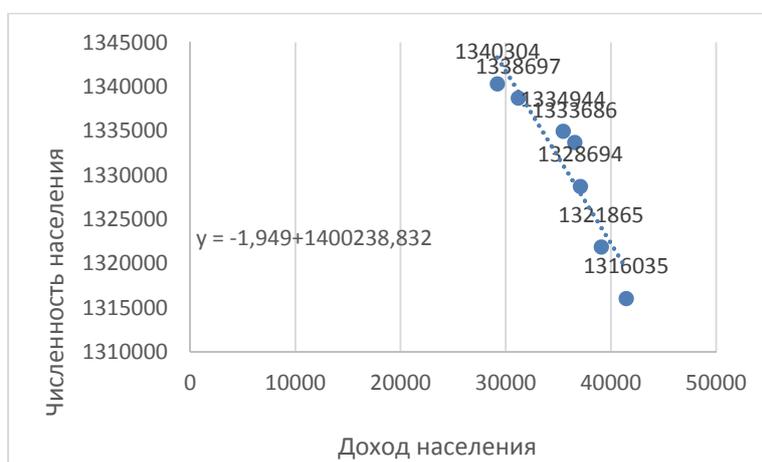


Рисунок 1 – Регрессионная зависимость

**Вывод:** после проведенного анализа данных нами было получено, что вне зависимости от дохода населения в Хабаровском крае, происходит убыль населения, что в свою очередь, согласно полученной регрессионной модели может привести к критическому значению. Поэтому административный аппарат нашего края, должен предпринять меры по остановке данного процесса.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли// Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л.// Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.
- 2 Математическая регрессионная модель зависимости различных экономических характеристик, влияющих на качество жизни граждан рф // Черников А.М., Яковенко К.Ю., Смирнов А., Григорьева А.Л. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 146-149.
- 3 A mathematical model of the field of the strain tensor in terms of deformation of the flat shell structures// Grigorieva A.L., Grigoriev Y.Y., Zharikova E.P., Khromov A.I. Materials Science Forum. 2020. T. 992. С. 870-875.

УДК 51

Альхименко Игорь Николаевич, студент; Alkhimenko Igor Nikolaevich;

Смирнов Михаил Александрович, студент; Smirnov Mikhail Alexandrovich;

Канашин Илья Валерьевич, аспирант; Kanashin Ilya Valeryevich

Хромов Александр Игоревич, доктор физико-математических наук, профессор;

Khromov Alexander Igorevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной математики

Дальневосточного отделения Российской академии наук

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ И НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16Т**

### **MATHEMATICAL EVALUATION OF DEFORMATION AND STRESS DURING OPERATION OF ALUMINUM ALLOY D16T**

Аннотация. Исследовалось изменение механических свойств сплава Д16Т в зависимости от величины искажения и схемы состояния напряжения металла. Д16т – один из самых широко применяемых сплавов дюралюминия в судостроении, авиации и космической промышленности.

Испытание на растяжение сплава преследовало цель определить основные показатели механических свойств и сравнить эти свойства в исходном и термообработанном состояниях.

Abstract. The change in the mechanical properties of the D16T alloy was investigated depending on the magnitude of distortion and the scheme of the voltage state of the metal. D16t is one of the most widely used duralumin alloys in shipbuilding, aviation and the space industry. The purpose of the tensile test of the alloy was to determine the main indicators of mechanical properties and compare these properties in the initial and heat-treated states.

Ключевые слова: алюминиевый сплав, деформация, закаленный, производство, растяжение металла.

Keywords: aluminum alloy, deformation, hardened, production, metal stretching.

Д16Т – сплав алюминия, отличающийся стабильностью и прочностью структуры, относительно небольшим весом, является легкоподатливым к обработке материалом и устойчив к незначительным микроскопическим деформации. Имеет отношение к системе сплавов Al – Cu – Mg (алюминий, медь, магний) и легируется с участием марганца.

Маркировка Д16Т раскрывает основные свойства сплава: Д – дюраль, 16 – порядковый номер серии сплава, Т – обозначение закалки и термического упрочнения с естественным составиванием (что отличает его от обычного Д16). Данные характеристики делают сплав Д16Т подходящим к использованию в самолетостроении, ракетостроении, судостроении и т.д. (рисунок 1).



Рисунок 1 – Использование сплава Д16Т

Уникальные эксплуатационные характеристики сплава Д16Т применяют в спектре видов отраслей народного хозяйства. В основном, Д16Т применяется в нефтяной и химической промышленности, также нашел активное применение при строительстве морских судов, всевозможных летательных аппаратов, в том числе, космических:

трубы – при производстве нефте- и газопроводов, резервуаров, колонн, т.к. труба из сплава дюралюминия Д16Т устойчива к нагнетанию температуры вплоть до 200 градусов, внутренние и внешние поверхности данного сплава не подвержены коррозии (рисунок 2).

плиты и листы – применяются в кузовных деталях, обшивках, тягах, лонжеронах и в каркасах автомобилей, при постройке судов, а также при изготовлении щитов для рекламы, уличных табличек и знаков дорожного регулирования;

прутки – при сборке крепёжных изделий, заклепок и другой арматуры для соединения;

уголки – применяются при разработке деталей для станков, машин и иного оборудования.



Рисунок 2 – Дюралевая труба Д16Т

### Анализ работы

Дан график зависимости Д16Т. Необходимо определить прямую, по которой деформируется сплав вида Д16Т.

Даны данные эксперимента (рис. 3):

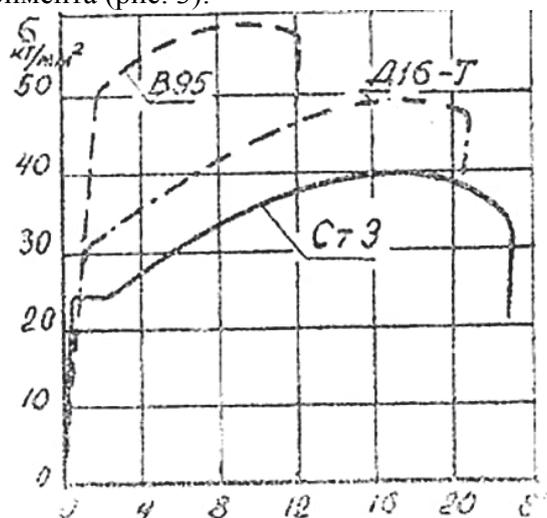


Рисунок 3 – Диаграмма растяжения алюминиевых сплавов и стали 3

Необходимо определить прямую, по которой деформируется образец вида – алюминиевый сплав Д16-Т (табл. 1):

$$y = ax + b$$

$$a = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2}$$

$$b = \bar{y} - a \cdot \bar{x}$$

$y_T = ax + b$  – уравнение регрессии деформированного образца

$$a = \frac{504,2 - 43,1 \cdot 11}{1890,9 - 43,1^2} = 0,9; \quad b = 11 - 0,9 \cdot 43,1 = -27,97$$

Таблица 1 – Растяжение алюминиевого сплава Д16-Т

i	Деформация y	Напряжение x	$x^2$	$x \cdot y$	$y_T$
1	2	32	1024	64	0,96
2	4	35	1225	140	3,68
3	6	38	1444	228	6,39
4	8	42	1764	336	10,01
5	10	45	2025	450	12,72
6	12	47	2209	564	14,53
7	14	48	2304	672	15,43
8	16	49	2401	784	16,33
9	18	48	2304	864	15,43
10	20	47	2209	940	14,53
	$\sum y_i = 110$ $\bar{y} = 11$	$\sum x_i = 431$ $\bar{x} = 43,1$	$\sum x^2 = 18909$ $\bar{x^2} = 1890,9$	$\sum x \cdot y = 5042$ $\bar{x} \cdot \bar{y} = 504,2$	

Изобразим данные графически (рис. 4):

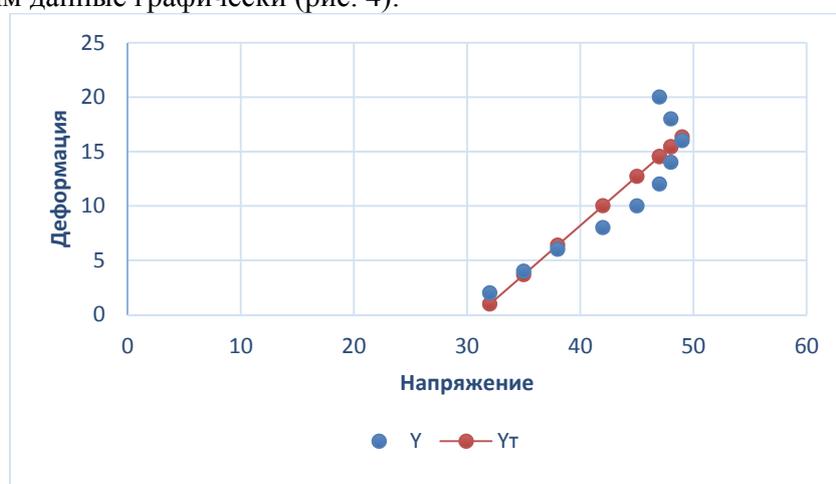


Рисунок 4 – График деформации алюминиевого сплава Д16-Т

Пример деформации Д16Т показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – Пример деформации Д16Т

### Заключение

В ходе выполнения данной работы были проанализированы и структурированы данные из графика (рисунок 1). Было выведено уравнение регрессии полученного образца, построена таблица растяжения сплава Д16Т. Наглядно показана прямо пропорциональная зависимость деформации сплава от напряжения.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алгоритм решения задачи о растяжении полосы с непрерывным полем скоростей перемещений с использованием деформационно-энергетического условия пластичности// Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю.// Фундаментальные исследования. 2013. № 1-3. С. 694-700.

2 Methods of remote sensing in forest fund assessment problems // Zharikova E.P., Grigoryev J.U., Grigoryeva A.L. В сборнике: 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019. 2019. С. 8725343.

3 Качанов, Л. М. Основы теории пластичности / Л. М. Качанов. – М.: Наука, 1969. – 420 с.

4 Растяжение плоского образца в условиях плоского напряженного состояния при различных полях скоростей перемещений // Григорьева А.Л., Хромов А.И., Григорьев Ян.Ю. // Труды МАИ. 2020. № 111. С. 1.

5 Математическая модель оптимизации системы управления процессами на предприятиях и судах ледового плавания на основе модели сетевого планирования // Григорьева А.Л., Григорьев Ян.Ю., Ломакина Н.С., Хряпенко К.Д., Альхименко И.Н., Чепурных М.А. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2021. № 1 (49). С. 19-28.

6 Математическое моделирование поля тензора деформаций альманси при исследовании растяжения полосы в условиях плоского напряженного состояния // Григорьева А.Л., Григорьев Ян.Ю., Хромов А.И., Жарикова Е.П. // В сборнике: Фундаментальные и прикладные задачи механики деформируемого твердого тела и прогрессивные технологии в машиностроении. Материалы V Дальневосточной конференции с международным участием. Ответственный редактор А.И. Евстигнеев. 2018. С. 124-136.

7 Grigorieva A.L., Grigoriev Y.Y., Khromov A.I. // The strain of a plane sample at the homogeneous field of the strain rates under the plane strain conditions // Materials Science Forum. 2018. T. 945 MSF. С. 857-865.

УДК 51.7

Аршинский Дмитрий Олегович, студент; Arshinsky Dmitry Olegovich;

Юзва Максим Игоревич, студент; Yuzva Maxim Igorevich;

Сигаев Данил Алексеевич, студент; Sigaev Danil Alekseevich;

Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой;

Grivorieva Anna Leonidovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ, ОПИСЫВАЮЩЕЙ ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА**

### **DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF A MATHEMATICAL MODEL DESCRIBING THE DEPENDENCE OF THE ENVIRONMENTAL POLLUTION COEFFICIENT ON THE INTENSITY OF TRAFFIC FLOW**

Аннотация. В современном мире количество автомобилей растет с каждым годом, а это в свою очередь не экологически чистый транспорт. Поэтому ежегодно повышается и количество выбросов, создаваемое автотранспортом в атмосферу. Исходя из этого можно сделать вывод что между количеством автомобилей и выбросами в атмосферу существует прямая зависимость.

Abstract. In the modern world, the number of cars is growing every year, and this, in turn, is not environmentally friendly transport. Therefore, the amount of emissions generated by vehicles into the atmosphere increases annually. Based on this, we can conclude that there is a direct relationship between the number of cars and emissions into the atmosphere.

Ключевые слова. Математическая модель, регрессионный анализ, линейная зависимость, выбросы в атмосферу, экология, автотранспорт.

Keywords: Mathematical model, regression analysis, linear dependence, emissions into the atmosphere, ecology, motor transport.

Целью данной работы является определение зависимости выбросов от автотранспорта в атмосферу от количества автотранспорта с помощью аналитических данных, полученных путём наблюдения, и также используя регрессионный анализ. В основе данного анализа лежит обработка данных и получение аналитических уравнений, описывающих эти данные.

#### **Анализ работы**

Были собраны статистические данные по расходу энергии организмом от частоты пульса человека при занятии физическими упражнениями.

С помощью регрессионного анализа составим математическую модель зависимости полученных данных.

Составим поле корреляции.

Получим что экспериментальные данные проходят близко к прямой

$$y = a * x + b \quad (1)$$

Данное уравнение используется в анализе и называется линейным уравнением регрессии,

где:

$$a = \frac{(xy - \bar{x}\bar{y})}{(x^2 - (\bar{x})^2)} \quad (2)$$

$$b = \bar{y} - a * \bar{x} \quad (3)$$

Получив целевую функцию математической модели, оценим ее и спрогнозируем результат построив график зависимости расхода энергии от частоты пульса.

Коэффициент связи между переменными x и y называется коэффициентом корреляции и вычисляется по формуле:

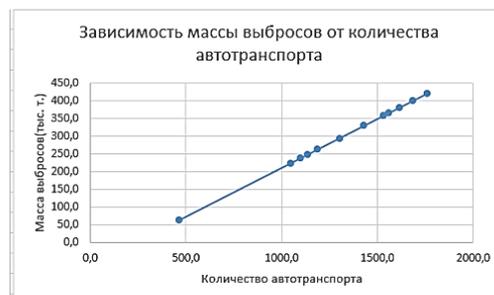
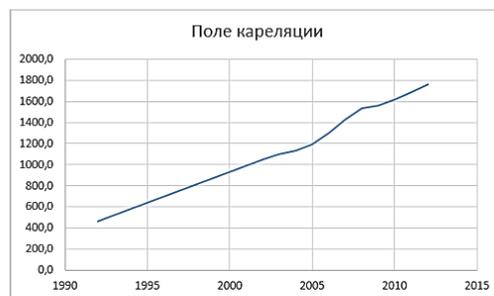
$$r_{xy} = \frac{\bar{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\sqrt{x^2 - (\bar{x})^2} * \sqrt{y^2 - (\bar{y})^2}} \quad (4)$$

Находим a и b, подставляя значения в формулы (2) и (3). После этого, можно найти  $y_T$  по формуле (1).

$$y = 0,27571 * x - 65,478 - \text{линейное уравнение.}$$

С помощью формулы (4) Получим, что:  $r_{xy} = 0,76484$

№	Количество автотранспортных средств (тыс. ед.) x	Масса выбросов от автотранспорта (тыс. т.) y	x^2	y^2	x*y	y(теор.)
1992	467,0	69,8	218089	4872,0	32596,6	63,3
2002	1047,0	96,6	1096209	9331,6	101140,2	223,2
2003	1100,0	206,4	1210000	42601,0	227040,0	237,8
2004	1137,0	13,4	1292769	179,6	15235,8	248,0
2005	1189,0	223,1	1413721	49773,6	265265,9	262,3
2006	1302,0	500,9	1695204	250900,8	652171,8	293,5
2007	1430,0	534,1	2044900	285262,8	763763,0	328,8
2008	1534,0	353,0	2353156	124609,0	541502,0	357,5
2009	1561,0	351,9	2436721	123833,6	549315,9	364,9
2010	1617,0	370,3	2614689	137122,1	598775,1	380,4
2011	1686,0	374,8	2842596	140475,0	631912,8	399,4
2012	1761,0	419,3	3101121	175812,5	738387,3	420,1
Сумма	15831,0	3513,6	22319175,0	1344773,6	5117106,4	
Сред.	1217,8	270,3	1716859,6	103444,1	393623,6	



a	b
0,27571	-65,478

r
0,76484

### Заключение

При выполнении данной работы были проанализированы собранные данные, построено поле корреляции, а также был найден коэффициент связи между переменными x и y. Для получения критерия оценки  $r_{xy}$  были использованы формулы для определения уравнения регрессий.

В конечном расчете мы получаем, что связь  $r_{xy}$  примерно равна 0,76484, и также она является средней. Из этого следует, что данное уравнение можно использовать для примерного расчёта зависимости выбросов от автотранспорта от количества автотранспортных средств. По полученной модели видно, что чем больше автотранспорта, тем выше выбросы в атмосферу.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Эконометрика для экономистов // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2011. № 7. С. 134-135.
- 2 Разработка модели определения глубины пространства для задач детектирования препятствий беспилотного летательного аппарата // Шишов Р.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 306-313.
- 3 Поверхность нагружения, связанная с линиями уровня поверхности деформаций несжимаемого жесткопластического тела // Хромов А.И., Кочеров Е.П., Григорьева А.Л. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. 2006. № 43. С. 88-91.
- 4 Математическая модель связи лазерного дальномера с типом лазерного излучателя // Курдюмова Т.И., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 46.
- 5 Математическая регрессионная модель зависимости различных экономических характеристик, влияющих на качество жизни граждан рф // Черников А.М., Яковенко К.Ю., Смирнов А., Григорьева А.Л. // В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 146-149.

УДК 004

Бабин Юрий Олегович, студент; Babin Yurii Olegovich

Баженов Руслан Иванович, кандидат педагогических наук, доцент; Bazhenov Ruslan Ivanovich  
Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

## **ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ ПО ВЫБОРУ МОНИТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ ДОВЕРИЯ В ПРОГРАММЕ NETICA**

### **MAKING A DECISION ON CHOOSING A MONITOR USING BAYESIAN TRUST NETWORKS IN THE NETICA PROGRAM**

Аннотация. Целью исследования является принятие решения для выбора монитора с помощью байесовских сетей доверия. Реализация проводилась в программной системе Netica. В работе показано, что представленная сеть позволяет определить вероятность выбора монитора на основе приоритетных характеристик.

Abstract. The aim of the study is to make a decision for choosing a monitor using Bayesian networks of trust. The implementation was carried out in the Netica software system. The paper shows that the presented network allows you to determine the probability of choosing a monitor based on priority characteristics.

Ключевые слова: байесовские сети доверия, система Netica, оптимальный выбор.

Keywords: bayesian networks, system Netica, optimum choice.

#### **1 Введение**

##### **1.1 Актуальность**

Принятие решения возможно с помощью различных информационных технологий. Байесовские сети доверия являются одной из них. Они широко используются в медицине, здравоохранении, обработке изображений и видео, и др. Для реализации используются библиотеки для языков программирования и готовые программные системы.

##### **1.2 Обзор исследований**

В настоящее время байесовские сети приобрели достаточную популярность среди ученых и практиков. В. Ф. Мусина исследовала байесовские сети доверия как вероятностную графическую модель для оценки экономических рисков [1]. Байесовские сети доверия в задачах оценивания интенсивности рискованного поведения рассмотрели А. В. Суворова, А. Л. Тулупьев, А. В. Сироткин [2]. Л. В. Массель и Е. В. Пяткова применили байесовские сети доверия для интеллектуальной поддержки исследований проблем энергетической безопасности [3]. Байесовские сети доверия для анализа доступности почвенной влаги использовала А. С. Россова и др. [4]. В. Ю. Волков и А. Мансур исследовали байесовские сети доверия как средство разработки ЭС экологического мониторинга [5]. Построение байесовской сети доверия для оценки надежности программного обеспечения на основании экспериментальных данных показали А. Н. Ивутин и А. А. Суслин [6].

Рассмотрим поставленную задачу.

На сайте интернет-магазина представлен широкий выбор мониторов. Мониторы имеют набор характеристик: диагональ, максимальное разрешение, частота, тип матрицы, время отклика, наличие изогнутости, цена. Необходимо определить вероятность приобретения того или иного монитора для покупателя, ставящего перед собой определенную цель. Например, требуется подобрать монитор за 15000 руб., учитывая наличие у него изогнутости, с частотой монитора 144 GHz, максимальным разрешением (2560x1440), диагональю экрана (27"), типом матрицы (VA).

### 1.3 Цель исследования

Целью исследования является реализация принятия решений с помощью байесовских сетей доверия в программной системе Netica для выбора монитора.

## 2 Материалы и методы

Для реализации задачи была произведена выборка данных из интернет-магазина DNS (<https://www.dns-shop.ru/>) (рис.1). В таблице столбцы первой строки будут служить названиями для узлов в программе, строки 2-25 каждого столбца являются вариантами вероятности выбора того или иного узла.

1	Model	Diagonal	Max-razreshenie	Chastota GHz	Izognutii ecran	Type matrici	Vremya otklika ms	Price
2	HP X24ih	23,80	1920x1080	144	no	IPS	1	15000
3	LG UltraGear 27GN600-B	27,00	1920x1080	144	no	IPS	1	21500
4	AOC 24B2XDM	23,80	1920x1080	75	no	VA	4	11600
5	LG UltraGear 27GL83A-B	27,00	2560x1440	144	no	IPS	1	28000
6	HP X27q	27,00	2560x1440	165	no	IPS	1	22500
7	HUAWEI AD80HW	23,80	1920x1080	60	no	IPS	5	12000
8	ASUS VG248QG	24,00	1920x1080	165	no	TN	1	15900
9	Samsung Odyssey G5 C27G55TQWI	27,00	2560x1440	144	yes	VA	1	24000
10	Philips 273V7QDSB	27,00	1920x1080	75	no	IPS	4	14500
11	Philips 220V8L	21,50	1920x1080	60	no	VA	4	10000
12	Philips 241V8L/01	23,80	1920x1080	75	no	VA	4	12900
13	Samsung Odyssey G3 F24G35TFWI	24,00	1920x1080	144	no	VA	1	16500
14	HP V24i	23,80	1920x1080	60	no	IPS	5	13000
15	Acer EG240YPbipx	23,80	1920x1080	165	no	IPS	2	17000
16	LG 24MK430H	23,80	1920x1080	75	no	IPS	5	12000
17	Xiaomi Mi Curved Gaming Monitor 34	34,00	3440x1440	144	yes	VA	4	38000
18	LG 27GP850-B	27,00	2560x1440	180	no	IPS	1	36000
19	LG UltraGear 27GN800-B	27,00	2560x1440	144	no	IPS	1	26000
20	LG UltraGear 24GN600-B	23,80	1920x1080	144	no	IPS	1	17000
21	LG UltraFine 27UL650-W	27,00	3840x2160	60	no	IPS	5	30000
22	Samsung Odyssey G5 C32G55TQWI	32,00	2560x1440	144	yes	VA	1	28000
23	Xiaomi Mi Desktop Monitor 1C	23,80	1920x1080	60	no	IPS	6	12000
24	Acer KA242Ybi	23,80	1920x1080	75	no	IPS	1	13500
25	Samsung Odyssey G7 C32G75TQSI	31,50	2560x1440	240	yes	VA	1	52500
26								

Рисунок 1 – Исходные данные

При разработке модели сделан выбор в пользу программной системы Netica.

## 3 Результаты и обсуждения

После загрузки данных задаются связи полученным узлам сети. Для этого выбирается целевой узел (Price). Результат представлен на рис. 2.

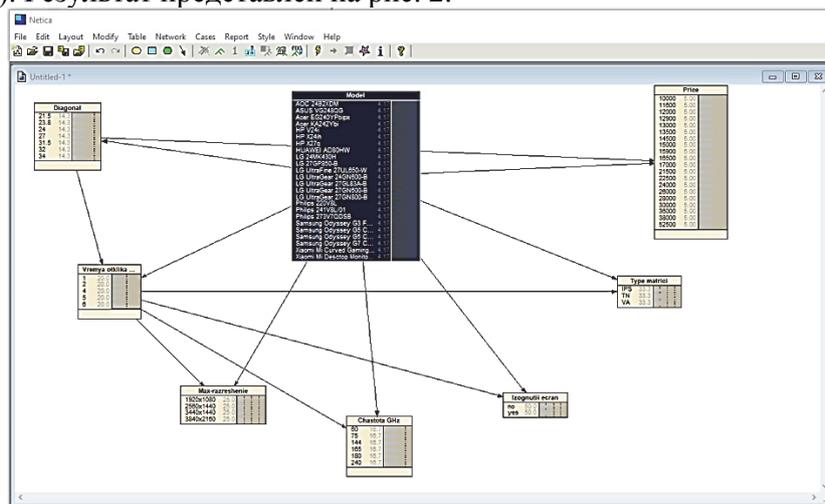


Рисунок 2 – Связи между узлами, полученные при первом проходе

Анализируя полученную автоматическую сеть и связи между узлами видим, что некоторые из них являются противоречивыми. Например, максимальное разрешение экрана (Max-razreshenie) не может зависеть от времени отклика (Vremya otklika), диагональ экрана (Diagonal) не может зависеть от цены (Price). Следовательно, требуется проверить все связи на основе логических рассуждений.

Для получения результатов необходимо выполнить обучение полученной сети, используя EM-алгоритм.

Результат выбора с помощью байесовской сети доверия показан на рис.3.

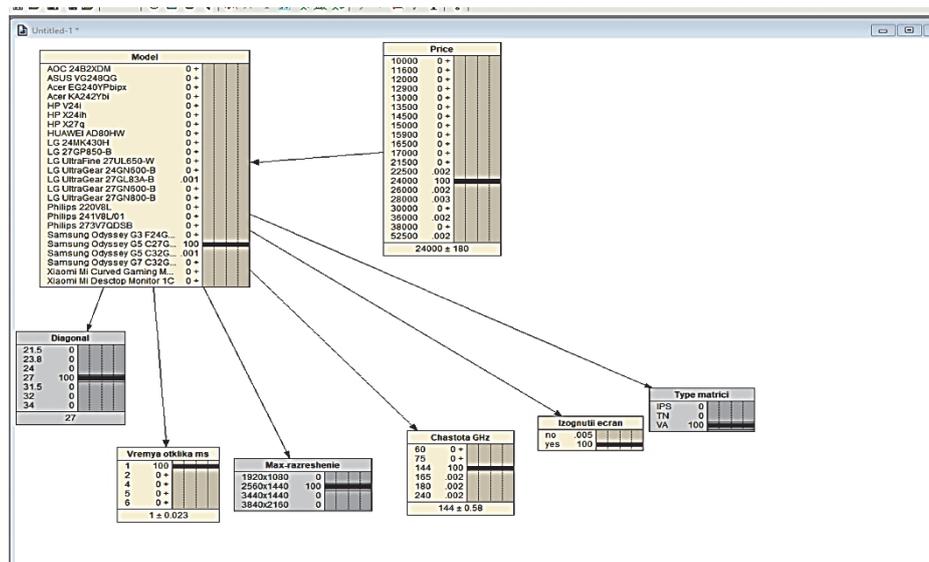


Рисунок 3 – Выбор наилучшего монитора для работы с графикой

Таким образом, полученная сеть показывает, что для покупателя, которому нужен монитор по требуемым характеристикам выбран с вероятностью 100% монитор Samsung Odyssey G5 C27G55TQWI.

### Выводы

В результате можно видеть, что полученная сеть позволяет определить вероятность выбора монитора на основе приоритетных характеристик.

Таким образом, в ходе исследования цель была достигнута, в программной среде Netica реализована байесовская сеть доверия, позволяющая осуществить выбор монитора для покупателя, опираясь на его предпочтения.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Мусина В. Ф. Байесовские сети доверия как вероятностная графическая модель для оценки экономических рисков //Информатика и автоматизация. 2013. №. 25. С. 235-254.
- 2 Суворова А. В., Тулупьев А. Л., Сироткин А. В. Байесовские сети доверия в задачах оценивания интенсивности рискованного поведения //Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2014. Т. 9. №. 2. С. 115-129.
- 3 Массель Л. В., Пяткова Е. В. Применение байесовских сетей доверия для интеллектуальной поддержки исследований проблем энергетической безопасности //Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. №. 2 (61). С. 8-13.
- 4 Россова А. С. и др. Байесовские сети доверия для анализа доступности почвенной влаги //Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и техники: сб. науч. ст. Междунар. конф.(13-16 нояб. 2018 г.). Барнаул: АлтГУ. 2018. С. 634-637.
- 5 Волков В. Ю., Мансур А. Байесовские сети доверия как средство разработки ЭС экологического мониторинга //Вестник Международной академии системных исследований. Информатика, экология, экономика. 2008. Т. 11. №. 1. С. 119-123.
- 6 Ивутин А. Н., Суслин А. А. Построение байесовской сети доверия для оценки надежности программного обеспечения на основании экспериментальных данных //Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. №. 5-3. С. 226-231.

## **РАЗРАБОТКА И СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ РЕКУРРЕНТНЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ С ДОЛГОЙ КРАТКОСРОЧНОЙ ПАМЯТЬЮ**

### **DEVELOPMENT AND COMPARISON OF MODELS FOR FORECASTING ELECTRICITY CONSUMPTION USING RECURRENT NEURAL NETWORKS WITH LONG SHORT-TERM MEMORY**

Аннотация. Разработка и анализ пяти моделей по прогнозированию электропотребления. Для обучения моделей применяется набор данных, который содержит ежеминутные записи параметров в течение четырёх лет.

Abstract. Development and analysis of five models for predicting family power consumption. To train models, a dataset is used that contains monthly parameter records for four years.

Ключевые слова: математическая модель, нейронная сеть, данные, энергия, энергетика.

Keywords: mathematical model, neural network, data, energy, energetics.

В статье рассмотрен один из типов искусственных нейронных сетей (ИНС), а именно, рекуррентные нейросети. Такие нейросети (алгоритмы) глубокого обучения обычно используются для временных задач, таких как обработка естественного языка, машинный перевод [1, 2] и др. Рекуррентные нейросети отличаются наличием своей «памяти», поскольку они берут информацию из предыдущих входов, чтобы влиять на текущий ввод и вывод. Кроме того, классические глубокие нейросети предполагают, что выходы и входы не зависят друг от друга, выходные данные рекуррентных нейронных сетей зависят от предшествующих элементов в последовательности. Сети с прямой связью на каждом узле имеют разные веса. Рекуррентные нейросети имеют один и тот же параметр веса на каждом уровне сети. Тем не менее, эти веса все еще изменяются в процессе обучения. Рекуррентные нейросети используют алгоритм обратного распространения во времени для определения градиентов, который немного отличается от классического обратного распространения. Алгоритм суммирует ошибки на каждом временном шаге, тогда как в сетях прямого распространения нет необходимости суммировать ошибки, поскольку они не разделяют параметры на каждом уровне.

Плюсы типичной архитектуры рекуррентной нейросети:

- возможность обработки ввода любой длины;
- размер модели не увеличивается с размером ввода;
- при вычислении учитывается историческая информация;
- веса распределяются во времени.

Минусы:

- вычисления идут медленно;
- трудно получить доступ к информации, полученной в давние времена;
- невозможно рассмотреть какие-либо будущие входные данные для текущего состояния.

Одна из наилучших архитектур рекуррентной нейросети, это Long short-term memory (LSTM). Такая архитектура работает над решением проблем долгосрочных зависимостей. То есть, если предыдущее состояние, которое влияет на текущий прогноз, не находится в недавнем прошлом, модель может быть не в состоянии точно прогнозировать текущее состояние. LSTM имеют «ячейки» в скрытых слоях нейросети, которые имеют три логических элемента – входной вентиль, выходной вентиль и вентиль забывания. Эти шлюзы управляют потоком информации, которая необходима для прогнозирования выходных данных в сети.

Помимо задач Natural Language Processing (NLP) LSTM можно использовать для интервального прогнозирования временных рядов. Перед авторами стоит задача прогнозирования потребления электроэнергии в гибридных энергетических системах.

Потребление электроэнергии населением и промышленными предприятиями зависит от многих факторов. Таким образом, на коммуникации оказывается различная нагрузка; в случае перегрузки сети она может выйти из строя, что повлечет тяжелые последствия. Постоянная необходимость снабжения электроэнергией населения и промышленных предприятий порождает необходимость серьезной защиты от поломок. Прекращение поступления энергии на жизненно важные объекты может стать причиной катастрофы и привести к огромным финансовым потерям.

Прогнозирование электрической нагрузки является на сегодняшний день одним из наиболее востребованных направлений исследований в электроэнергетике. Прогнозы потребления составляют основную исходную информацию для принятия решений о планировании оптимальных режимов работы и развитии электроэнергетических систем, для автоматизированного управления которыми необходима система прогнозирования временных рядов. Такое прогнозирование также играет важную роль для вычисления потребления энергии объектами, которые используют автономные гибридные энергетические системы.

Разработанные модели для прогнозирования потребления электроэнергии используют набор данных, который собирался в течение четырех лет для одной семьи живущей в Париже. Данные собирались ежеминутно в период с декабря 2006 г. по ноябрь 2010 г. В многомерный ряд входят следующие параметры:

- дата в формате дд/мм/гггг;
- время в формате чч:мм:сс;
- `global_active_power` – глобальная активная мощность, усредненная на границе минуты (в киловаттах);
- `global_reactive_power` – глобальная реактивная, усредненная на границе минуты (в киловаттах);
- `voltage` – напряжение, усредненное на границе минуты (в вольтах);
- `global_intensity` – сила тока, усредненная на границе минуты (в амперах);
- `sub_metering_1` – счетчик энергии № 1 (в ватт-часах активной энергии). Он соответствует кухне, в которой есть в основном посудомоечная машина, духовка и микроволновая печь (плита не электрическая, а газовая);
- `sub_metering_2` – счетчик электроэнергии № 2 (в ватт-часах активной энергии). Он соответствует ванне, в которой есть стиральная машина, сушилка для белья;
- `sub_metering_3` – счетчик энергии № 3 (в ватт-часах активной энергии). Соответствует электрическому водонагревателю и кондиционеру.

Оценивались модели с помощью Root Mean Square Error (RMSE). RMSE – это стандартное отклонение остатков (ошибок прогноза). Остатки – это мера того, насколько далеко от точек данных линии регрессии. В целом RMSE, это мера того, насколько разбросаны эти остатки. Другими словами, RMSE показывает, насколько данные сконцентрированы вокруг линии наилучшего соответствия. RMSE обычно используется в климатологии, прогнозировании и регрессионном анализе для проверки экспериментальных результатов. RMSE вычисляется в соответствии с выражением:

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}, \quad (1)$$

где  $\hat{y}_i$  – прогнозируемые значения;

$y_i$  – наблюдаемые значения;

$n$  – количество наблюдений.

Набор данных разбит на обучающую часть, которая состоит из 159 недель и на валидационную часть, которая в свою очередь состоит из 46 недель.

Модели прогнозируют потребление энергии семьи на следующий день.

Архитектура нейронной сети LSTM показала хорошие результаты в прогнозировании временных рядов [3].

Первая модель LSTM с векторным выходом для многошагового прогнозирования с одномерными входными данными. На рисунке 1 приставлены результаты RMSE по дням недели. Лучше всего первая модель справилась с прогнозированием потребления энергии в пятницу, а в субботу наоборот худшее всего.

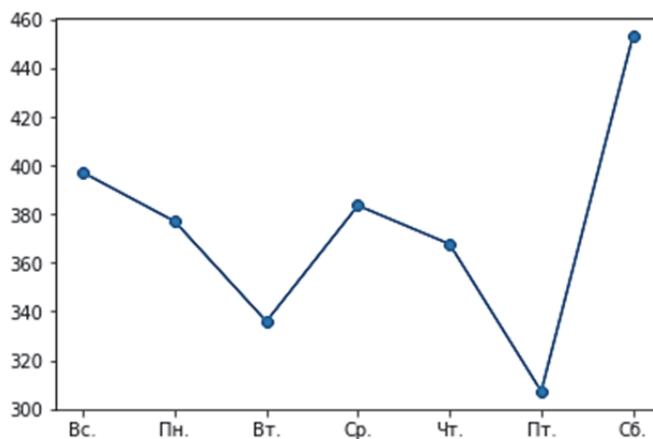


Рисунок 1 – RMSE по дням недели

На рисунке 2 представлены все прогнозы по пятницам.

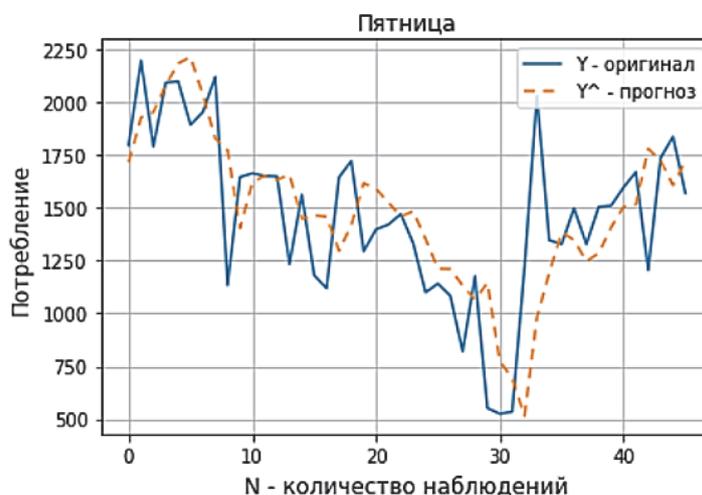


Рисунок 2 – Сравнение реальных результатов в каждую пятницу с прогнозированным значениями

Среднее значение RMSE первой модели составляет 376,853.

Среднее значение RMSE по остальным моделям:

- Модель Encoder-Decoder LSTM для многоэтапного прогнозирования с одномерными входными данными. RMSE составляет 372,054.
- Модель Encoder-Decoder LSTM для многоэтапного прогнозирования с многомерными входными данными. RMSE составляет 389,514.
- Модель CNN-LSTM Encoder-Decoder для многоэтапного прогнозирования с одномерными входными данными. RMSE составляет 399,815.
- Модель ConvLSTM Encoder-Decoder для многоэтапного прогнозирования с одномерными входными данными. RMSE составляет 396,594.

В ходе анализа разработанных новых моделей для прогнозирования потребления энергии, модель Encoder-Decoder LSTM для многоэтапного прогнозирования с одномерными входными данными показала меньшее значение RMSE, чем другие модели.

Сверточная нейронная сеть (CNN) хорошо справляется с распознаванием изображения. Так как свёрточные слои хорошо выделяют признаки [4, 5].

Среди моделей с комбинированной архитектурой выделяется модель ConvLSTM Encoder-Decoder для многоэтапного прогнозирования с одномерными входными данными.

Авторы планируют собирать аналогичные данные для прогнозирования потребления энергии в Российской Федерации. Возможно содействие сможет оказать теплоэлектроцентраль (ТЭЦ).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Zhivotova A.A., Berdonosov V.D., Redkolis E.V. Machine translation systems analysis and development prospects// International multi-conference on industrial engineering and modern technologies, Fareastcon. Vladivostok, 06-09 окт. 2020. С. 9271249.

2 Zhivotova A.A., Berdonosov V.D., Redkolis E.V. Improving the quality of scientific articles machine translation while writing original text// International multi-conference on industrial engineering and modern technologies, Fareastcon. Vladivostok, 06-09 окт. 2020. С. 9271442.

3 Васильев Г.В., Бердоносков В.Д. Анализ моделей потоков энергий гибридных энергетических систем// Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности: материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. 2021. С. 191-194.

4 Васильев Г.В., Лошманов А.Ю., Васильев А.В. «Определение жизни» с помощью машинного зрения// Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2020. Ч. 2. С. 235-238.

5 Васильев Г. В., Васильев А. В. Распознавание домашних питомцев с помощью Mask R-CNN, COCO, OpenCV// Инновации. Наука. Образование. 2020. № 14. С. 564-567.

УДК 004.932

Гадеев Дмитрий Валерьевич, студент; Gadeev Dmitriy Valerievich

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А. Н. Туполева

## **ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОШЛИФОВ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ В СРЕДЕ MATLAB**

### **IMAGE PROCESSING OF THE CROSS SECTIONS OF LASER CLADDING SPECIMENS IN MATLAB**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию возможностей MATLAB при обработке изображений микрошлифов образцов, выращенных с помощью технологии Direct Metal Deposition (DMD) для последующего изучения их механических свойств. Проблема заключалась в необходимости создания двоичного изображения из двумерного изображения для дальнейшей с ним работы. Конечным результатом обработки изображения служит само двоичное изображение и вычисленная пористость напечатанного образца на этом изображении.

Abstract. This work is devoted to the investigation of possibilities of MATLAB in processing cross section images of metal-deposited specimens to further studying its mechanical properties. The problem is to create a binary image from two-dimension image. Finally, the binary image was received and then processed in order to get the porosity number for the specimen.

Ключевые слова: аддитивные технологии, микрошлиф, обработка изображений, пористость.

Keywords: direct metal deposition, cross section, image processing, porosity.

С помощью технологии DMD были выращены образцы сплава из порошков ВТ6 и технически чистого Zr. Для изучения возможности последующего применения этого сплава в медицинских целях необходимо было узнать механические характеристики материала. С этой целью были выращены образцы, сделаны микрошлифы, произведена их механическая обработка. Полученные шлифы были помещены в микроскоп, сделаны снимки их поверхности.

Необходимо было узнать поверхностную пористость образца. Для решения этой задачи в среде MATLAB был использован набор функций из библиотеки Image Processing.

Прежде всего требовалось получить двумерное бинарное изображение из двумерного многоцветного. Для эксперимента было выбрано одно изображение верхней части шлифа (см. рис. 1). С помощью функции `imbinarize` требовалось подобрать оптимальное значение порога минимизации дисперсии пикселей.

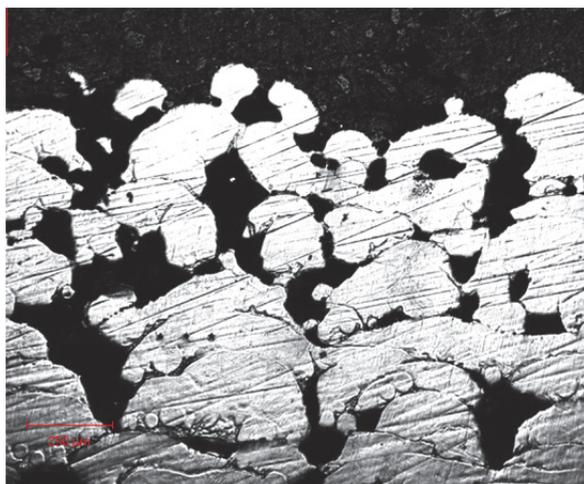


Рисунок 1 – Оригинал изображения микрошлифа напечатанного образца

На рис. 2 приведены результаты обработки изображений с помощью вышеупомянутой функции со значениями порога минимизации от 0.1 до 0.5 с шагом в 0.05.

Порог минимизации влияет на качество бинаризации изображения. Так как наша задача заключалась в определении пористости, было решено считать этот параметр по числу пикселей определенного цвета – черного. Белый цвет в данном случае будет обозначать области, заполненные металлом.

Как видно из результатов, оптимальным значением порога минимизации является число 0.25. При значениях менее 0.25 в верхней части изображения появляются шумы, которые могут повлиять на итоговое значение пористости. При значениях более 0.25 в черный цвет окрашиваются не только пустоты образца, но и небольшие шероховатости поверхности металла, оставшиеся после механической обработки микрошлифа.

Затем с помощью графического растрового редактора было определено число пикселей белого цвета и размер всего изображения. Таким образом, пористость образца определяется по формуле (1):

$$p = \left(1 - \frac{w}{a}\right) * 100\%, \quad (1)$$

где  $w$  – площадь областей белого цвета, px;  
 $a$  – размер изображения, px.

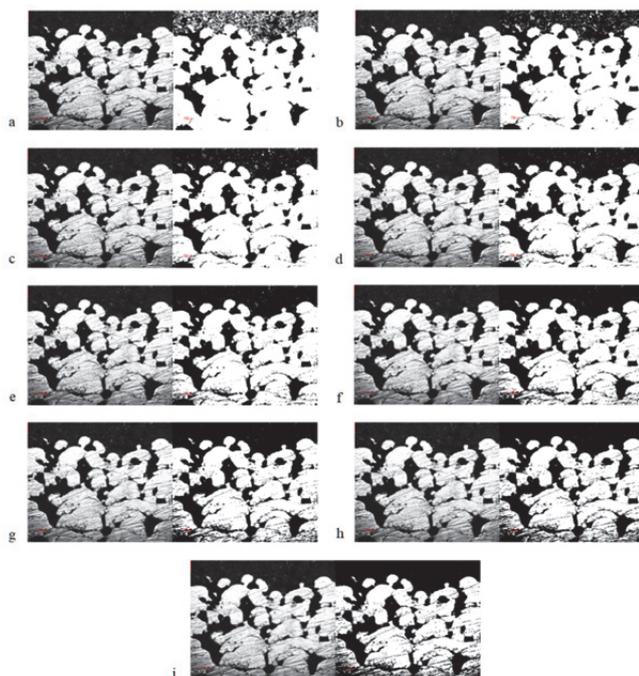


Рисунок 2 – Пары изображений до и после обработки с различными порогами минимизации (a – 0.10, b – 0.15, c – 0.20, d – 0.25, e – 0.30, f – 0.35, g – 0.40, h – 0.45, i – 0.5)

Для полученного изображения пористость равна 32%. Для двух других изображений микрошлифов пористость составила 28% и 23% соответственно.

Таким образом, с помощью библиотеки для обработки изображений Image Processing в среде MATLAB были получены бинарные двухцветные изображения, с их помощью найдены значения пористости образцов, равные 32%, 28% и 23% для трех различных изображений соответственно.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Li-Chong Zhang et al. Characterization of particle shape of nickel-based superalloy powders using image processing techniques, Powder Technology, Volume 395, 2022, Pages 787-801.

2 Wang B et al. Microstructure, mechanical properties, and preliminary biocompatibility evaluation of binary Ti-Zr alloys for dental application. J Biomater Appl. 2019 Jan; 33(6) : 766-775.

УДК 51

Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой;

Grivorieva Anna Leonidovna

Канашин Илья Валерьевич, аспирант; Kanashin Ilya Valeryevich

Хасаншин Сергей Дамерович, студент; Khasanshin Sergey Damerovich

Хряпенко Ксения Дмитриевна, студент; Khryapenko Ksenia Dmitrievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СТ3 ПРИ РАВНОМЕРНОМ РАСТЯЖЕНИИ

#### MATHEMATICAL DESCRIPTION OF THE STUDY OF DEFORMATION OF STEEL PRODUCTS MADE OF STE3 UNDER UNIFORM TENSION

Аннотация. Проводилось исследование изменения механических свойств стали в зависимости от значения деформации и схемы состояния напряжения. Ст3 – это конструкционная углеродистая сталь хорошего качества, находит широкое применение в сферах промышленного производства. Данный сплав применяется при изготовлении листов, профилей, труб, двутавров и других крепежных и монтажных элементов. Ст3, легко поддается сварке, поэтому данный металл используют в особо необходимых и главных элементах различных построек. Преследовалась цель определения основных механических свойств металла и сравнения этих свойств исходного и термически обработанного состояния при помощи испытаний на растяжение стали.

Abstract. The study of changes in the mechanical properties of steel depending on the value of deformation and the stress state scheme was carried out. St3 is a structural carbon steel of good quality, is widely used in industrial production. This alloy is used in the manufacture of sheets, profiles, pipes, I-beams and other fasteners and mounting elements. ST 3, it is easy to weld, so this metal is used in especially necessary and main elements of various buildings. The aim was to determine the basic mechanical properties of the metal and compare these properties of the initial and heat-treated state using tensile tests of steel.

Ключевые слова: углеродистая сталь, деформация, промышленное производство, растяжение металла.  
Keywords: carbon steel, deformation, industrial production, tensile metal.



Рисунок 1 – Пример изделия из стали (двутавр)

Сталь, является сплавом углерода и железа, сплав может содержать до 2 процентов углерода. Ключевой особенностью данного материала является обширная область применения, сталь применяется при строительстве зданий, сооружений, и практически во всех отраслях промышленности, кроме того, инструменты для слесарных, монтажных и прочих работ также делают из данного сплава. Главной причиной настолько широкого применения стали является обилие сырья, её низкая стоимость и недорогая обработка и формовка в сочетании с огромным спектром механических свойств. Данный сплав применяется при изготовлении профильных листов, крепежных элементов и при различном металлопрокате (рис.1)

Сталь отличается различными маркировками, и каждая марка стали отлична от других по составу и, как следствие, механическим характеристикам и податливостью к сварке.

Ст3 содержит относительно малое количество примесных элементов и обладает высокой гибкостью, что делает данный сплав самым распространенным, особенно, при строительстве.

Показатель прочности, граница текучести и относительное удлинение находятся в прямой зависимости от толщины и формы проката. При увеличении толщины металлического изделия, уменьшается значение показателя, трубы обладают самым низким показателем, листы-самым высоким, толщиной 5-10 мм.

Целью данной работы является испытание углеродистой стали на прочность в условиях деформации от напряжения.

Анализ работы

Дан график зависимости Ст3. Необходимо определить прямую, по которой деформируется образец вида Ст3.

С помощью регрессионного анализа составим математическую модель зависимости полученных данных (1):

$$y = ax + b,$$

где  $y$  – деформация;

$x$  – напряжение.

Данное уравнение используется в анализе и называется линейным уравнением регрессии, где:

$$a = \frac{\overline{xy} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{\overline{x^2} - (\bar{x})^2} \quad (2);$$

$$b = \bar{y} - a \cdot \bar{x} \quad (3).$$

Даны данные эксперимента (рис. 2):

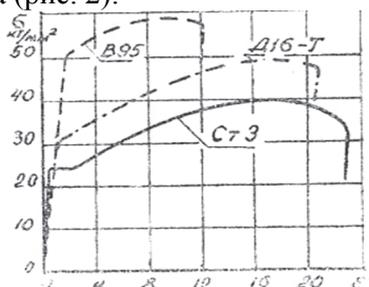


Рисунок 2 – Диаграмма растяжения алюминиевых сплавов и Ст3

Подставив данные диаграммы в формулы 1-3, получим таблицу 1:

Таблица 1 – Растяжение Ст3

i	Деформация $y$	Напряжение $x$	$x^2$	$x \cdot y$	$y_T$
1	2	25	625	50	1,14
2	4	27,5	756,25	110	3,78
3	6	30	900	180	6,41
4	8	32,5	1056,25	260	9,05
5	10	35	1225	350	11,69
6	12	37,5	1406,25	450	14,32
7	14	39	1521	546	15,9
8	16	40	1600	640	16,96
9	18	39	1521	702	15,9
10	20	38	1444	760	14,85
	$\sum y_i = 110$	$\sum x_i = 343,5$			
	$\bar{y} = 11$	$\bar{x} = 34,35$	$\overline{x^2} = 1205,475$	$\overline{xy} = 404,8$	

Подставим данные таблицы 1 в формулы 2 и 3:

$$a = \frac{404,8 - 34,35 \cdot 11}{1205,475 - 34,35^2} = 1,05; b = 110 - 1,05 \cdot 34,35 = -25,23$$

Изобразим данные графически (рис. 3):

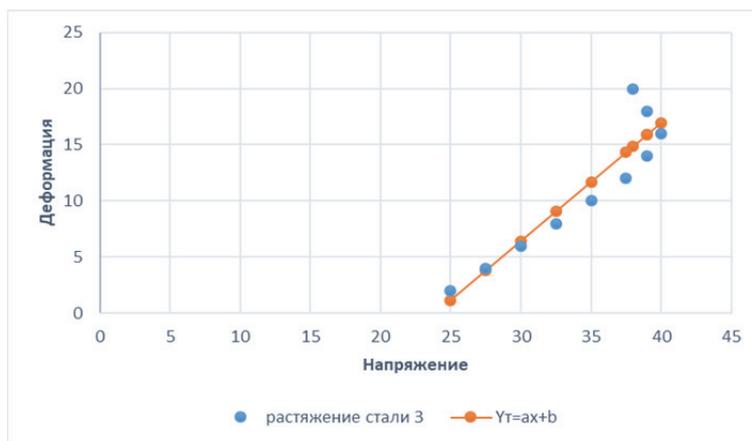


Рисунок 3 – График изменения свойств Ст3 от увеличения напряжения

Приведем пример деформации Ст3 (рис. 4):

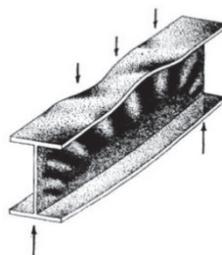


Рисунок 4 – Пример деформации двутавра

### Заключение

На этапе выполнения данной работы были проанализированы собранные данные, построен график статических данных. Была найдена прямая, по которой деформируется наш образец.

В конечном графике мы получили зависимость деформации от напряжения стали 3.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алгоритм решения задачи о растяжении полосы с непрерывным полем скоростей перемещений с использованием деформационно-энергетического условия пластичности // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 1-3. С. 694-700.

2 Methods of remote sensing in forest fund assessment problems // Zharikova E.P., Grigoryev J.U., Grigoryeva A.L. В сборнике: 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019. 2019. С. 8725343.

3 Качанов, Л. М. Основы теории пластичности / Л. М. Качанов. – М.: Наука, 1969. – 420 с.

4 Растяжение плоского образца в условиях плоского напряженного состояния при различных полях скоростей перемещений // Григорьева А.Л., Хромов А.И., Григорьев Ян.Ю. // *Труды МАИ*. 2020. № 111. С. 1.

5 Математическая модель оптимизации системы управления процессами на предприятиях и судах ледового плавания на основе модели сетевого планирования // Григорьева А.Л., Григорьев Ян.Ю., Ломакина Н.С., Хряпенко К.Д., Альхименко И.Н., Чепурных М.А. // *Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета*. 2021. № 1 (49). С. 19-28.

6 Математическое моделирование поля тензора деформаций альманси при исследовании растяжения полосы в условиях плоского напряженного состояния // Григорьева А.Л., Григорьев Ян.Ю., Хромов А.И., Жарикова Е.П. // В сборнике: *Фундаментальные и прикладные задачи механики деформируемого твердого тела и прогрессивные технологии в машиностроении*. Материалы V Дальневосточной конференции с международным участием. Ответственный редактор А.И. Евстигнеев. 2018. С. 124-136.

7 Grigorieva A.L., Grigoriev Y.Y., Khromov A.I. // The strain of a plane sample at the homogeneous field of the strain rates under the plane strain conditions // *Materials Science Forum*. 2018. Т. 945 MSF. С. 857-865.

УДК 51

Евстигнеева Анна Алексеевна, студент; Evstigneeva Anna Alekseevna

Харламова Оксана Сергеевна, студент; Kharlamova Oksana Sergeevna

Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой;  
Grivorieva Anna Leonidovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЕТИЛОВОГО СПИРТА

### A MATHEMATICAL MODEL OF THE DEPENDENCE OF THE CHARACTERISTICS THAT DETERMINE THE CHEMICAL COMPOSITION OF METHYL ALCOHOL

Аннотация. Практически весь используемый в настоящее время метиловый спирт является синтетическим. Промышленный продукт содержит обычно следующие примеси: диметиловый эфир, метилаль. метиловый эфир уксусной кислоты, формальдегид, этиловый спирт, ацетальдегид, ацетон и воду. Но для проведения определённых экспериментов важно иметь очищенный метиловый спирт. Например: очищенный метиловый используют для измерения диэлектрической постоянной, электрохимических измерений, предназначен для проведения оптических измерений и т.д. О чистоте продукта лучше всего судить по его плотности, поскольку метод определения плотности более точен, чем любой другой прямой метод.

Abstract. Almost all currently used methyl alcohol is synthetic. An industrial product usually contains the following impurities: dimethyl ether, methylal. acetic acid methyl ether, formaldehyde, ethyl alcohol, acetaldehyde, acetone and water. But to conduct certain experiments, it is important to have purified methyl alcohol. For example: purified methyl is used to measure the dielectric constant, electrochemical measurements, is intended for optical measurements, etc. The purity of a product is best judged by its density, since the density determination method is more accurate than any other direct method.

Ключевые слова: плотность, удельный вес, концентрация, метиловый спирт, регрессионная модель, оценка качества.

Keywords: density, specific gravity, concentration, methyl alcohol, regression model, quality assessment.

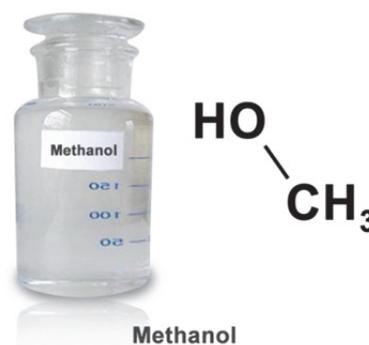
Метанол (метиловый спирт) –  $\text{CH}_3\text{OH}$ , простейший одноатомный спирт, бесцветная ядовитая жидкость.

Практически весь используемый в настоящее время метиловый спирт является синтетическим. Промышленный продукт содержит обычно следующие примеси: диметиловый эфир, метилаль. метиловый эфир уксусной кислоты, формальдегид, этиловый спирт, ацетальдегид, ацетон и воду. Но для проведения определённых экспериментов важно иметь очищенный метиловый спирт. Например: очищенный метиловый используют для измерения диэлектрической постоянной, электрохимических измерений, предназначен для проведения оптических измерений и т.д. О чистоте продукта лучше всего судить по его плотности, поскольку метод определения плотности более точен, чем любой другой прямой метод.

Целью данной работы является определение зависимости плотности метилового спирта от веса с помощью аналитических данных, полученных путём наблюдения, и также используя регрессионный анализ. В основе данного анализа лежит обработка данных и получение аналитических уравнений, описывающих эти данные.

#### Анализ работы

Были собраны статистические данные взаимосвязи между плотностью метилового спирта и веса, где  $y$  – плотность ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ),  $x$  – вес (%). Показано на рисунке 1.



y	x
829	88
824	90
818	92
813	94
807	96
801	98
796	100
5688	658

Рисунок 1 – Статистические данные

В основе регрессионного анализа лежит обработка данных и получение линейного и показательного уравнений регрессии.

$$y_{\text{лин}} = a \cdot x + b \quad (1)$$

$$\text{где: } a = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{x^2 - \bar{x}^2} \quad (2)$$

$$b = \bar{y} - a \cdot \bar{x} \quad (3)$$

$$y_{\text{показ}} = b \cdot a^x \quad (4)$$

$$\text{где: } a = e^{a^*} \quad (5)$$

$$b = e^{b^*} \quad (6)$$

$$a^* = \frac{\bar{x} \cdot \bar{y}^* - \bar{x} \cdot \bar{y}^*}{x^2 - \bar{x}^2} \quad (7)$$

$$b^* = \bar{y}^* - a \cdot \bar{x} \quad (8)$$

$$y^* = \ln y \quad (9)$$

Для анализа полученного уравнения необходимо найти коэффициент связи между переменными x и y – коэффициент корреляции:

$$r_{xy} = a \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \quad (10),$$

$$\text{где: } \sigma_x = \sqrt{x^2 - (\bar{x})^2} \quad (11)$$

$$\sigma_y = \sqrt{y^2 - (\bar{y})^2} \quad (12)$$

Расширим исходную таблицу необходимыми вычислениями. Показано на рисунке 2:

	y	x	x·y	x <sup>2</sup>	y*	У <sub>лин</sub>	x·y*	У <sub>показ</sub>
	829	88	72952	7744	6,72	844,8	591,38	831,08
	824	90	74160	8100	6,71	834,2	604,28	825,43
	818	92	75256	8464	6,71	823,6	617,03	819,83
	813	94	76422	8836	6,70	813,0	629,87	814,26
	807	96	77472	9216	6,69	802,4	642,56	808,74
	801	98	78498	9604	6,69	791,8	655,21	803,25
	796	100	79600	10000	6,68	781,2	667,96	797,79
Σ	5688	658	534360	61964	46,90		4408,29	
Среднее значение	812,57	94,00	76337,14	8852,00	6,70		629,76	

Рисунок 2 – Необходимые вычисления

Находим a и b, подставляя значения в формулы (2) и (3):

$$a = \frac{76337 - 94 \cdot 812,57}{8852 - 94^2} = -2,79$$

$$b = 812,57 + 2,79 \cdot 94 = 1074,83$$

Получаем линейное уравнение:

$$y_{\text{лин}} = -2,79 \cdot x + 1074,83$$

Находим a\*, подставляя значения в формулу (7):

$$a^* = \frac{629,755 - 94 \cdot 6,700}{8852 - 94^2} = -0,0034$$

Находим a, подставляя значения в формулу (5):

$$a = 0,9966$$

Находим  $b^*$ , подставляя значения в формулу (8):

$$b^* = 6,700 + 0,0034 \cdot 94 = 7,022$$

Находим  $b$ , подставляя значения в формулу (6):

$$b = 1121,509$$

Получаем показательное уравнение:

$$y_{\text{показ}} = 1121,509 \cdot 0,9966^x$$

С помощью формул (11) и (12) находим значения  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ :

$$\sigma_x = \sqrt{8852 - 94^2} = 16$$
$$\sigma_y = \sqrt{660396,57 - 660270} = 126,57$$

Далее подставляем значения в формулу (10) и получаем значение  $r_{xy}$ :

$$|r_{xy}| = \left| \frac{-2,79 \cdot 16}{126,57} \right| = 0,35$$

Построим график на основе полученных данных. Показано на рисунке 3:

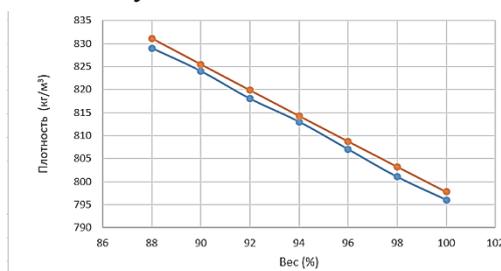


Рисунок 3 – График

### Заключение

В ходе выполнения работы был проведён регрессионный анализ аналитических данных, полученных в ходе эксперимента. Исходя из данных, мы получили аналитическое уравнение регрессии, на основе которого был найден коэффициент связи между переменными  $x$  и  $y$  – коэффициент корреляции  $|r_{xy}| = 0,35$ . Связь оказалась средней. Поэтому данное уравнение можно использовать для расчёта зависимости между плотностью метилового спирта и веса.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 A mathematical model of the field of the strain tensor in terms of deformation of the flat shell structures // Grigorieva A.L., Grigoriev Y.Y., Zharikova E.P., Khromov A.I. Materials Science Forum. 2020. T. 992 MSF. С. 870-875.

2 Математическое моделирование процессов деформационного изменения полей тензоров деформаций // Канашин И.В., Хромов А.И., Григорьева А.Л. // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 313-316.

3 Разработка модели определения глубины пространства для задач детектирования препятствий беспилотного летательного аппарата // Шишов Р.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11-2. С. 306-313.

4 Математическое моделирование образа объекта с помощью лазерного дальномера // Атюков Н.В., Григорьева А.Л. // В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. 2018. С. 129-131.

5 Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли // Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.

6 Разработка информационной системы университета. Создание единого информационного пространства // Григорьева А.Л., Григорьев Ян.Ю., Максимов С.Б., Трещев И.А. Мир науки. 2014. № 2. С. 1.

7 Информатика и математика (учебное пособие) // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Успехи современного естествознания. 2010. № 9. С. 76-77.

## АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ, РАСПОЗНАЮЩЕЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ НОМЕРА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ DRIVE-THRU ИНДУСТРИИ

### THE RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT OF A NEURAL NETWORK THAT RECOGNIZES STATE VEHICLE NUMBERS FOR THE DRIVE-THRU INDUSTRY

Аннотация. В статье приводится обоснование интеграции систем искусственного интеллекта с целью распознавания номеров автотранспортных средств при обслуживании через окно автомобиля. Авторами изучены предпосылки и актуальность, а также представлены возможные положительные результаты при реализации данного проекта. Научная новизна заключается в комплексном исследовании проблемы и обосновании необходимости использования искусственного интеллекта в общепите в рамках распространяющейся коронавирусной инфекции.

Abstract. The article provides a justification for the integration of artificial intelligence systems for recognizing vehicle numbers when servicing through a car window. The authors have studied the prerequisites and relevance, and also presented possible positive results in the implementation of this project. The scientific novelty lies in a comprehensive study of the problem and the justification of the need to use artificial intelligence in public catering within the framework of a spreading coronavirus infection.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронные сети, обслуживание, инфекция, государственный номер.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, maintenance, infection, state number.

Вспыхнувшая с 2020 года новая коронавирусная инфекция Covid-19 принесла множество корректив, связанных с ограничением функционирования мест с большим количеством людей. Одними из таких мест стали точки общественного питания, фастфуды, кафе, столовые и иные. Одним из наиболее популярных мест общественного питания является фастфуд. Некоторые из существующих на сегодняшний день точек быстрого питания имеют в своем арсенале возможность обслуживания клиентов через окно автомобиля. Данная система имеет название drive-thru и с помощью нее можно бесконтактно обрабатывать заказы, соблюдая социальную дистанцию между посетителями (рис. 1).

Таким образом, закрытие кафе и ограничение времени работы точек общепита послужили массовому всплеску клиентов в сторону drive-thru. Функционирующие на сегодняшний день информационные системы в данной индустрии не рассчитаны на большой поток клиентов, а заявки и распределение автомобилей по заказам и вовсе формировались вручную оператором [1].

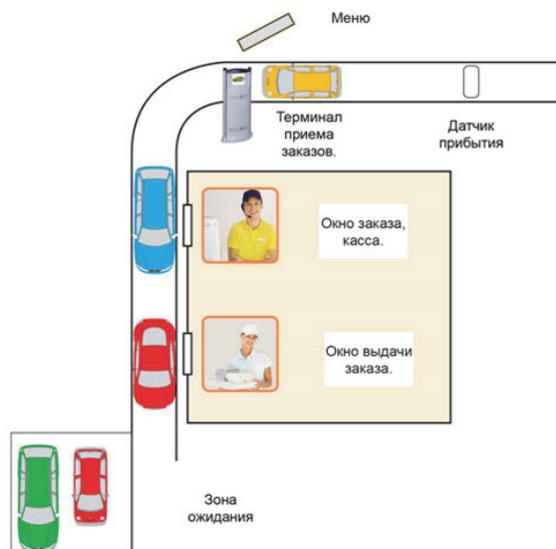


Рисунок 1 – Принцип работы системы drive-thru

Исходя из всего этого, на данный момент времени складывается актуальнейшая проблема, связанная с необходимостью повышения эффективности и автоматизации обработки и распределения заказов у мест общественного питания, имеющих систему drive-thru.

Одним из возможных решений исследуемой проблемы является автоматизация процесса считывания номеров автотранспортных средств и формирование базы заказа посредством технологии искусственного интеллекта, в частности, искусственных нейронных сетей. Авторами предлагается создание информационной системы, способной после оформления заказа в автоматическом режиме считать государственный знак автотранспортного средства и сформировать заявку заказа [2].

Необходимо отметить, что информационные технологии имеют огромное множество инструментов, посредством которых можно добиться качественных изменений, а также повышения рациональности и эффективности работы различных предприятий и организаций (автоматизация бизнес-процессов, информатизация электронного документооборота организации и иное). Именно посредством цифровых технологий решаются одни из самых сложных и трудно-вычислимых задач на сегодняшний день (прогнозирование погоды, моделирование технологических процессов и другие). Drive-thru сфера не является исключением. Нейронные сети способны повысить пропускную способность кафе, а также рационализировать рабочую деятельность людей.

Предлагаемая система включает: камеру распознавания государственного номера; компьютер для получения и обработки информации; приложение, обрабатывающее полученные данные и распознающее государственный номер авто. Приложение включает в себя набор входных параметров, модуль обработки, а также модуль, посредством которого происходит формирование базы сканированных и распознанных государственных номеров [3].

При интеграции разработанного аппаратного комплекса и информационной системы ожидается повышение эффективности обработки и выдачи заказов, что существенно позволит снизить посещаемость традиционного похода в кафе и, как следствие, уменьшить массовость и увеличить социальную дистанцию внутри стен общепита.

Используемые при детектировании номера автотранспорта нейронные сети значительно снижают время обработки заказа. Также посредством интеграции данной технологии представляется существенная возможность снижения затрат на заработную плату сотрудникам, ведь разрабатываемый программный комплекс в будущем способен полностью перенять на себя все обязанности оператора [4].

Таким образом, основной целью данной статьи является обоснование необходимости разработки приложения на основе искусственных нейронных сетей, детектирующих государственные знаки автотранспортных средств. В результате работы определены актуальные аспекты разработки и интеграции данной технологии, возможное повышение эффективности работы drive-thru сферы, а также необходимость изучения данного вопроса. На следующем этапе исследований будет обучена и протестирована интеллектуальная система для автоматической обработки и формирования заказов в зависимости от номеров автомобиля.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шотыло Д.М., Крайнова В.Е., Скурыдин А.В. Тенденции развития искусственных нейронных сетей в цифровой экономике // ЭКОНОМИНФО. 2018.

2 Колесникова Галина Ивановна Искусственный интеллект: проблемы и перспективы // Видеонаука. 2018.

3 Иванов А.А., Рожкова Л.С. Искусственный интеллект как основа инновационных преобразований в технике, экономике, бизнесе // Известия СПбГЭУ. 2018.

4 Винокуров И.В. Адаптивное распознавание элементов регистрационного номера автомобиля // МНИЖ. 2018.

УДК 621.9:519.8

Канахин Илья Валерьевич, аспирант; Kanashin Ilya Valeryevich

Хромов Александр Игоревич, доктор физико-математических наук, профессор;

Khromov Alexander Igorevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## РАСТЯЖЕНИЕ ПОЛОСЫ ИЗ СЖИМАЕМОГО МАТЕРИАЛА С НЕПРЕРЫВНЫМ ПОЛЕМ СКОРОСТЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

### COMPRESSIBLE MATERIAL BAR STRETCHING WITH CONTINUOUS FIELD OF MOTION VELOCITIES UNDER CONDITIONS OF PLANE STRAIN

Аннотация. Целью данной работы является исследование процесса растяжения полосы при плоской деформации с непрерывным полем скоростей перемещений и условием сжимаемости материала. В ходе решения задачи получен промежуточный результат – система волновых уравнений для определения поля скоростей. Использование условия сжимаемости в системе позволяет учитывать изменение плотности материала в процессе деформирования.

Abstract. The purpose of this work is to study the process of strip stretching with a continuous field of displacement velocities under plane deformation and the compressibility condition of the material. As an intermediate result, a system of wave equations was obtained. The compressibility condition allows to take into account the change of the material's density during deformation.

Ключевые слова: растяжение полосы, непрерывное поле скоростей перемещений, сжимаемость, плоская деформация.

Keywords: strip stretching, continuous field of displacement velocities, compressibility, plane deformation.

Рассмотрим задачу о растяжении при плоской деформации с непрерывным полем скоростей перемещений и наложением дополнительного условия сжимаемости материала, из которого состоит полоса.

Растягивающие усилия прикладываются к верхней и нижней граням образца, на боковой поверхности напряжения отсутствуют. Из этого следуют граничные условия для напряжений:

$$\text{при } x_2 = 1 \quad \sigma_{22} = 2k, \text{ при } x_2 = -1 \quad \sigma_{22} = 2k.$$

С учётом предположения о том, что весь образец находится в пластическом состоянии, получаем однородное напряжённое состояние:

$$\sigma_{22} = 2k, \sigma_{11} = \sigma_{12} = 0 \quad (1)$$

и прямолинейное поле линий скольжения, составляющих с горизонтальной осью  $x_1$  угол  $\varphi = \pi/4$ .

Для определения поля скоростей в условиях плоской деформации необходимо проинтегрировать уравнения:

$$\frac{\partial V_1}{\partial x_1} + \frac{\partial V_2}{\partial x_2} = -\frac{d}{dt} [\ln \rho], \quad \frac{\partial V_1}{\partial x_2} + \frac{\partial V_2}{\partial x_1} = \left( \frac{\partial V_1}{\partial x_1} - \frac{\partial V_2}{\partial x_2} \right) (-\text{ctg} 2\varphi), \quad (2)$$

где условие сжимаемости, добавляющее в правую часть первого уравнения материальную производную по времени от плотности материала, связано с формулировкой закона сохранения массы:

$$\mathbf{V}_{k,k} = -\frac{d}{dt} [\ln \rho], \quad (3)$$

С учётом угла наклона линий скольжения  $\varphi = \pi/4$  система уравнений (2) преобразуется к виду:

$$(I) \quad \frac{\partial V_1}{\partial x_1} + \frac{\partial V_2}{\partial x_2} = -\frac{d}{dt} [\ln \rho], \quad (4)$$
$$(II) \quad \frac{\partial V_1}{\partial x_2} + \frac{\partial V_2}{\partial x_1} = 0.$$

Преобразовав (4) по законам  $\frac{\partial}{\partial x_1} (I) - \frac{\partial}{\partial x_2} (II)$  и  $\frac{\partial}{\partial x_2} (I) - \frac{\partial}{\partial x_1} (II)$ , получаем систему волновых уравнений:

$$\frac{\partial^2 V_1}{\partial x_1^2} - \frac{\partial^2 V_1}{\partial x_2^2} = g_1(x_1, x_2, t), \quad \frac{\partial^2 V_2}{\partial x_2^2} - \frac{\partial^2 V_2}{\partial x_1^2} = g_2(x_1, x_2, t), \quad (5)$$

где  $g_1 = \frac{\partial}{\partial x_1} \left( -\frac{d}{dt} [\ln \rho] \right)$ ,  $g_2 = \frac{\partial}{\partial x_2} \left( -\frac{d}{dt} [\ln \rho] \right)$  – функции координат и времени.

Общее решение системы (5) имеет вид:

$$\begin{aligned} V_1(x_1, x_2, t; \tau) &= \frac{1}{2\pi} \left[ \iint_{\Sigma_{t-\tau}^M} \frac{f_1(\xi, \eta, \tau) d\xi d\eta}{\sqrt{(t-\tau)^2 - (x_1 - \xi)^2 - (x_2 - \eta)^2}} \right], \\ V_2(x_1, x_2, t; \tau) &= \frac{1}{2\pi} \left[ \iint_{\Sigma_{t-\tau}^M} \frac{f_2(\xi, \eta, \tau) d\xi d\eta}{\sqrt{(t-\tau)^2 - (x_1 - \xi)^2 - (x_2 - \eta)^2}} \right] \end{aligned} \quad (6)$$

После взятия интегралов система (6) преобразуется к виду:

$$\begin{aligned} V_1(x_1, x_2, t; \tau) &= \frac{1}{2\pi} \left[ 2 + \frac{\bar{\varphi}(t, \tau) + \bar{g}_1(t, \tau)}{(t-\tau)\sqrt{1 - (\alpha^2 + \beta^2)}} \right], \\ V_2(x_1, x_2, t; \tau) &= \frac{1}{2\pi} \left[ 2 + \frac{\bar{\varphi}(t, \tau) + \bar{g}_2(t, \tau)}{(t-\tau)\sqrt{1 - (\alpha^2 + \beta^2)}} \right] \end{aligned} \quad (7)$$

Результатом дальнейшего решения задачи должны стать главные значения тензора деформаций Альманси  $E_1$  и  $E_2$ , выраженные через относительное удлинения образца  $\bar{\epsilon}$ . также планируется получить выражения для определения изменения ширины полосы (а) с течением времени и необходимого для растяжения полосы усилия (Р).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Алгоритм решения задачи о растяжении полосы с непрерывным полем скоростей перемещений с использованием деформационно-энергетического условия пластичности // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 1-3. С. 694-700.
- 2 Поверхность нагружения, связанная с линиями уровня поверхности деформаций несжимаемого жесткопластического тела // Хромов А.И., Кочеров Е.П., Григорьева А.Л. // *Вестник Самарского государственного технического университета*. Серия: Физико-математические науки. 2006. № 43. С. 88-91.
- 3 Качанов, Л. М. Основы теории пластичности / Л. М. Качанов. – М.: Наука, 1969. – 420 с.
- 4 Моделирование сравнительных деформационных процессов, при растяжении плоских образцов в условиях различных деформационных состояний // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю., Хромов А.И., Канахин И.В. // В сборнике: XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Сборник трудов. В 4-х томах. 2019. С. 423-425.
- 5 Хромов А.И., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л., Жарикова Е.П. // Деформирование плоского образца при разрывном поле скоростей перемещений в условиях плоского напряженного состояния // *Современные наукоемкие технологии*. 2019. № 10. С. 73-77.
- 6 A mathematical model of the field of the strain tensor in terms of deformation of the flat shell structures // Grigorieva A.L., Grigoriev Y.Y., Zharikova E.P., Khromov A.I. // *Materials Science Forum*. 2020. T. 992. С. 870-875.
- 7 Математическое моделирование поля тензора деформаций альманси при исследовании растяжения полосы в условиях плоского напряженного состояния // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю., Хромов А.И., Жарикова Е.П. // В сборнике: *Фундаментальные и прикладные задачи механики деформируемого твердого тела и прогрессивные технологии в машиностроении*. Материалы V Дальневосточной конференции с международным участием. Ответственный редактор А.И. Евстигнеев. 2018. С. 124-136.
- 8 Grigorieva A.L., Grigoriev Y.Y., Khromov A.I. // The strain of a plane sample at the homogeneous field of the strain rates under the plane strain conditions // *Materials Science Forum*. 2018. T. 945 MSF. С. 857-865.
- 9 Одноосное растяжение жесткопластической полосы в условиях плоского напряженного состояния при однородном поле скоростей деформаций // Григорьева А.Л., Хромов А.И. // *Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева*. Серия: Механика предельного состояния. 2015. № 4 (26). С. 198-205.

## О ВЛИЯНИИ МАСШТАБИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ В КВАЗИЛИНЕЙНЫХ РЕГРЕССИЯХ НА КОЭФФИЦИЕНТ ДЕТЕРМИНАЦИИ И КРИТЕРИИ НЕЛИНЕЙНОСТИ

### ABOUT THE EFFECT OF VARIABLES SCALING IN QUASI-LINEAR REGRESSIONS ON THE COEFFICIENT OF DETERMINATION AND NON-LINEARITY CRITERIA

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию влияния масштабирования переменных в квазилинейных регрессиях на оценки параметров, коэффициент детерминации и критерии нелинейности. Установлено, что при использовании в качестве преобразований переменных степенных и логарифмических элементарных функций коэффициент детерминации и критерии нелинейности квазилинейных регрессий не зависят от масштабирования. Получены зависимости между оценками квазилинейных регрессий до и после масштабирования переменных.

Abstract. This work is devoted to the investigation of the influence of variables scaling in quasi-linear regressions on parameter estimates, coefficient of determination, and non-linearity criteria. It has been established that when using power and logarithmic elementary functions as transformation for variables, the coefficient of determination and nonlinearity criteria of quasi-linear regressions do not depend on scale. Dependences between estimates of quasi-linear regressions before and after variables scaling are obtained.

Ключевые слова: квазилинейная регрессия, масштабирование переменных, коэффициент детерминации, критерии нелинейности.

Keywords: quasi-linear regression, variables scaling, coefficient of determination, non-linearity criteria.

Рассмотрим модель множественной линейной регрессии [1]:

$$y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^m \alpha_j x_{ij} + \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где  $n$  – объем выборки;  $m$  – число объясняющих переменных;  $y_i, i = \overline{1, n}$  – значения объясняемой переменной  $y$ ;  $x_{ij}, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$  – значения объясняющих переменных  $x_1, x_2, \dots, x_m$ ;  $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_m$  – неизвестные параметры;  $\varepsilon_i, i = \overline{1, n}$  – ошибки аппроксимации.

Пусть модель (1) оценивается с помощью метода наименьших квадратов (МНК). Проведем нормировку всех исходных переменных по правилам:  $w_i = \frac{y_i - \bar{y}}{\sigma_y}, z_{i1} = \frac{x_{i1} - \bar{x}_1}{\sigma_{x_1}}, \dots,$

$z_{im} = \frac{x_{im} - \bar{x}_m}{\sigma_{x_m}}, i = \overline{1, n}$ , где  $\bar{y}, \bar{x}_1, \dots, \bar{x}_m$  – средние значения,  $\sigma_y, \sigma_{x_1}, \dots, \sigma_{x_m}$  – среднеквадратические отклонения. Тогда вместо регрессии (1) проще оценивать её стандартизованную версию:

$$w_i = \sum_{j=1}^m \beta_j z_{ij} + \xi_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2)$$

где  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$  – неизвестные стандартизованные коэффициенты;  $\xi_i, i = \overline{1, n}$  – новые ошибки аппроксимации.

МНК-оценки регрессии (2) находятся по формуле

$$\tilde{\beta} = R_{xx}^{-1} \cdot R_{yx}, \quad (3)$$

где  $R_{xx}$  – матрица коэффициентов корреляции объясняющих переменных;  $R_{yx}$  – вектор коэффициентов корреляции объясняющих переменных с объясняемой.

Коэффициент детерминации моделей (1) и (2) находится по формуле

$$R^2 = R_{yx}^T \cdot \tilde{\beta}, \quad (4)$$

а для перехода от стандартизованных коэффициентов (3) к МНК-оценкам модели (1) справедливы соотношения

$$\tilde{\alpha}_j = \tilde{\beta}_j \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_j}}, \quad j = \overline{1, m}; \quad \tilde{\alpha}_0 = \bar{y} - \sum_{j=1}^m \tilde{\alpha}_j \bar{x}_j. \quad (5)$$

Легко доказать, что масштабирование переменных линейной модели (1) не влияет на величину её коэффициента детерминации  $R^2$ , а влияет только на соответствующие коэффициенты регрессии. Пусть, например, модель (1) содержит вместо переменной  $x_m$  переменную  $kx_m$ , где  $k > 0$ . Это преобразование никак не влияет на коэффициенты корреляции в матрице  $R_{xx}$  и векторе  $R_{yx}$ , поэтому формула (3) дает точно такие же оценки, что и линейная регрессия с переменной  $x_m$ . Тогда и коэффициент детерминации, согласно (4), не меняется при масштабировании. Однако среднее квадратичное отклонение переменной  $kx_m$  будет равно  $k\sigma_{x_m}$ , поэтому, как следует из (5), соответствующая МНК-оценка регрессии станет равна  $\alpha_m^{\text{лин}} / k$ , где  $\alpha_m^{\text{лин}}$  – оценка линейной регрессии (1) при переменной  $x_m$ .

Преобразуя переменную  $x_m$  в модели (1) с помощью элементарных функций  $x^a$  и  $\log_a x$  ( $a > 0$ ,  $a \neq 1$ ), получим следующие квазилинейные регрессии:

$$y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{m-1} \alpha_j x_{ij} + \alpha_m x_{im}^a + \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

$$y_i = \alpha_0 + \sum_{j=1}^{m-1} \alpha_j x_{ij} + \alpha_m \log_a x_{im} + \varepsilon_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad (7)$$

где  $a$  – известное число.

Рассуждая аналогично, можно доказать, что масштабирование переменной  $x_m$  никак не влияет на величину коэффициента детерминации регрессий (6) и (7). При этом для модели (6) оценка при масштабированной переменной  $(kx_m)^a$  будет равна  $\alpha_m^{\text{степен}} / k^a$ , где  $\alpha_m^{\text{степен}}$  – оценка регрессии (6) при переменной  $x_m^a$ , а для модели (7) оценка при масштабированной переменной  $\log_a(kx_m)$  не изменится, но свободный член будет равен  $\alpha_0^{\text{лог}} - \alpha_m^{\text{лог}} \log_a k$ , где  $\alpha_0^{\text{лог}}$  – оценка свободного члена регрессии (7),  $\alpha_m^{\text{лог}}$  – оценка регрессии (7) при переменной  $\log_a x_m$ .

Таким образом, масштабирование переменных в квазилинейных регрессиях, содержащих степенные и логарифмические элементарные функции, никак не будет влиять на итоги проводимого с использованием коэффициента детерминации «конкурса» моделей [2,3].

Рассмотрим теперь вопрос о влиянии масштабирования на критерии нелинейности «по площади», впервые предложенные в работе [4]. Согласно [5], критерий нелинейности для переменной  $x_m^a$  в регрессии (6) находится по формуле

$$NC_S^{\text{степен}}(m) = \left| \frac{(x_{\max}^m)^a + (x_{\min}^m)^a}{(x_{\max}^m)^a - (x_{\min}^m)^a} - \frac{2 \int_{x_{\min}^m}^{x_{\max}^m} x_m^a dx_m}{(x_{\max}^m - x_{\min}^m)((x_{\max}^m)^a - (x_{\min}^m)^a)} \right|, \quad (8)$$

а для переменной  $\log_a x_m$  в регрессии (7) по формуле

$$NC_S^{\text{лог}}(m) = \left| \frac{\log_a(x_{\max}^m) + \log_a(x_{\min}^m)}{\log_a(x_{\max}^m) - \log_a(x_{\min}^m)} - \frac{2 \int_{x_{\min}^m}^{x_{\max}^m} \log_a x_m dx_m}{(x_{\max}^m - x_{\min}^m)(\log_a x_{\max}^m - \log_a x_{\min}^m)} \right|, \quad (9)$$

где  $x_{\min}^m = \min\{x_{1m}, x_{2m}, \dots, x_{nm}\}$ ,  $x_{\max}^m = \max\{x_{1m}, x_{2m}, \dots, x_{nm}\}$ .

Покажем сначала, что выражение (8) не зависит от масштабирования переменной  $x_m$ . Очевидно, что если изменить масштаб переменной  $x_m$  по правилу  $kx_m$ , то область её значений станет равной  $[kx_{\min}^m, kx_{\max}^m]$ . В этом случае критерий нелинейности примет вид:

$$NC_S^*(m) = \left| \frac{(kx_{\max}^m)^a + (kx_{\min}^m)^a}{(kx_{\max}^m)^a - (kx_{\min}^m)^a} - \frac{2 \int_{kx_{\min}^m}^{kx_{\max}^m} x_m^a dx_m}{(kx_{\max}^m - kx_{\min}^m)((kx_{\max}^m)^a - (kx_{\min}^m)^a)} \right|. \quad (10)$$

Если  $a = -1$ , то интеграл в (10) преобразуется к виду:

$$\int_{kx_{\min}^m}^{kx_{\max}^m} (x_m)^{-1} dx_m = \ln x_m \Big|_{kx_{\min}^m}^{kx_{\max}^m} = \ln x_m \Big|_{x_{\min}^m}^{x_{\max}^m} = \int_{x_{\min}^m}^{x_{\max}^m} (x_m)^{-1} dx_m. \quad (11)$$

Подставляя (11) в (10), получим, что  $NC_S^*(m) = NC_S^{\text{степ}}(m)$ .

Если  $a \neq -1$ , то интеграл в (10) преобразуется к виду:

$$\int_{kx_{\min}^m}^{kx_{\max}^m} (x_m)^a dx_m = \frac{x_m^{a+1}}{a+1} \Big|_{kx_{\min}^m}^{kx_{\max}^m} = k^{a+1} \frac{x_m^{a+1}}{a+1} \Big|_{x_{\min}^m}^{x_{\max}^m} = k^{a+1} \int_{x_{\min}^m}^{x_{\max}^m} (x_m)^a dx_m. \quad (12)$$

Подставляя (12) в (10), снова получим, что  $NC_S^*(m) = NC_S^{\text{степ}}(m)$ .

Аналогично можно доказать, что выражение (9) не зависит от масштабирования переменной  $x_m$ . В таком случае критерий нелинейности имеет вид:

$$NC_S^{**}(m) = \left| \frac{\log_a(kx_{\max}^m) + \log_a(kx_{\min}^m)}{\log_a(kx_{\max}^m) - \log_a(kx_{\min}^m)} - \frac{2 \int_{kx_{\min}^m}^{kx_{\max}^m} \log_a x_m dx_m}{k(x_{\max}^m - x_{\min}^m)(\log_a kx_{\max}^m - \log_a kx_{\min}^m)} \right|. \quad (13)$$

Интеграл в (13) преобразуется к виду:

$$\int_{kx_{\min}^m}^{kx_{\max}^m} \log_a x_m dx_m = \frac{1}{\ln a} \int_{kx_{\min}^m}^{kx_{\max}^m} \ln x_m dx_m = \frac{1}{\ln a} (x_m \ln x_m - x_m) \Big|_{kx_{\min}^m}^{kx_{\max}^m} = \frac{k \ln k}{\ln a} (x_{\max}^m - x_{\min}^m) + \frac{k}{\ln a} \int_{x_{\min}^m}^{x_{\max}^m} \log_a x_m dx_m. \quad (14)$$

Подставляя (14) в (13), получим, что  $NC_S^{**}(m) = NC_S^{\text{лог}}(m)$ .

Таким образом, масштабирование переменных в квазилинейных регрессиях, содержащих степенные и логарифмические элементарные функции, не влияет соответствующие на критерии нелинейности «площади».

На основе проведенных исследований можно заключить, что решение двухкритериальной задачи [6] выбора оптимального соотношения между точностью и нелинейностью при построении квазилинейных регрессионных моделей, содержащих степенные и логарифмические преобразования, не зависит от масштабирования переменных.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Montgomery D. C., Peck E. A., Vining G. G. 2021. Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons.

2 Носков С.И. Технология моделирования объектов с нестабильным функционированием и неопределенностью в данных. Иркутск: Облформпечать, 1996. 320 с.

3 Носков С.И. Реализация конкурса регрессионных моделей с применением критерия согласованности поведения // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2021. № 2. С. 153-160.

4 Базилевский М.П. Критерии нелинейности квазилинейных регрессионных моделей // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2018. Т. 6. № 4 (23). С. 185-195.

5 Базилевский М.П., Караулова А.В. Предварительное оценивание степени нелинейности структурных спецификаций квазилинейных регрессий // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. 2020. Т. 5. С. 49-52.

6 Базилевский М.П., Караулова А.В. Выбор оптимального соотношения между точностью и нелинейностью при построении квазилинейных регрессионных моделей // Вестник кибернетики. 2021. № 4 (44). С. 63-70.

УДК 51

Ларев Андрей Алексеевич, студент; Larev Andrey Alekseevich

Тихонов Алексей Алексеевич, студент; Tihonov Aleksey Alekseevich

Юшков Артем Андреевич, студент; Yushkov Artem Andreevich

Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой; Grivorieva Anna Leonidovna

Хромов Александр Игоревич, доктор физико-математических наук, профессор;

Khromov Alexander Igorevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СТАЛЬНЫХ СПЛАВОВ

### MATHEMATICAL MODEL OF DEFORMATION OF STRUCTURAL ELEMENTS MADE OF STEEL ALLOYS

Аннотация. В настоящий момент металл представляет собой один из самых надежных материалов в использовании: им усиливают конструкцию многих построек, придают ему различные формы для дальнейшего использования. При этом естественно, что металл при различном воздействии деформируется, поэтому поднимается задача по отслеживанию критического момента деформации, при котором металл будет способен сохранять свои свойства.

Abstract. At the moment, metal is one of the most reliable materials that we can use: it can enhance the density of many buildings, giving it various forms, we can use it for any actions. In this case, it is natural that the metal deforms under various influences, therefore, the task arises of tracking the critical moments of deformation, at which the metal still causes useful properties.

Ключевые слова: математическая модель, регрессионный анализ, линейная зависимость, сталь, деформация, напряжение.

Keywords: mathematical model, regression analysis, linear dependence, steel, deformation, tension.

Сталь является одним из самых часто используемых металлов. Часто с ним производят различные манипуляции по растягиванию и дальнейшему загибанию. В связи с этим металл испытывает колоссальную нагрузку, за которой важно следить, ведь если не определить момент, при котором металл достигнет критического уровня напряжения, может выйти так, что он попросту разорвется, что может привести к различным ситуациям.

Исследования данного вопроса очень важно, ведь оно позволит определить при каком растяжении металл способен сохранять свои свойства.

Целью данной работы является определение зависимости напряжения стали от ее растяжения, с помощью аналитических данных, полученных путём наблюдения, и также используя

регрессионный анализ. В основе данного анализа лежит обработка данных и получение аналитических уравнений, описывающих эти данные.

### Анализ работы

Были собраны статистические данные зависимости потребления кислорода от частоты пульса.

С помощью регрессионного анализа составим математическую модель зависимости полученных данных

$$y = k * x + b \quad (1)$$

Данное уравнение используется в анализе и называется линейным уравнением регрессии, где:

$$k = \frac{(xy - \bar{x} * \bar{y})}{(x^2 - (\bar{x})^2)} \quad (2)$$

$$b = \bar{y} - k * \bar{x} \quad (3)$$

Коэффициент связи между переменными x и y называется коэффициентом корреляции и вычисляется по формуле:

$$r_{xy} = k * \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \quad (4)$$

$$\sigma_x = \sqrt{x^2 - (\bar{x})^2} \quad (5)$$

$$\sigma_y = \sqrt{y^2 - (\bar{y})^2} \quad (6)$$

Находим k и b, подставляя значения в формулы (2) и (3). После этого, можно найти  $y_T$  по формуле (1).

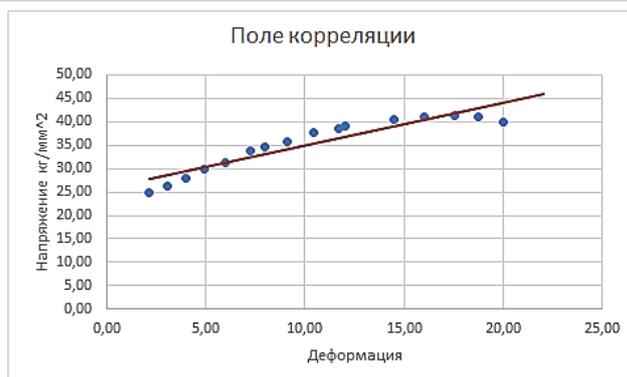
$$y = 0,690663417 * x + 27,60265414 - \text{линейное уравнение.}$$

С помощью формул (5) и (6) находим значения  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ , после подставляем в формулу (4).

Получим, что:  $r_{xy} = 0,82$

N	Напряжение кг/мм <sup>2</sup> (Y)	Деформация (X)	X <sup>2</sup>	X*Y	Y <sup>2</sup>	Yтеор
1	25,00	2,15	4,6225	53,75	625	29,08758049
2	26,35	3,07	9,4249	80,8945	694,3225	29,72299083
3	28,10	4	16	112,4	789,61	30,36530781
4	30,00	4,92	24,2064	147,6	900	31,00071815
5	31,35	6	36	188,1	982,8225	31,74663464
6	33,70	7,23	52,2729	243,651	1135,69	32,59615064
7	34,61	8	64	276,88	1197,8521	33,12796147
8	35,77	9,1	82,81	325,507	1279,4929	33,88769123
9	37,69	10,46	109,4116	394,2374	1420,5361	34,82699348
10	38,46	11,7	136,89	449,982	1479,1716	35,68341612
11	39,23	12	144	470,76	1538,9929	35,89061514
12	40,38	14,5	210,25	585,51	1630,5444	37,61727368
13	41,15	16	256	658,4	1693,3225	38,65326881
14	41,34	17,54	307,6516	725,1036	1708,9956	39,71689047
15	40,96	18,77	352,3129	768,8192	1677,7216	40,56640647
16	40,00	20	400	800	1600	41,41592248
17	35,58	23,4	547,56	832,572	1265,9364	43,76417809
сумм:	599,67	188,84	2753,4128	7114,1667	21620,0111	
ср. знач:	35,27	11,11	161,96546	418,4803941	1271,765359	

k	b	r
0,690663417	27,60265414	0,82



## **Заключение**

На этапе выполнения данной работы были проанализированы собранные данные, построен график статических данных, а также был найден коэффициент связи между переменными  $x$  и  $y$ . Для получения критерия оценки  $r_{xy}$  были использованы формулы для определения уравнения регрессий.

В конечном расчете мы получаем, что связь  $r_{xy}$  примерно равна 0,82, и также она является высокой. Из этого следует, что данное уравнение можно использовать для примерного расчёта, зависимости напряжения стали от деформации при растяжении.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Поверхность нагружения, связанная с линиями уровня поверхности деформаций несжимаемого жесткопластического ТЕЛА // Хромов А.И., Кочеров Е.П., Григорьева А.Л. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. 2006. № 43. С. 88-91.

2 Модели компьютерного зрения в задачах дистанционного зондирования земли // Жарикова Е.П., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 73.

3 Моделирование деформационных процессов элементов сложных конструкций в условиях малоциклового деформации // Григорьева А.Л., Григорьев Ян.Ю., Хромов А.И., Канашин И.В. // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 2. № 2 (52). С. 123-128.

4 Алгоритм решения задачи о растяжении полосы с непрерывным полем скоростей перемещений с использованием деформационно-энергетического условия пластичности // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Фундаментальные исследования. 2013. № 1-3. С. 694-700.

5 Одноосное растяжение жесткопластической полосы в условиях плоского напряженного состояния при однородном поле скоростей деформаций // Григорьева А.Л., Хромов А.И. // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. 2015. № 4 (26). С. 198-205.

УДК 004.032.26

Лариков Роман Дмитриевич, студент; Larikov Roman Dmitrievich  
Жарикова Евгения Павловна, аспирант; Zharikova Evgeniya Pavlovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРИЛОЖЕНИЯХ, ОБУЧАЮЩИХ ДЕТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ФИГУРАМ И ОПРЕДЕЛЕНИЯМ**

### **THE USE OF NEURAL NETWORKS IN APPLICATIONS THAT TEACH CHILDREN GEOMETRIC SHAPES AND DEFINITIONS**

Аннотация. Представленная статья посвящена изучению вопроса о необходимости разработки приложения, основанного на работе искусственных нейронных сетей, посредством которого происходило бы обучение детей дошкольного возраста геометрическим понятиям и определениям. Авторами рассматривается проблема существующих решений и необходимость разработки инновационного проекта для повышения эффективности образовательного процесса. Научная значимость работы заключается в том, что полученные материалы имеют большое практическое значение при реальной разработке и использовании приложения.

Abstract. The presented article is devoted to the study of the need to develop an application based on the work of artificial neural networks, through which preschool children would be geometric concepts and definitions. The authors consider the problem of existing solutions and the need to develop an innovative project to improve the efficiency of the educational process. The scientific significance of the work lies in the fact that the materials obtained are of great practical importance in the actual development and use of the application.

Ключевые слова: нейронные сети, информационные технологии, геометрические фигуры, геометрия, информация, приложение.

Keywords: neural networks, information technologies, geometric shapes, geometry, information, application.

Обучение детей дошкольного возраста геометрическим понятиям является одной из основных и наиболее актуальных задач в современной системе образования. Это связано с тем, что педагоги обязаны заложить прочный фундамент, связанный с пониманием геометрического аппарата, ведь от этого полностью зависит усвоение дальнейшего школьного курса математики. Основными инструментами, способными повысить качество и эффективность обучения детей геометрическим фигурам и определениям, являются информационные технологии [1].

Информационные технологии занимают ключевое место в процессе обучения, позволяя вести наиболее эффективное и детальное обучение, а также мониторинг и контроль за усвоением и отработкой изученного материала. На сегодняшний день существует и активно разрабатывается огромное количество обучающих приложений, работающих на базе цифровых средств. Несмотря на это, на текущий момент времени отсутствуют реально эффективные инструменты, посредством которых ребенок эффективно бы усваивал математический и, в частности, геометрический аппарат [2].

Существующие на сегодняшний день решения не предполагают взаимодействие и какое-либо статистическое исследование результатов обучения детей геометрии. Также стоит отметить, что данные приложения имеют отталкивающую визуальную составляющую, которая совсем не вызывает у детей желания взаимодействия. Так, к примеру, на рисунке представлен пример одного из подобных приложений.

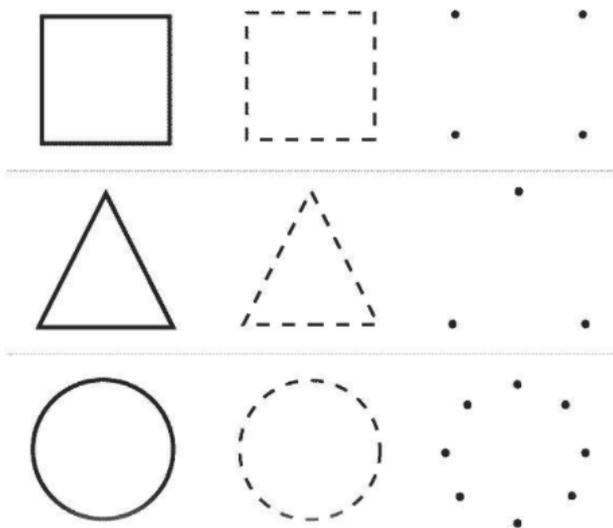


Рисунок 1 – Пример неудачного визуального представления приложения

Как видно из рисунка 1, в приложении отсутствуют краски и динамический интерфейс, исходя из чего, ребенок не имеет достаточного интереса для изучения и усвоения материала. Таким образом, на сегодняшний день актуализируется проблема, решение которой связано с разработкой функционального приложения, имеющего приятный динамический интерфейс и обучающего детей геометрическим фигурам и определениям. Авторами предлагается разработка специального программного обеспечения для обучения детей геометрии на основе искусственных нейронных сетей. Также одной из ключевых особенностей данного приложения является возможность отслеживать и производить статистику прогресса обучения и выявления индивидуальных особенностей того или иного ребенка [3].

Обработка статистических данных посредством технологии искусственного интеллекта позволит повысить качество и эффективность образовательного процесса, в частности, при обучении детей геометрическим фигурам и определениям. Предполагается, что разрабатываемое приложение позволит отслеживать ошибки и подбирать для ребенка наиболее подходящие задания для отработки того или иного материала.

В приложении планируется использование статистических нейронных сетей, способных производить хранение и обработку получаемой информации. Одним из примеров таких сетей является продукт «STATISTICA Автоматизированные Нейронные Сети». Это один из самых мощных и богатых для анализа статистических данных инструментов среди искусственных

нейронных сетей. Основной особенностью данного продукта является то, что он позволяет использовать систему не только экспертам по нейронным сетям, но и новичкам в области нейросетевых вычислений [4].

Помимо этого, искусственные нейронные сети, используемые в приложении по обучению детей геометрическим фигурам, должны иметь возможность моделирования взаимосвязей и прогнозирования результатов обучения того или иного ребенка. Разрабатываемое приложение должно включать полный спектр задач для усвоения материала, к примеру, изучение названий выпуклых фигур, вычисление периметров и площадей, а также других определений.

Таким образом, приложение, основанное на работе нейронных сетей, позволит качественно повысить эффективность обучения детей геометрии, а также предоставить для учителя необходимые данные об успеваемости того или иного ребенка по конкретной теме или усвоения всего материала в целом.

В результате данной статьи была изучена необходимость разработки специализированного программного приложения по обучению детей геометрии. В работе раскрыты такие важные аспекты, как: актуальность использования информационных технологий в процессе обучения детей дошкольного возраста; недостатки существующих программных решений по обучению детей геометрии; варианты повышения эффективности разработки приложений для обучения детей геометрии.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шумков Е.А., Ботин В.А., Карлов Д.Н. Распознавание фигур технического анализа с помощью нейронных сетей // Научный журнал КубГАУ. 2011.

2 Слеповичев И.И. Алгебраические свойства абстрактных нейронных сетей // Изв. Саратов. ун-та Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика; Izv. Saratov Univ. (N.S.), Ser. Math. Mech. Inform. 2016.

3 Лавренко Ю.Н., Комарцова Л.Г. Анализ характеристик канала передачи информации на основе нейронной сети // Прикладная информатика. 2014.

4 Гермашев И.В., Дербишер Е.В., Дербишер В.Е., Маркушевская Е.А. Нейросетевой анализ раскрашенных графов // Математическая физика и компьютерное моделирование. 2016.

УДК 303.832

Ларченко Юлия Геннадьевна, кандидат экономических наук, доцент;

Larchenko Yulia Gennadievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ТРИЗ ДЛЯ РАЗРЕШЕНИЯ ПРОТИВОРЕЧИЙ В СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

#### **THE USE OF TRIZ TOOLS TO RESOLVE CONTRADICTIONS IN MODERN METHODS OF STUDYING THE SYSTEM OF BALANCED INDICATORS**

Аннотация. Данная работа посвящена изучению и исследованию развития системы сбалансированных показателей для управления достижением целей деятельности любого коммерческого предприятия. При этом в качестве основного инструмента исследования выступает ТРИЗ-эволюционный подход, который позволяет в формализованном виде выявить взаимосвязь между найденными противоречиями в существующих современных способах решения проблемы достижения поставленных целей управления и возможными оптимальными путями ее решения. В результате построения фрагмента ТРИЗ-эволюционной карты, демонстрирующей современные тенденции развития обозначенной проблемы, отображается актуальное в настоящее время ее решение, с помощью которого моделирование состояния объекта на основе системы сбалансированных показателей является оптимальным в существующих условиях хозяйствования.

Abstract. This work is devoted to the study and research of the development of a balanced scorecard for managing the achievement of the goals of any commercial enterprise. At the same time, the TRIZ-

evolutionary approach acts as the main research tool, which makes it possible in a formalized form to reveal the relationship between the found contradictions in the existing modern methods of solving the problem of achieving the set management goals and the possible optimal ways to solve it. As a result of constructing a fragment of the TRIZ-evolutionary map, demonstrating the current trends in the development of the indicated problem, its current solution is displayed, with the help of which modeling the state of an object based on a balanced scorecard is optimal in the existing economic conditions.

Ключевые слова: ТИЗ-эволюционная карта, предприятие, система сбалансированных показателей.

Keywords: TIZ-evolutionary map, enterprise, balanced scorecard.

В настоящее время большинство предприятий сталкиваются с проблемой выбора и обоснования применения соответствующих инструментов анализа и последующей корректировки стратегии своего развития. В силу того, что в последнее десятилетие в качестве приоритетного механизма управления на микроуровне выступает процессный подход, то значимость разработки адаптированных параметрических инструментов анализа предприятия возрастает. При этом сложным и трудоемким является этап обеспечения сбалансированности индикаторов оценки бизнес-процессов предприятия. Индикаторы оценки бизнес-процессов предприятия в первую очередь демонстрируют результативность деятельности социально-экономической системы, и в конечном итоге они позволяют определить добавленную экономическую стоимость хозяйствующего субъекта как финансового измерителя стратегической эффективности за определенный период времени. Таким образом, актуальной становится задача анализа существующих современных подходов к стратегическому управлению предприятием на основе системы сбалансированных показателей.

Рассмотрим ТРИЗ-эволюционный подход к развитию современных подходов к оценке бизнес-процессов предприятия на основе системы сбалансированных показателей.

Применительно к данной работе ТРИЗ-эволюционный подход предусматривает последовательный качественный переход от одного метода анализа к другому посредством использования соответствующей системы показателей. Качественный скачок от одного метода к другому осуществляется при обнаружении противоречия. Под противоречием будем понимать наличие существенных ограничений при использовании отобранной системы показателей в конкретном методе [2, 7]. Отметим, что в настоящей работе полностью не рассматривается эволюция методов оценки бизнес-процессов на основе системы сбалансированных показателей. В работе автор ограничился подходами, наиболее распространенными на практике в последнее десятилетие. Это обусловлено невозможностью охвата всего периода эволюции предметной исследования в рамках одного исследования.

С этой позиции построим ТРИЗ-эволюционную карту развития методов разработки системы сбалансированных показателей оценки бизнес-процессов предприятия (рисунок 1).

Из ТРИЗ-эволюционной карты видно, что при развитии методов формирования системы сбалансированных показателей оценки бизнес-процессов предприятия можно выделить следующие противоречия:

- 1) При увеличении количества временных и технических показателей бизнес-процесса стоимостные показатели бизнес-процесса также увеличиваются [3, 8]. Это противоречие устраняется с помощью приемов копирования и местного качества. Этот прием означает, что при переходе от однородной структуры объекта исследования (показатели внутренней среды) к неоднородной структуре (показатели внутренней среды + показатели внешней среды) стоимостные показатели бизнес-процесса оптимизируются посредством учета степени удовлетворения потребителей и создания продукции, обладающей потребительской ценностью. При этом для управления разными бизнес-процессами рекомендуется использование единой доступной универсальной информационной системы, что в свою очередь обеспечит снижение временных показателей бизнес-процессов.

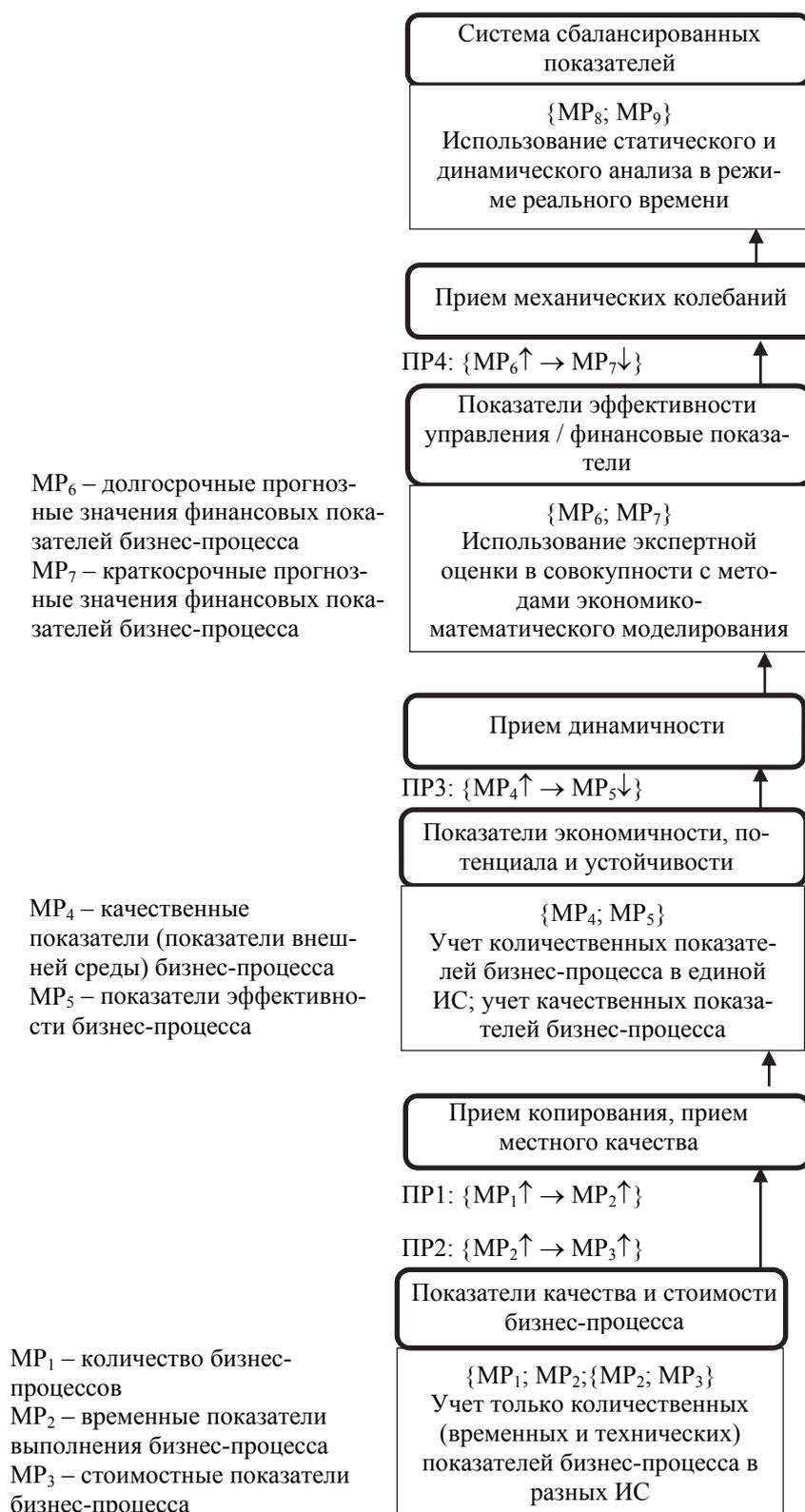


Рисунок 1 – ТРИЗ-эволюционная карта (фрагмент)

2) При увеличении качественных показателей бизнес-процесса (показателей внешней среды) показатели эффективности бизнес-процесса снижаются. Данное противоречие решается посредством приема динамичности. Прием динамичности означает, что совокупность качественных и количественных показателей оценки бизнес-процесса должна меняться в зависимости от изменений во внешней среде. В этой связи при анализе бизнес-процесса в конкретный момент времени необходимо использовать методы экспертных оценок и экономико-математического моделирования комплексно [6].

3) При использовании методов экономико-математического моделирования в основном ставятся задачи прогнозирования финансовых показателей бизнес-процесса. Данные методы используются для прогнозирования показателей в долгосрочном периоде. В краткосрочном периоде они не используются. Это обусловлено снижением точности результатов прогноза.

Прием для решения этого противоречия – принцип использования механических колебаний. В соответствии с данным приемом необходимо изучить поведение изучаемого объекта дискретно, т.е. на коротком отрезке времени, что позволит установить вектор его развития при заданном управляющем воздействии. Таким образом, в совокупности со статистическим анализом показателей бизнес-процесса должен применяться динамический анализ.

Заключительный этап ТРИЗ-эволюционной карты показателей оценки бизнес-процессов ориентирован на обеспечение достижения параметров эффективности управления, в т.ч. финансовых показателей путем внедрения и дальнейшего использования инструментов динамического анализа. Отметим, что эффективное управление основывается на системе сбалансированных показателей (далее BSC).

В общем виде BSC – это инструмент измерения выполненных работ и дальнейшего прогнозирования, как правило, по четырем направлениям: финансовые процессы, процессы, связанные с потребителями, внутренние бизнес-процессы, а также обучение и рост [1, 4, 5].

Необходимо отметить, что BSC на данный момент времени является современным инструментом комбинированного использования инструментов экономико-математического моделирования и экспертных оценок в форме нечеткой логики. Метод экспертных оценок на основе использования элементов нечеткой логики позволяет установить причинно-следственную связь между факторами внешней среды и достигнутыми плановыми / нормативными значениями показателей бизнес-процессов предприятия. В результате проведенного анализа выявляется степень достижения поставленных стратегических целей предприятия. При этом в качестве стратегических целей развития предприятия в основном выделяют финансово-экономические показатели, и в частности добавленную экономическую стоимость. Последний показатель является определяющим для определения степени привлекательности предприятия для всех групп клиентов и заинтересованных сторон.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бабилова А.В., Корсаков М.Н., Сарафанов А.Д. Оптимизация бизнес-процессов промышленного предприятия на основе внедрения процессного подхода// Креативная экономика. 2017. Том 11. № 11. С. 1195-1208. DOI: 10.18334/ce.11.11.38474.

2 Бердонос В.Д., Животова А.А. Исследование эволюции объектно-ориентированных языков программирования// Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. 2014. № II. С. 35 - 43.

3 Дубинина Н.А. Показатели оценки бизнес-процессов предприятия// Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2016. № 2(29). С. 179-191. DOI 10.17072/1994-9960-2016-2-179-191. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26374958> (дата обращения: 14.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

4 Лялькова, Е. В. Роль KPI в управлении бизнес-процессами организации / Е. В. Лялькова // Управленческие науки в современном мире. 2018. Т. 1. № 1. С. 266-273. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_35112717\\_34168221.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_35112717_34168221.pdf) (дата обращения: 14.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

5 Лукьянова, Е. Ю. Система сбалансированных показателей как инструмент оценки конкурентного потенциала предприятия / Е. Ю. Лукьянова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Экономика. 2016. № 1. С. 40-48. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_25757947\\_18593728.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_25757947_18593728.pdf) (дата обращения: 14.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

6 Мерзликина Г.С., Кожанова Т.Е. Эффективное управление по изменениям: методическое и инструментальное обеспечение// Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 2(72). С. 248-256. DOI: 10.20914/2310-1202-2017-2-248-256. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30146804> (дата обращения: 14.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

7 Приемы (принципы) устранения системных (технических) противоречий. – URL: <http://www.triz.natm.ru/instrum/40priem.htm> (дата обращения 14.12.2021).

8 Яхонтова И.М., Пономарева Д.Н. Применение системы показателей бизнес-процессов для управления предприятием// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 113. С. 1293-1313. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24925251> (дата обращения: 14.12.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

УДК 517

Лебедева Ксения Евгеньевна, студент; Lebedeva Ksenia Evgenievna  
Бердоносков Виктор Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;  
Verdonosov Viktor Dmitrievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПО ТЕМЕ «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ СИНТАКСИЧЕСКОГО РАЗБОРА ПРИ МАШИННОМ ПЕРЕВОДЕ»**

### **USING THE METHOD OF MORPHOLOGICAL ANALYSIS ON THE TOPIC «IMPROVING THE METHODS OF AUTOMATING SYNTACTIC PARSING IN MACHINE TRANSLATION»**

Аннотация. В данной статье рассматривается метод морфологического анализа по выбранной теме исследования «совершенствование методов автоматизации синтаксического разбора при машинном переводе».

Abstract. This article discusses the method of morphological analysis on the chosen research topic «Improving methods of automating syntactic parsing in machine translation».

Ключевые слова: морфологический анализ, морфологическая таблица, метод.

Keywords: morphological analysis, morphological table, method.

Морфологический анализ ранее был известен как метод Цвикки. Данный метод имеет еще одно название морфологический «ящик». Он заключается в разбиении сложной проблемы на простые подпроблемы и изучению всех возможных вариантов для достижения цели исследования.

Основной идеей морфологического анализа является – систематическое нахождение максимального числа, а по возможности всех вариантов, которые могут быть в поставленной проблеме и реализации данной системы путем соединения основных или распределенных исследователем структурных частей и признаков. При этом проблема может разделяться на разные части различными способами и исследоваться с разных точек зрения.

Морфологический анализ заключается в исследовании большого множества переменных, которые связаны с решением поставленной задачи. Данный метод предполагает подытожить информацию в рамках «морфологической матрицы» в которую включено большое количество различных всевозможных решений. При поиске методом морфологической матрицы наиболее преимущественного способа выполнения функции в специальной таблице напротив каждой из них записывается возможные способы решения.

Такой метод достаточно прост и может рассматриваться как разновидность способа генерации новых идей. При использовании метода самое главное, что следует сделать в первую очередь – это правильное определение проблемы.

Воспользуемся одним из методов морфологического анализа по теме «Совершенствование методов автоматизации синтаксического разбора при машинном переводе», а именно морфологического «ящика» или в более простом виде морфологической таблице (матрице).

Первым этапом необходимо сформулировать проблему. В данном случае проблема будет заключаться в автоматизации синтаксического разбора. Далее найдем всевозможные варианты решения данной проблемы с помощью наукометрических баз Web of Science (обширная международная база данных, с помощью которой осуществляется поиск научных материалов из разнообразных областей наук более чем за 100 лет) и РИНЦ (Российский индекс научного цити-

рования – это национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более двенадцати миллионов публикаций российских ученых, а также информацию о цитировании этих публикаций из более шестисот российских журналов), так как любое научное исследование должно базироваться на углубленном анализе предшествующих работ по выбранной тематике.

Далее сформируем перечень запросов для поисковой базы:

- методы машинного перевода;
- машинный перевод;
- синтаксический метод;
- синтаксические трансформации при переводе;
- синтаксический разбор текста при переводе;
- методы перевода;
- синтаксический анализ при переводе текстов.

Таким образом, из двух наукометрических баз составили реестр источников по данной теме в которой, который содержит 134 работы по выбранной тематике (рисунок 1, 2).

№	Название	Год	Ключевые слова (Key words)	Аннотация (Abstract)	Страницы	Автор(ы)	Название файла	Выходные данные
28	ИНТЕГРАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЯЗЫКОВЫХ СТРУКТУР В ЛИНГВИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ И МАШИННОГО ПЕРЕВОДА	2014	ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ТЕКСТЫ, ВЕКТОРНЫЕ ПРОСТРАНСТВА, СИНТАКСИС, СЕМАНТИКА, ФРАЗОВЫЕ СТРУКТУРЫ, ТИВЕРДИНЕ МОДЕЛИ, МАШИННЫЙ ПЕРЕВОД	Длительность поиска проблемным исследованиям и интерязычного моделирования когнитивно-лингвистических представлений языковых структур и взаимосвязей различных синтаксической неоднородности в процессе создания лингвистических процессоров юрлингвистических систем обработки языковой и машинного перевода. Матрица представлений языковых структур и взаимосвязей на	10	КОБЕРЕНКО ЕЛЕНА БОРИСОВНА	eLIBRARY ID: 21337621	DOI: 10.14375/19922264140
29	ОБЗОР МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ	2020	ЛИНГВИСТИКА, КОРПУС ЯЗЫКА, МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ, МОДЕЛЬ WORD2VEC, НЕЙРОННЫЕ СЕТИ, NLP	В работе представлен краткий обзор современных методов и подходов, используемых для автоматической обработки текстовой информации. В авторской литературе эта область науки носит название NLP – Natural	15	Белов Сергей Дмитриевич, Зрякин Дирка Петровна, Зрякин Петр Валентинович, Корымова Владимир Васильевич	eLIBRARY ID: 44188349	Обзор методов автоматической обработки на естественном языке / С. П. Зрякова, П. В. Зряков, В. В. Кор Системный анализ в науке и образовании. – 2020. –
30	ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МАШИННОГО ПЕРЕВОДА ТЕКСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АНАЛИЗА НЕЧЕТКОГО ДУБЛИКАТОВ	2017	МАШИННЫЙ ПЕРЕВОД, КАЧЕСТВО ПЕРЕВОДА, ОБРАТИМОСТЬ ПЕРЕВОДА, ПОИСК ПЛАТА, НЕЧЕТКИЙ ДУБЛИКАТ, АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РЕДАКТИРОВАНИЕ ПЕРЕВОДА	Статья посвящена разработке способов оценки качества и улучшения результатов машинного перевода. Машинный перевод рассматривается как	10	В.С. Корюков, В.М. Глушан, А.Ю. Лозовой	eLIBRARY ID: 32251806	УДК 004.912 DOI 10.23683/2311-37-102-111
31	СРАВНЕНИЕ СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА	2021	теория графов, бинарный граф, семантика, семантическая сеть, семантическая ориентированное программирование, естественная обработка языка, фразовая семантика, фразовая семантика, матрица весов, матрица графов, матрица смежности	При построении системы машинного перевода каждой языковой единицы представляется диагональ с помощью графов, где в качестве вершин выступают слова, а в качестве ребер – семантические связи слов. В предложении. Среди из таких задач на первом этапе анализа является идентификация слов на частный речев, а на следующем этапе анализа – определение принадлежность слов к членам предложения. В статье рассматриваются методы семантического анализа языка на основе графов, построенных заранее с помощью традиционного объяснительно-ориентированного программирования, так и на основе анализа с помощью графовых семантических сетей с их последующим обучением. В качестве тезауруса выступают семантический словарь.	5	САК АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ, БЕССОНОВА ЕЛЕНА ВЛАДИМИРОВНА	eLIBRARY ID: 44812442	УДК 81.519:768.4 DOI: 10.26140/81001-0089

Рисунок 1 – Реестр источников по РИНЦ

№	Название	Год	Ключевые слова (Key words)	Аннотация (Abstract)	Страницы	Автор(ы)	Название файла	Выходные данные
93	Machine Translation using Semantic Web Technologies: A Survey	2018	machine translation, semantic web, ontology, linked data, multilinguality, knowledge graphs	A large number of machine translation approaches have recently been developed to facilitate the fluid migration of content across languages. However, the literature suggests that many obstacles must still be dealt with to achieve better automatic translations. One of these obstacles is lexical and syntactic ambiguity. A promising way of overcoming this problem is using Semantic Web technologies. This article presents the results of a systematic review of machine translation approaches that rely on Semantic Web technologies for translating texts. Overall, our survey suggests that while Semantic Web technologies can enhance the quality of machine translation outputs for various problems, the combination of both is still in its infancy.	24	Diego Monsallem, Matthew Watten, Asmita Nigam, Nigam Nigam	025_1711.09476.pdf	DOI:10.1016/j.websem.2018.0
94	Syntactic complexity in translated and non-translated texts: A corpus-based study of simplification	2021	ENGLISH LANGUAGE WRITERS	This study approaches the investigation of the simplification hypotheses in corpus-based translation studies from a syntactic complexity perspective. The research is based on two comparable corpora, the English monolingual part of COCE (Corpus of Chinese-English) and the native English corpus eFL08 (Pfeinberg 2008) Corpus of British English). Using the 13 syntactic complexity measures falling into five subconstructs (i.e. length of production unit, amount of subordination, amount of coordination, phrasal complexity and overall sentence complexity), our results show that translation as a whole is less complex compared to non-translation, reflected most prominently in the amount of subordination and overall sentence complexity. Further pairwise comparisons of the four subgroups of the corpora shows mixed results. Specifically, the translated news is homogeneous to native news as evidenced by the complexity measures; the translated genres of general press and academic writing are less complex compared to their native counterparts while translated fiction is more complex than non-translated fiction. It was found that mean sentence length always produced a significant effect on syntactic complexity, with higher syntactic complexity for longer sentence lengths in both corpora. ANOVA test shows a highly significant main effect of translation status, with higher syntactic complexity in the non-	20	Liu, KL (Liu, Kanglong)   Afzal, M (Afzal, Muhammad)	026_journal.pone.0253454.pdf	DOI 10.1371/journal.pone.02534

Рисунок 2 – Реестр источников по Web of Science

Созданный реестр включает в себя: номер источника, названия, год, ключевые слова, аннотацию, количество страниц, авторы, названия скаченного файла и выходные данные.

Вторым этапом построения морфологической таблице необходимо изучить данные источники и показать цветом их приоритетность, а именно: зеленый цвет – изучить в первую очередь, желтый – возможно будет полезно в рамках исследования и красный цвет – не подходят по теме на рисунке 3 и 4 представим некоторые наиболее подходящие по нашей тематике работы.

31	СРАВНЕНИЕ СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРЕДЛОЖЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА	2021	4
32	СИНТАКСИЧЕСКАЯ МНОГООЗНАЧНОСТЬ И НЕОДНОЗНАЧНОСТЬ В ПЕРСПЕКТИВЕ МАШИННОГО ПЕРЕВОДА	2016	
33	ОЦЕНКА КАЧЕСТВА КОМПЬЮТЕРНОГО ПЕРЕВОДА	2017	
34	Сравнение результатов машинного перевода генеративных конструкций с использованием контрастных методов	2017	
35	МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ МАШИННОГО ПЕРЕВОДА	2019	
36	О МЕТОДАХ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАШИННОГО ПЕРЕВОДА	2019	1 I
37	ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕМАНТИКИ РУССКОГО ЯЗЫКА И СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ПЕРЕВОДА	2011	
38	МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МАШИННОГО ПЕРЕВОДА: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ	2021	
39	МЕТОД УНИВЕРСАЛЬНОЙ СЕМАНТИЧЕСКОЙ ИЕРАРХИИ В МАШИННОМ ПЕРЕВОДЕ	2015	
40	МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА В СТАТИСТИЧЕСКОМ МАШИННОМ ПЕРЕВОДЕ	2018	F

Рисунок 3 – Приоритетные источники по РИНЦ

89	Subword Segmentation for Machine Translation Based on Grouping Words by Potential Roots	2019
90	Optimization for Statistical Machine Translation: A Survey	2016
91	A Loss-Augmented Approach to Training Syntactic Machine Translation Systems	2016
92	Syntax-Based Context Representation for Statistical Machine Translation	2018
93	Machine Translation using Semantic Web Technologies: A Survey	2018
94	Syntactic complexity in translated and non-translated texts: A corpus-based study of simplification	2021
95	Syntax-Based Pre-ordering for Chinese-to-Japanese Statistical Machine Translation	2016
96	Translators' perceptions of literary post-editing using statistical and neural machine translation	2018

Рисунок 4 – Приоритетные источники по Web of Science

Третьим этапом для построения таблицы необходимо описать субсекторы матрицы: объекты/явления/отношения/концепции/идеи/теории, которые входят в рассматриваемую проблему. Относительно темы исследования «Совершенствование методов автоматизации синтаксического разбора при машинном переводе» будут следующие субсекторы: используемые методы, синтаксические методы, используемые алгоритмы, проектирование, моделирование. Далее выделяем все альтернативные реализации для каждого субсектора. Для рассматриваемого примера заполненная морфологическая таблица представлена на рисунке 5. Цифры в ячейках таблицы указывают на номера источников в реестре.

Критерий	Вар. 1	Вар. 2	Вар. 3	Вар. 4	Вар. 5	Вар. 6
Используемые методы	метод построения системы машинного перевода (37, 79)	метод автоматической обработки текстов (29, 40)	Контрастные методы (34)	статистические методы (37)	универсальный метод (39)	методы определения степени близости предложений (52)
Синтаксический анализ	автоматический синтаксический анализ (14, 31, 42)	анализ зависимостей (66)	определения синтаксических фраз (116)			
Используемые алгоритмы	дерево перевода (78)	изменение порядка (95)	комбинация машинного перевода (102)	Алгоритм исправления грамматических ошибок (117)		
Проектирование	морфологического анализатора (12)					
Моделирование	моделирование в лингвистических процессах (28)	моделирование синтаксической структуры (54)				

Рисунок 5 – Морфологическая таблица для исследования

Как видно из таблицы примера в субсекторы могут входить понятия из разных групп. Тем не менее, такой подход позволяет наиболее полно увидеть «поля знаний».

После того как построили морфологическую таблицу необходимо приступить к ее анализу, то есть выявить тот субсектор, который окажет наибольшее влияние на выбранное направление исследования. В данном случае проанализировав строки морфологической таблицы с точки зрения количества источников и важности исследования, был определен вектор, который направлен на изучение методов использования в переводческой деятельности.

Метод морфологической таблицы помог в развитие уже имеющихся идей. Определены новые направления в составе существующего исследования. Опираясь на результаты анализа матрицы, можно сформулировать оригинальные идеи существующего направлений исследования на основе сопоставления, сочетания основных признаков, выделенных групп и исследований. Именно метод морфологической таблицы уводит разработчика из зоны поиска решений, которые лежат на виду и очевидны.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ветохин С.С. Повышение эффективности проблемного подхода в обучении с применением морфологического анализа / Труды БГТУ. №8. Учебно-методическая работа. 2016. № 8 (190). С. 40-43.

2 Титов В.В. Морфологический подход <https://www.metodolog.ru/00915/00915.html> (Дата обращения 7.01.2022).

3 Ревенков, А. В. Теория и практика решения технических задач : учеб. пособие / А. В. Ревенков, Е. В. Резчикова. - 3-е изд., испр. и доп. — М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2019. - 384 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-91134-750-5. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1018362> (дата обращения: 7.01.2022).

УДК 697.911

Лобанов Дмитрий Валерьевич, старший преподаватель; Lobanov Dmitry Valerievich

Звенигородский Игорь Иванович, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры;

Zvenigorodsky Igor Ivanovich

Мерщев Александр Александрович, старший преподаватель; Mershchiev Alexander Alexandrovich

Певцов Станислав Сергеевич, кандидат технических наук, начальник лаборатории

научно-исследовательского центра; Pevtsov Stanislav Sergeevich

Воронежский государственный технический университет

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

## ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ В ПОМЕЩЕНИЯХ УМСТВЕННОГО ТРУДА

### PROBLEMS AND CHALLENGES OF DESIGNING VENTILATION SYSTEMS FOR MENTAL WORKROOMS

Аннотация. В настоящее время людей, занятых умственным трудом, с каждым годом становится все больше. Для повышения производительности работы и сохранения здоровья людей умственного труда различных профессий необходимо обеспечить их качественными рабочими местами, включая комфортный микроклимат. Данная работа посвящена рассмотрению проблем, возникающих перед проектировщиком при выполнении работ по расчету и разработке систем вентиляции в помещении умственного труда.

Abstract. Nowadays the number of people engaged in mental work is increasing from year to year. To increase productivity and preserve health of people of mental work of different professions it is necessary to provide them with qualitative workplaces, including comfortable microclimate. This work is devoted to the problems that arise before the designer when performing the work on the calculation and development of ventilation systems in the premises of mental labor.

Ключевые слова: умственный труд, вентиляция, комфортный микроклимат.

Keywords: mental work, ventilation, comfortable microclimate.

Проектирование – сложный творческий процесс, требующий определенных умений, навыков и знаний в соответствующей отрасли. Для выполнения конечного продукта (проекта) необходимо четко знать и понимать цели/задачи а также алгоритм их достижения.

Процесс проектирования начинается со сбора исходных данных:

— архитектурно-строительные чертежи с экспликацией помещений и категориями по взрывопожарной опасности а также, если требуется, прочие разделы, например КЖ, для полного понимания характеристик строительных конструкций (ригели, балки, фермы и др.);

— технологическое задание, включающее информацию о процессах, протекающих в помещениях проектируемого здания с указанием вида/типа оборудования, режима его работы, точного месторасположения, вида и количества выделяемых вредных веществ и т.д.; а также информацию о характере деятельности людей с указанием их количества и месторасположения;

— техническое задание с пожеланиями Заказчика, не противоречащими требованиям и рекомендациям нормативно-справочной литературы;

— технические условия на подключение потребителя к источникам энергоснабжения и прочим коммуникациям;

— прочие, зависящие от специфики проектируемого здания.

Рассмотрим этапы проектирования систем вентиляции для помещений умственного труда. Представим в виде схемы алгоритм действия проектировщика и вкратце рассмотрим «возможные сложности», с которыми придется ему столкнуться, проанализировав их.

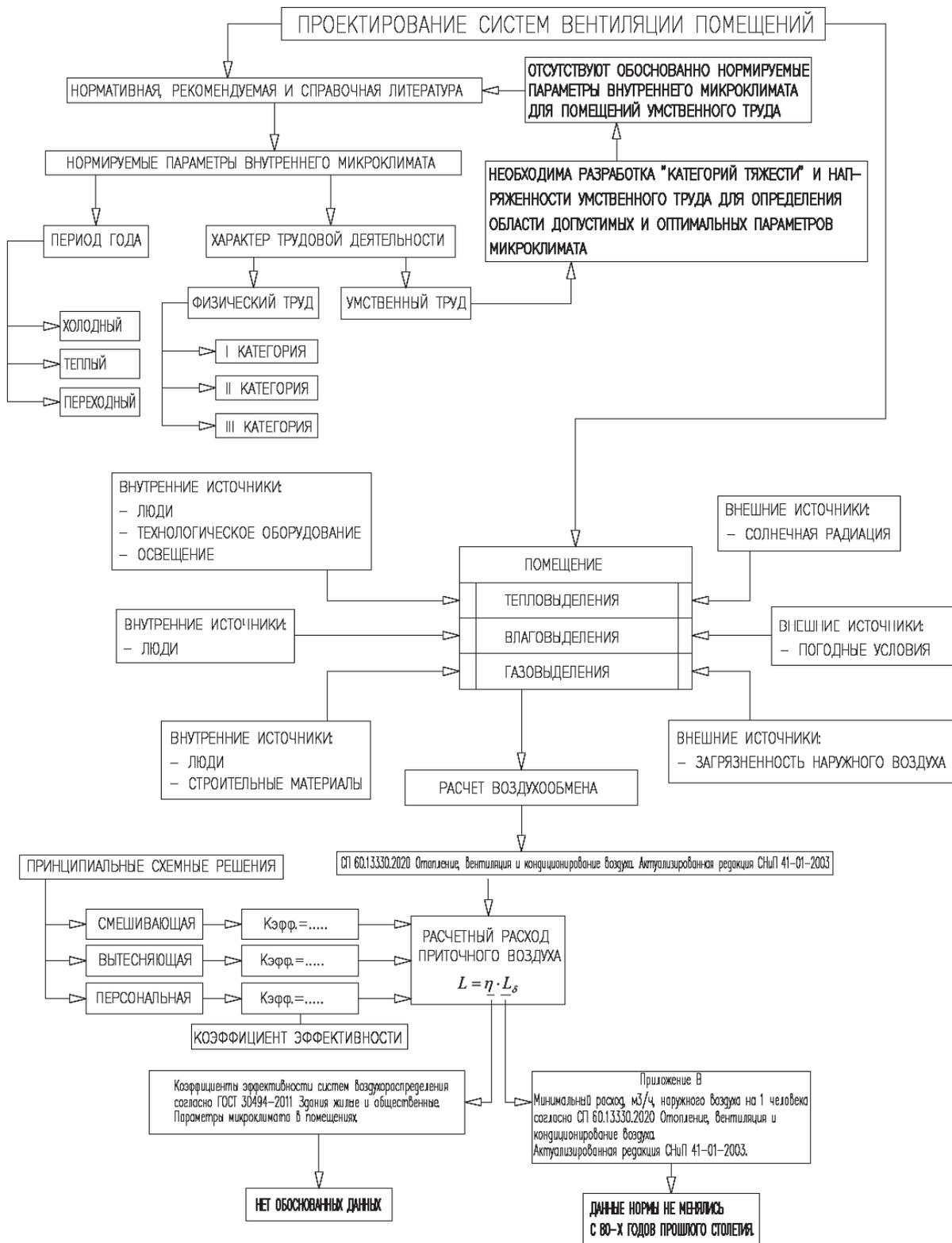


Рисунок – 1 Схема этапов проектирования систем вентиляции помещений (применительно к помещениям умственного труда)

При проектировании требуется выполнять требования и рекомендации нормативной литературы [1], согласно которой определяются основные положения по расчету и конструированию систем. В [2, 3] представлены нормируемые параметры внутреннего воздуха для помещений различного функционального назначения в зависимости от периода года (теплый, холодный). Согласно [4] вид деятельности в помещении зависит от тяжести и напряженности трудового процесса. Следует отметить, что в [3] указаны требования к параметрам микроклимата для помещений производственного назначения, в [2] – для помещений жилых и общественных зданий, в [5] – для бытовых и административных помещений. Из всего многообразия видов деятельности можно выделить труд физический и умственный [4]. Однако, для физического труда определены категории тяжести (I, II, III) и, соответственно, требуемые параметры воздушной среды, а для умственного - нет конкретных данных (в зависимости от напряженности трудового процесса), имеются только общее понятие «умственный труд» с заданными параметрами воздушной среды [2, 3, 4]. Изучение различных аспектов трудовой деятельности позволило ученым дать определение умственного труда. По их данным умственный труд – это выполнение работы, связанной с приемом и переработкой информации, требующей активного функционирования сенсорного аппарата, структур головного мозга, обеспечивающих такие психические процессы, как внимание, память, эмоции [6 и др.]. Таким образом, умственный труд объединяет работы, связанные с приемом и передачей информации, требующие активации процессов мышления, внимания, памяти. Согласно [7] для помещений умственного труда определены параметры микроклимата, требующие корректировки, а в [8] указывается на «необходимость разработки комплекса санитарных норм и правил, ориентированных конкретно на офисных работников».

Количество выделяющихся вредных веществ в помещении зависит от его функционального назначения и технологического процесса, проходящего в нем. Величина требуемого расхода приточного воздуха (воздухообмена) помещений определяется согласно [1, прил. В, Г] с учетом выделяемых в помещении тепло, - влагоизбытков, газовых вредностей отдельно для теплого и холодного периодов года. При этом, согласно [2, 9] требуется учитывать коэффициент эффективности применяемой системы воздухораспределения. Однако, следует отметить, что на данный момент в отечественной справочной и нормативной литературе отсутствуют аргументированно обоснованные данные по эффективности различных схемных решений систем вентиляции с механическим побуждением движения воздуха.

Минимальный расход наружного воздуха на одного человека представлен в [1, прил. В] в зависимости от назначения помещения и наличия постоянных рабочих мест; его величина для производственных, общественных и административно-бытовых помещений (без естественного проветривания) составляет 60 м<sup>3</sup>/ч. При этом минимальная санитарная норма подачи наружного воздуха на 1 человека требует уточнения и корректировки [10, 11].

Таким образом, можно сделать следующие выводы.

Для выполнения грамотного проекта по вентиляции помещений умственного труда, по мнению авторов, требуется уточнение и корректировка следующих данных:

- нормируемых параметров микроклимата при выполнении умственного труда для различных сфер деятельности (возможно только после разработки «категорий тяжести» и напряженности трудового процесса);
- величины минимального расхода наружного приточного воздуха при выполнении умственного труда;
- значений коэффициентов эффективности систем воздухораспределения при организации различных схем вентиляции (смешивающая, вытесняющая, персональная).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СП 60.13330.2020 «СНиП 41-01-2003 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».
- 2 ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
- 3 СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

4 Р 2.2.2006-05, ГИГИЕНА ТРУДА, Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

5 СП 44.13330.2011 «Административные и бытовые здания. Актуализированная редакция СНиП 2.09.04-87».

6 Казантинова, Г. М. Психофизиология умственного труда : Монография / Г. М. Казантинова. – Волгоград : Волгоградский государственный аграрный университет, 2013. – 116 с.

7 Полосин, И. И. О необходимости внесения изменений в нормативные документы для определения параметров микроклимата в помещениях умственного труда / И. И. Полосин, Д. В. Лобанов // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. – 2009. – № 1(1). – С. 46-51.

8 Дударев, А. А. Актуальные проблемы гигиены труда и профессиональной патологии офисных работников / А. А. Дударев, Г. А. Сорокин // Медицина труда и промышленная экология. – 2012. – № 4. – С. 1-8.

9 ГОСТ Р 59972-2021 «Системы вентиляции и кондиционирования воздуха общественных зданий. Технические требования».

10 Устинов, В. В. Определение минимального расхода наружного воздуха при проектировании систем вентиляции / В. В. Устинов // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2016. – № 6. – С. 36-40.

11 Устинов, В. В. Определение минимального расхода наружного воздуха при проектировании систем вентиляции / В. В. Устинов // АВОК: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. – 2016. – № 7. – С. 56-61.

УДК 004.932

Маряшина Дарья Николаевна, студент; Maryashina Daria Nikolaevna

Хайбуллин Шамиль Дамирович, студент; Khaibullin Shamil Damirovich

Шамсиев Эльдар Халилович, студент, Shamsiev Eldar Khalilovich

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ  
Альметьевский филиал Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева – КАИ

## **ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ**

### **APPLICATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR ROAD SIGN RECOGNITION**

Аннотация. Данная работа посвящена задаче распознавания дорожных знаков. Рассмотрен метод распознавания на базе сверточной нейронной сети, обладающей высокой степенью инвариантности к различным искажениям входных изображений.

Abstract. This work is devoted to the problem of recognition of road signs. A recognition method based on a convolutional neural network, which has a high degree of invariance to various distortions of input images, is considered.

Ключевые слова: дорожные знаки, нейронная сеть, распознавание.

Keywords: road signs, neural network, recognition.

С каждым годом все больше компаний объявляют о разработке автоматизированных (беспилотных) автомобилей. Как правило задача автоматического управления транспортным средством подразделяется на отдельные подзадачи, включая построение пути, технического зрения, обеспечение безопасности и многие другие функции, необходимые для безопасного автоматизированного движения на беспилотном автомобиле.

К задачам технического зрения в области беспилотных автомобилей можно отнести поиск и распознавание дорожных знаков, нанесении их на карту местности. Задача распознавания совершенно неординарная. Постоянные изменения условий: изменение освещения, изменение местоположения и различного окружения объектов, усложняют задачу распознавания. Универсального решения в настоящее время не существует. Однако, существует множество принципиально разных подходов к решению подобных задач [1, 2, 3, 4, 5].

В данной статье рассмотрен метод распознавания дорожных знаков на базе сверточной нейронной сети, обладающей высокой степенью инвариантности к различным искажениям входных сигналов, масштабированию, смещениям, поворотам и т.д.

Инвариантность к искажениям один из ключевых критериев в выборе методов распознавания. Ведь в качестве исходных данных предполагается использовать изображения дорожных знаков с видеорегистраторов. И как правило такие изображения не однородны и содержат разного рода «помехи» (знаки могут быть расположены под разными углами, могут быть повреждены, на изображениях могут присутствовать блики солнца, грязь).

Сверточные нейронные сети (СНС) - специальная архитектура искусственных нейронных сетей для эффективного распознавания изображений, являющаяся частью технологии глубокого обучения [6]. Поскольку сверточная нейросеть имеет множество параметров, которые необходимо настроить, зачастую применяют слои предобученной модели - основа (backbone), а остальные слои выбираются исходя из задачи.

Были рассмотрены 6 моделей backbone: Xception, Vgg16, MobileNet, Vgg19, Resnet50, Inception\_v3. Все вышеперечисленные модели обладают высокими показателями эффективности, производительности, скорости и именуются передовыми технологиями (state of the arts) [7].

Каждая из представленных моделей была обучена на одной эпохе. Были получены значения точности перед обучением и после, значения времени работы модели. Графики с результатами представлены на рисунках 1-3.

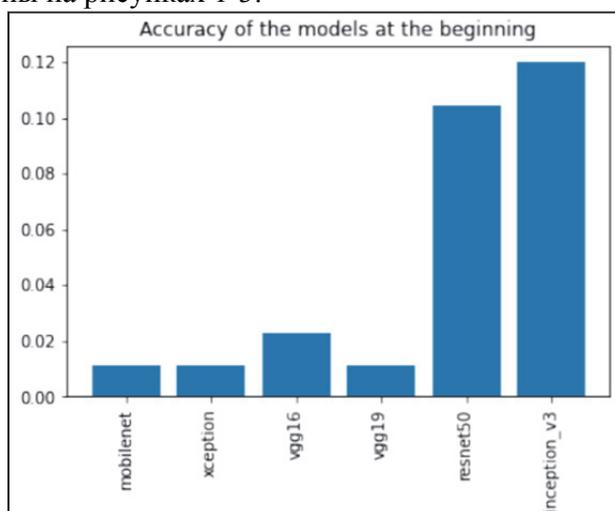


Рисунок 1 – Точность моделей перед началом обучения

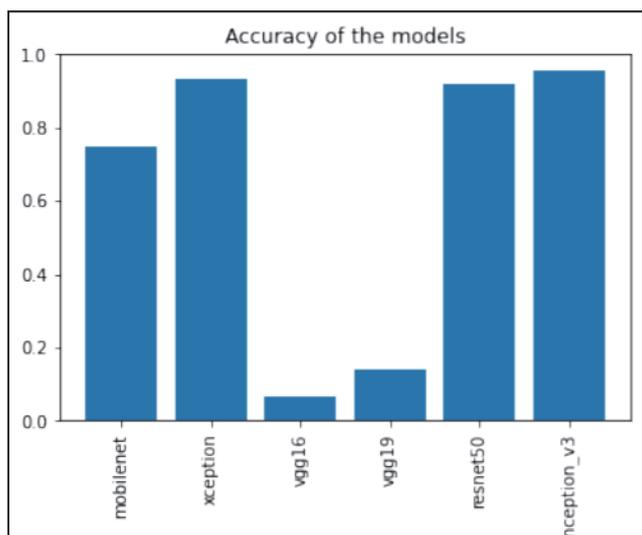


Рисунок 2 – Точность моделей после обучения на одной эпохе

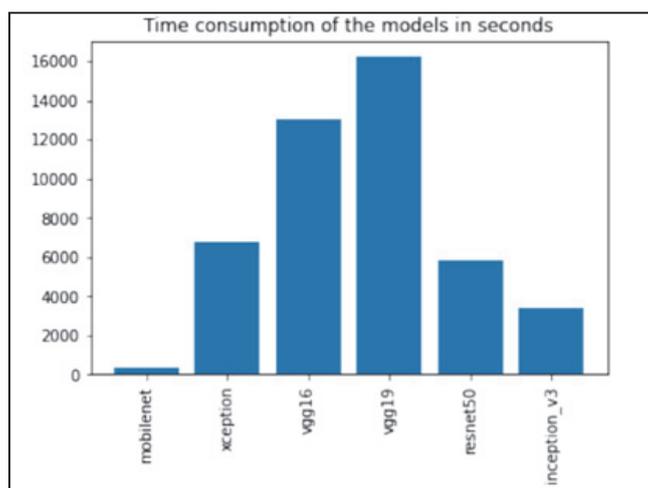


Рисунок 3 – Время работы моделей

В качестве данных для проверки работоспособности моделей, зачастую используются ряд общепринятых наборов с большими данными: MNIST, ImageNet, CIFAR 10, CIFAR 100. Поскольку выбранная нейронная сеть должна работать в реальном или около реального времени (распознавать дорожные знаки), то необходимо выбирать «наименьшую» модель с приоритетом на малое количество обучаемых параметров, а не на итоговую точность (accuracy).

Учитывая выше сказанное и результаты проведенных экспериментов, был сделан выбор в пользу предобученной на Imagenet архитектуры MobileNet сверточной нейронной сети. Выбранная архитектура MobileNet имея самое наименьшее количество параметров, входит в топ 12 моделей по accuracy.

Исходные изображения дорожных знаков были взяты из Российской базы автодорожных знаков (RTSD) – набора данных для обучения и тестирования алгоритмов распознавания дорожных знаков на изображениях [8]. Использовалась часть классификационной выборки rtsd-r1.tar.lzma. В данный подсет входят 25432 train и 7551 test изображений размером 32 на 32, полученных на видеорегиистратор в различные времена года и суток, при различных погодных условиях. Классификационная выборка включает в себя все виды дорожных знаков.

Программа реализована на языке программирования Python 3.9.4 Для реализации нейронной сети использовалась библиотека Keras и TensorFlow. Для работы программы необходима установка на ПК любого транслятора языка Python версии выше 3.6. Минимальные системные требования: процессор не ниже Intel Core i3, видеокарта NVidia, объем оперативной памяти не ниже 3Гб.

В общем виде алгоритм работы программы можно описать следующим образом: на вход модели подается изображение дорожного знака, которое представляет собой трехмерный массив. Каждое изображение имеет метку, в нашем случае метка – это дорожный знак. Каждый дорожный знак кодируется определенной комбинацией цифр. Далее вычисляется значение Loss функции - насколько далеко значение, предсказанное нейросетью, от фактической метки, которая сопряжена с этим изображением - насколько хороша была обучена модель.

После отладки программы была проведена оценка работоспособности. Одна эпоха обучения модели mobilenet в качестве основы занимает в среднем 4 минуты 50 секунд, полное время обучение модели составляет 27 минут. В таблице 1. представлены сведения эпох обучения, которые показывают значение loss функции и accuracy для тестового набора данных.

Таблица 1 – Сведения об эпохах обучения

№ Эпохи	Значение Loss функции	Значение Accuracy
1	1.44365175879397	0.6236296482412061
2	0.6994040201005025	0.7887190954773868
3	0.5711115577889446	0.8246286432160804
4	0.5118371859296482	0.837613065326633
5	0.4621035175879397	0.8492663316582915

Точность на контролирующей выборке составила 95.45%. Полученный результат является приемлемым. Количество эпох, можно увеличить еще на 2-3, далее модель начнет переобучаться. Количество эпох для дополнительного обучения берется из анализа динамики изменения loss функции на протяжении последних двух эпох.

Были рассмотрены различные архитектуры нейронных сетей, позволяющие решить задачу распознавания дорожных знаков. Выбрана архитектура, основанная на сверточных нейросетях, обладающая точностью, значительно превосходящей остальные архитектуры. Создана модель на основе предобученной сверточной архитектуры, показавшая точность на тестовых данных 95,45%.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Медведев П. С., Мокшин В. В. Распознавание дорожных знаков с помощью инициализированных и обученных фильтров // Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK - 2020 : Сборник материалов международного форума, Казань, 21–24 сентября 2020 года / Академия наук Республики Татарстан. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2020. – С. 364-370.

2 Сайфудинов И. Р., Мокшин В. В. Распознавание образов в условиях геометрических и фотометрических изменений // Форум молодых ученых. – 2016. – № 4(4). – С. 847-851.

3 Сайфудинов И. Р., Мокшин В. В. Сравнение методов распознавания образов транспортных средств на примере классификатора Хаара и оператора LBP с применением Adaboost // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых - 2015 : сборник научных статей 4-й Международной молодежной научной конференции в 4-х томах, Курск, 19–20 ноября 2015 года / Ответственный редактор: Горохов А.А.. – Курск: Закрытое акционерное общество «Университетская книга», 2015. – С. 67-70.

4 Габдрахманова Л. Р., Мокшин В. В. Разработка системы распознавания символов с использованием нейронной сети // Современные инновации в науке и технике: Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции: В 4-х томах, Курск, 17 апреля 2014 года / Ответственный редактор Горохов А.А.. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2014. – С. 223-225.

5 Мокшин В. В., Сайфудинов И. Р., Кирпичников А. П., Шарнин Л. М. Распознавание образов транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения // Вестник Технологического университета. – 2016. – Т. 19. – № 5. – С. 130-137.

6 Бредихин Арсентий Игоревич Алгоритмы обучения сверточных нейронных сетей // Вестник ЮГУ. 2019. №1 (52).

7 Bohdan M. Neural Networks – State of Art, Brief History, Basic Models and Architecture [Электронный ресурс] [2016] URL: <http://mini.edu.pl/~macukow/wspolne/selection.pdf>.

8 Шахуро В.И., Конушин А. С. / Российская база изображений автодорожных знаков // КО. 2016. №2.

УДК 514.01

Мучкаева Светлана Сангаджиевна, кандидат педагогических наук, доцент;

Muchkaeva Svetlana Sangadzhievna

Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городоваикова

#### **ПРЯМАЯ ЭЙЛЕРА КАК ПРИМЕР ОБОБЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКИХ И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ФИГУР**

#### **EULER'S LINE AS AN EXAMPLE OF GENERALIZATION OF ELEMENTS OF PLANE AND SPATIAL FIGURES**

Аннотация. В работе рассматривается вопрос одновременного изучения свойств двух геометрических фигур – треугольника и тетраэдра.

Abstract. The paper considers the issue of simultaneous study of the properties of two geometric shapes - a triangle and a tetrahedron.

Многообразие геометрических форм предполагает создание некоторой классификации, в частности плоские фигуры, удобно называть по количеству их углов. А наименьшее число углов

имеет треугольник, который, несмотря на свою кажущуюся простоту, может образовывать различные геометрические конструкции, каждая из которых обедает целым спектром свойств. Именно треугольник стал основой изящных теорем в геометрии, которые позже стали включать замечательные точки и прямые треугольника и даже совершенную кривую – окружность. Дальнейшее развитие этого направления привело к доказательству ряда теорем, в которых прямые и окружности, связанные с треугольником, содержали замечательные точки [2].

Геометрические построения сами по себе имеют большую образовательную ценность, так как формируют наглядные представления обучающихся разнообразных плоских и пространственных форм. Здесь очень удобным оказывается введение декартовой системы координат, позволяющей облегчить расчеты положения замечательных точек и прямых, а также определить площади и объемы фигур. Отдельной задачей является подбор размеров треугольника под решаемую задачу, чтобы визуализировать искомые точки [4].

Рассмотрим пример построения в ДСК такого «удобного треугольника», найдем координаты центра тяжести – М, центра описанной окружности – О, центра вписанной окружности – I, ортоцентра – Н, центра окружности девяти точек – О<sub>9</sub>, точки Фейербаха – Ф и покажем справедливость теоремы Эйлера. Возьмем за начало координат вершину А, а прямую АС примем за ось абсцисс. Тогда А (0;0), С (168;0), В (120;90). Нетрудно будет вычислить (рис. 1). Найденные координаты замечательных точек приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Координаты замечательных точек

A	B	C	M	O	I	H	O <sub>9</sub>
(0;0)	(120;90)	(168;0)	(96;30)	(84;13)	(108;36)	(120;64)	(102;38,5)
Ф	R	r	AB	AC	BC		
(141,2;22,2)	85	36	150	168	102		

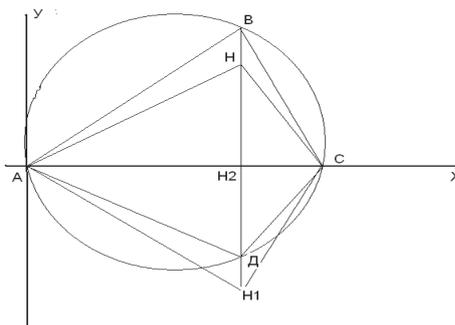


Рисунок 1

Расчет площади треугольника ABC дает значение – 1890, а  $HM = 2OM$ , что видно из проверки в векторной форме:

$$\vec{HM} = \begin{pmatrix} 96 - 120 \\ 30 - 64 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -24 \\ -34 \end{pmatrix} \quad \vec{MO} = \begin{pmatrix} 84 - 96 \\ 13 - 30 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -12 \\ -17 \end{pmatrix},$$

Далее можно найти:

$$OH = \sqrt{9R^2 - a^2 - b^2 - c^2} = \sqrt{3897}$$

$$IO = \sqrt{R^2 - 2Rr} = \sqrt{1105}$$

Исходя из этого получаем формулу Эйлера:

Пусть  $d = IO$ , тогда  $d^2 = R^2 - 2Rr$ .

Замечательным свойством указанной теоремы Эйлера является возможность ее расширения от треугольника к ортоцентрическому тетраэдру (например, [3]), тогда вместо описанной окружности будет рассматриваться описанная сфера. На рисунках 2 и 3 показаны эти две геометрические фигуры на плоскости и в пространстве, указаны замечательные точки и проведена прямая Эйлера. Используя аналогию между понятиями, можно определить для равнобедренного прямоугольного тетраэдра (с началом координат в ортоцентре Н) координаты центроида тетраэдра – Ц, центра описанной сферы – О, а также доказать, что все три указанных точки лежат на одной прямой – Эйлера.

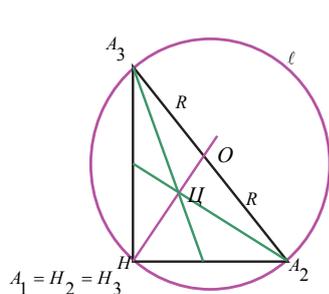


Рисунок 2

$$A_1 = H_2 = H_3 = H_4 = H$$

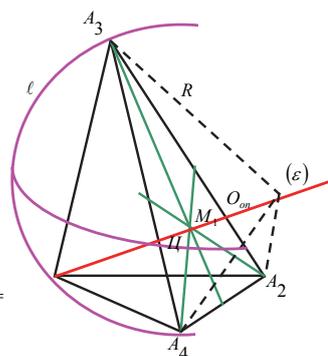


Рисунок 3

Такой подход одновременного изучения схожих понятий различных геометрических форм позволяет не только лучше усвоить теоремы, но и углубить понимание изучаемого материала

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мучкаева С.С. Развитие интереса учащихся к математике через эстетический потенциал исторических задач и теорем с чертежом Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2009. № 2. С. 159-163.

2 Волошинов, А.В. Математика и искусство. - М.: Просвещение, 2000. - Стр. 32-33.

3 Готман Э. Прямая Эйлера научно-популярный физико-математический журнал "Квант", 1975 №2, С20

4 Саттерли Д. Описанная и вписанная окружности. - «School Science And mathematics». 1956. №7. с. 517-528.

5 Эрдниев П.М. Укрупнение дидактических единиц как технология обучения. В 2 Ч. М., 1992 г. 255 с.

УДК 004.05

Попова Ольга Владимировна, студент; Popova Olga Vladimirovna

Григорьев Ян Юрьевич, кандидат физико-математических наук, доцент;

Grigoryev Yan Yurievich

Жарикова Евгения Павловна, аспирант; Zharikova Evgeniya Pavlovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДАМИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

#### EVALUATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES USING MACHINE LEARNING METHODS

Аннотация. В работе рассматриваются подходы к решению задач оценки и прогнозирования параметров технологических процессов методами интеллектуального анализа. Сравниваются решения, полученные разными методами, в том числе с результатами основанными на применении классических подходов регрессионного анализа данных.

Abstract. The paper discusses approaches to solving the problems of assessing and predicting the parameters of technological processes using the methods of intellectual analysis. The solutions obtained by different methods are compared, including with the results based on the application of classical approaches of regression data analysis.

Ключевые слова: регрессия, нейронные сети, машинное обучение, производственный процесс.

Key words: regression, neural networks, machine learning, production process.

Рассматривается технологический процесс преобразования некоторого концентрата в готовый продукт. Данные представляются предприятием и содержат информацию о параметрах процесса в разные моменты времени с учетом оценки полученного результата, выражаемого потерями. Проведенные ранее исследования показали несостоятельность классических методов по-

строения регрессионных зависимостей по причине низкой надежности полученных связей. Получить надежное решение в заданном диапазоне позволяют методы машинного обучения. К таким методам относятся: искусственные нейронные сети (распознавание, кластеризация, прогнозирование); эволюционное программирование; генетические алгоритмы (оптимизация); ассоциативная память (поиск аналогов, прототипов) [9]. Преимуществом применения методов машинного обучения состоит в лучшей способности описания процессов и возможности адаптации к изменениям потоков информации на основе пополнения обучающей выборки. Недостатки проявляются в достаточно узком применении построенных моделей в производственных задачах широкого спектра, а также в требовательности к наборам данных.

Для построения модели производится предобработка данных. Набор данных разделяется случайным образом на обучающую (70 %), валидационную (10 %) части, используемые в процессе обучения. и тестовую (20 %) часть применяемую для проверки качества модели на основе выбранных метрик представленных ниже. Данные для обучения размещаются в csv файле, имеющем разметку, отраженную в табл. 1.

Таблица 1 – Разметка csv файла

Время работы ав-токлава, ч	Железо, %	Мышьяк, %	...	Хлориды, г/кг
24,0	17.3	4.01	...	3.70
24,0	16.8	4.50	...	4.90
23.9	20.1	7.30	...	8.05

Для решения поставленной задачи методами машинного обучения проводится сравнение качества полученных результатов методами XGBoost и с применением нейронных сетей. Суть метода XGBoost состоит в реализации деревьев решений с градиентным усилением, разработанных для увеличения скорости и производительности.

В качестве метрик для анализа качества методов используются MAE и MSE. MAE (Mean Absolute Error) измеряет среднюю сумму абсолютной разницы между фактическим значением и прогнозируемым значением:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t|, \quad \text{где } e_t = original_t - predict_t.$$

MSE (Mean Squared Error) измеряет среднюю сумму квадратной разности между фактическим значением и прогнозируемым значением для всех точек данных:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2, \quad \text{где } e_t = original_t - predict_t.$$

Результаты метрики обученной модели представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты метрик обученной модели XGBoost

Метрика	Значение
MSE	575.65
MAE	15.57
r2	0.97
EVS	0.97
ME	15.57
Median AE	9.68

В работе рассматривается второй вариант решения задачи с применением нейронной сети MLP (multi layer perceptron). Архитектура MLP предполагает один или несколько скрытых слоёв, обеспечивающих уровни абстракции. Прогнозы делаются на выходном слое, называемом видимым (см. рис. 1).

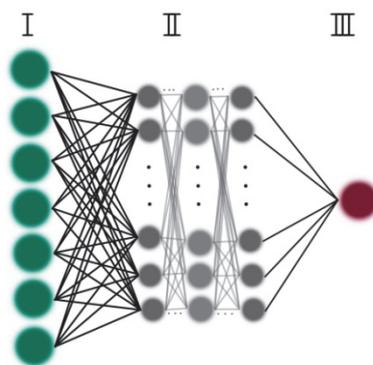


Рисунок 1 – Архитектура MLP

На вход сети поступают 7 параметров, соответствующих значениям «Fe», «As», «Time» и т.д. Экспериментальным путем определяется функция активации обеспечивающая лучшие результаты вида ReLU.

Rectified Linear Unit — это наиболее часто используемая функция активации при глубоком обучении. Данная функция возвращает 0, если принимает отрицательный аргумент, в случае же положительного аргумента, функция возвращает само число. То есть, она может быть записана как  $f(x)=\max(0,x)$ . Может показаться, что она линейна и имеет те же проблемы что и линейная функция, но это не так и ее можно использовать в нейронных сетях с множеством слоев. График функции активации представлен на рис. 2.

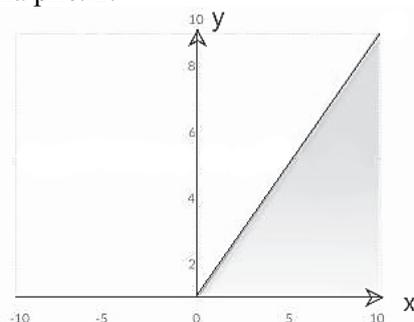


Рисунок 2 – График функции активации

Определяется функция потерь MSE. Реализуется алгоритм оптимизации Adam (adaptive moment estimation) – это алгоритм оптимизации, который можно использовать вместо классической процедуры стохастического градиентного спуска для итеративного обновления весов сети на основе обучающих данных. Он включает в себя лучшие стороны двух других расширений стохастического градиентного спуска: адаптивного градиентного алгоритма (AdaGrad) и среднеквадратичное распространения (RMSProp). Объединенные свойства и преимущества в этом алгоритме нужны для того чтобы обеспечить оптимизацию, которая может обрабатывать редкие градиенты в шумных задачах. Обучение производится с размером пакета 512, скоростью обучения 0.0001, со случайной заморозкой 50 % связей на каждой итерации и нормализацией для каждого пакета. График изменения функции потерь на обучающей и валидационной частях набора данных представлен на рис. 3.



Рисунок 3 – График изменения функции потерь во время обучения нейронной сети на фактических данных

Результаты значений метрик обученной модели представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Результаты метрики обученной модели MLP

Метрика	Значение
MSE	1.41
MAE	0.04
r2	0.003
EVS	0.0036
ME	0.4351
Median AE	0.0403

Применение нейронной сети обеспечивает на заданном диапазоне достаточно хорошие приближения при решении рассматриваемой задачи. Оценка результатов применения методов представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительная таблица значений метрик методов MLP и XGBoost

Метрика	Метод	
	MLP	XGBoost
MSE	1.41	575.65
MAE	0.04	15.57
r2	0.003	0.97
EVS	0.0036	0.97
ME	0.4351	15.57
Median AE	0.0403	9.68

В результате исследования, проводимого на наборе данных, представленных предприятием, реализующим конкретный технологический процесс, была показана эффективность применения нейронных сетей над классическими методами и рядом других методов машинного обучения (XGBoost при оценках эффективности методов, базирующихся на метриках MSE и MAE) при поиске решений высокой точности на заданном рабочем диапазоне. Увеличение объема выборки может способствовать выявлению других альтернатив.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Применение методов машинного обучения в задачах оценки технологических процессов. Попова О. В., Григорьев Я. Ю., Жарикова Е. П., Григорьева А. Л. Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2021. № 7 (55). С. 68-72.

2 Челухин, В. А. Применение математических моделей в информационных технологиях / В. А. Челухин, В. А. Абрамсон // Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – С. 117-120.

3 Амосов, О. С. Использование генетического алгоритма для настройки глубоких нейронных сетей в задачах классификации компьютерных атак / О. С. Амосов, С. Г. Амосова, Д. С. Магола // Информатика и системы управления. – 2020. – № 4 (66). – С. 104-117.

4 Исследование архитектур глубоких нейронных сетей со сверточными и рекуррентными слоями для задач распознавания аномалий сетевого трафика в компьютерных системах / О. С. Амосов, С. Г. Амосова, Ю. С. Иванов, С. В. Жиганов // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019): материалы двенадцатой международной конференции / под общ. ред. С. Н. Васильева, А. Д. Цвиркуна. – М.: Международный научно-исследовательский институт проблем управления РАН, 2019. – С. 995-1005.

5 Амосов, О. С. Оценивание случайных последовательностей с использованием нечётких систем и кластеризации / О. С. Амосов, Д. С. Магола, Е. А. Малашевская // Информатика и системы управления. – 2012. – № 1 (31). – С. 146-155.

6 Khanghah, E. R. Study of the relationship between overinvestment, leverage, and liquidity in companies listed in tehran stock exchange / E. R. Khanghah, B. Partovi // Revista Genero & Direito. – 2020. – № 9 (2). – P. 558-572.

7 Pivnicka, K. Fish species-diversity in small czech and moravian streams / K. Pivnicka, J. Poupe; M. Svatora // 1995. – № 40 (4). – P. 177-180.

8 Андрейчиков, А. З. Интеллектуальные информационные системы / А. З. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 424 с.

9 Бардин, А. К. Особенности оценки эффективности производственных процессов при их дифференциации / А. К. Бардин, В. Е. Сайкинов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 124. – С. 1493-1504.

10 Methods of remote sensing in forest fund assessment problems. Zharikova E.P., Grigoryev J.U., Grigoryeva A.L. В сборнике: 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019. 2019. С. 8725343.

11 Математическое моделирование процесса получения энергии при использовании перепада температур день-ночь на основе нейронных сетей и искусственного интеллекта / В. А. Челухин, М. А. Кружаев, Пьей Зон Аунг, Е. В. Абрамсон // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2020. – № I-1 (41). – С. 18-24.

12 Surface state detection. Zharikova E.P., Grigoriev Ya.Yu., Grigoryeva A.L. В сборнике: 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, FarEastCon 2019. 2019. С. 8934205.

УДК 001.891.57

Попова Ольга Владимировна, студент; Popova Olga Vladimirovna  
Кириллов Алексей Витальевич, студент; Kirillov Alexey Vitalevich.  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ

### MODELING PARAMETER ESTIMATION IN TECHNOLOGICAL PROBLEMS

Аннотация. В работе рассматриваются подходы к анализу технологических процессов методами регрессионного моделирования. Оцениваются параметры процесса и их влияние на эффективность производства. Определяется целесообразность применения классических подходов и выявляются наиболее эффективные методы решения задачи.

Abstract. The paper analyzes technological processes using regression modeling methods. Process parameters and their impact on production efficiency are evaluated. Conclusions are drawn about the expediency of applying classical approaches and possible methods for solving the problem are determined.

Ключевые слова: регрессия, нейронные сети, машинное обучение, производственный процесс.

Keywords: regression, neural networks, machine learning, production process.

Оборудование, используемое в современном производстве, позволяет получать информацию о технологическом процессе, контролировать значения производственных параметров в реальном времени. Формируемый набор имеет большую ценность с точки зрения анализа и выбора стратегии по управлению производством.

В работе в качестве инструмента анализа выбираются классические методы регрессионного анализа, учитывая специфику имеющейся информации.

Оценка результатов моделирования, влияния одной или нескольких независимых переменных на зависимую переменную, производится по следующим критериям. Из всего набора данных выбирается два параметра, и для каждой пары определяется коэффициент детерминации. Таким образом, проверяется зависимость между всеми параметрами. Теснота связи оценивается по шкале Чеддока (таблица 1).

Таблица 1 – Шкала Чеддока

Коэффициент детерминации	Качественная характеристика силы связи
0,1-0,3	Слабая
0,3-0,5	Умеренная
0,5-0,7	Заметная
0,7-0,9	Высокая
0,9-0,99	Весьма высокая

Для решения задачи прогнозирования рассматриваются данные в виде таблицы (таблица 2).

Таблица 2 – Разметка файла

Время работы (ч.)	Железо (%)	Мышьяк (%)	...	Хлориды (г/кг)
24	10.3	3.01	...	2.70
24	9.8	9.5	...	3.9
24	20.1	10.3	...	4.05

В качестве примера представляются два вида функций (1, 2) у которых коэффициент детерминации имеет лучшие значения. Графики функций представлены на рисунках 1, 2.

Функции:

$$y = a + bx^{0.5} + cx + dx^{1.5} + ex^2 + fx^{2.5} + gx^3 + hx^{3.5} + ix^4 + jx^{4.5} + kx^5 \quad (1)$$

( $a = 0,1367$ ,  $b = 18409404$ ,  $c = -4.5384$ ,  $d = 4,42326$ ,  $e = -1.91109$ ,  $f = 5,146586$ ,  $g = 3,3305$ ,  $h = -1,631326$ ,  $i = 3.76998$ ,  $j = -4.4827$ ,  $k = 2.20989$ ), с коэффициентом детерминации равным 0,3.

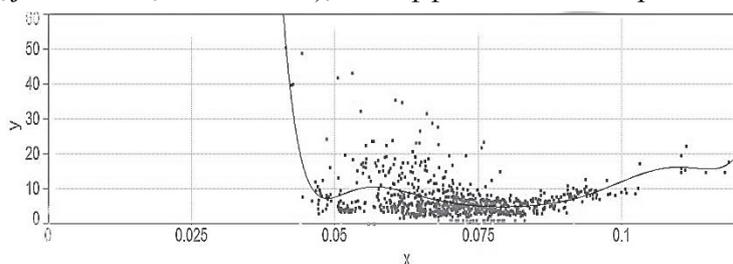


Рисунок 1 – График функции 1

Где множество точек – это фактические данные, а линия – расчеты значений функции.

Оценка полученных зависимостей показывает низкую надежность предлагаемого уравнения.

$$y = a + bx^{0.5} + cx + dx^{1.5} + ex^2 + fx^{2.5} + gx^3 + hx^{3.5} + ix^4 \quad (2)$$

( $a = 1,27$ ,  $b = -3,83$ ,  $c = 5,02$ ,  $d = -3,75$ ,  $e = 1,74$ ,  $f = -5,16$ ,  $g = 9,52$ ,  $h = -9,99$ ,  $i = 4,56$ ), с коэффициентом детерминации равным 0,4.

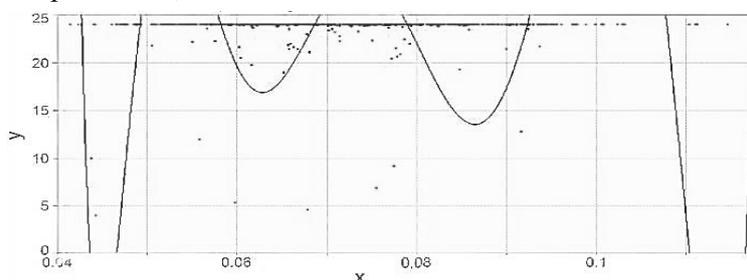


Рисунок 2 – График функции 2

Где множество точек – это фактические данные, а линия – расчеты значений функции.

Коэффициент детерминации представленного уравнения указывает на умеренную связь, но надежность результатов, полученных с помощью зависимости низкая. Приведенные функции имеют большие по сравнению с аналогами значения коэффициента детерминации, но не обеспечивают надежных связей. Аналитических зависимостей имеющих высокую или очень высокую связь по шкале Чеддока нет.

Анализ множественных зависимостей не позволяет найти аналитическую зависимость, обеспечивающую требуемую точность. Требуется другие подходы к выявлению зависимостей, предлагается рассмотреть методы машинного обучения для решения поставленной задачи.

К машинным методам относятся:

1. Нейронные сети;
2. Дерево решений;
3. «Случайный лес»;
4. Кластеризация.

К проверке точности полученного результата обученной модели будут применены следующие метрики:

1. MSE;
2. MAE;

3. R2;
4. EVS;
5. ME;
6. Median AE;
7. MAPE.

Провести анализ имеющихся моделей и алгоритмов интеллектуального анализа данных и реализовать их для указанной проблемы планируется в дальнейших исследованиях.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Жарикова, Е. П. Методы контроля нештатных ситуаций в процессах транспортировки и переработки нефтепродуктов / Жарикова Е.П., Лосев Р.А., Григорьев Я. Ю. // В сборнике: актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре. 2021. С. 177–180.

2 Жарикова, Е. П. Применение искусственного интеллекта в задачах анализа состояния акваторий / Жарикова Е.П., Григорьев Я. Ю., Григорьева А.Л. // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 2. № 2 (52). С. 129 – 133.

3 Федосенко, В. Б. Задача оптимизации технологического процесса строительства в климатических условиях хабаровского края / Федосенко В.Б., Григорьев Я.Ю., Григорьева А.Л. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2010. Т. 1. № 3. С. 122 – 126.

4 Челухин, В. А. Применение математических моделей в информационных технологиях / В. А. Челухин, В. А. Абрамсон // Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ». 2021. С. 117 – 120.

5 Амосов, О. С. Оценивание случайных последовательностей с использованием нечётких систем и кластеризации / О. С. Амосов, Д. С. Магола, Е. А. Малашевская // Информатика и системы управления. 2012. № 1 (31). С. 146 – 155.

6 Khanghah, E. R. Study of the relationship between overinvestment, leverage, and liquidity in companies listed in tehran stock exchange / E. R. Khanghah, B. Partovi // Revista Genero & Direito. 2020. № 9 (2). P. 558-572.

7 Pivnicka, K. Fish species-diversity in small czech and moravian streams / K. Pivnicka, J. Rouppe; M. Svatora, 1995. № 40 (4). P. 177-180.

8 Андрейчиков, А. З. Интеллектуальные информационные системы / А. З. Андрейчиков, О. Н. Андрейчикова // М.: Финансы и статистика. – 2004. 424 с.

9 Бардин, А. К. Особенности оценки эффективности производственных процессов при их дифференциации / А. К. Бардин, В. Е. Сайкинов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. № 124. С. 1493 – 1504.

10 Попова, О. В. Моделирование системы контроля освещённости / Попова О.В., Григорьев Я.Ю., Жарикова Е.П., Григорьева А.Л. // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. 2021. № 1 (49). С. 10 – 18.

УДК 65.011.8

Семенов Иван Андреевич, аспирант; Semenov Ivan Andreevich  
Академия труда и социальных отношений

#### **ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК В ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПАНИЯХ КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО И ЛОГИСТИКУ**

#### **DIGITAL TWINS OF THE SUPPLY CHAIN IN INDUSTRIAL COMPANIES AS A WAY TO OPTIMIZE THE COSTS OF PRODUCTION AND LOGISTICS**

Аннотация: Цифровизация всё большими шагами охватывает различные отрасли экономики России. В то время, как компании, непосредственно взаимодействующие с клиентами, направлены на скорость доставки, высокий сервис, удобный интерфейс приложений и прочие аспекты борьбы на «последней миле», компании более крупных масштабов сконцентрированы на бесперебойности производства, гибкости, оптимальном запасе и низких затратах на производство. Про-

мышленные холдинги, которые обладают высокоэффективными производственными процессами и хорошо выстроенной цепью поставок чаще сталкиваются с проблемой поиска дополнительных способов оптимизации процессов. Благодаря цифровизации в последние годы для таких компаний стали доступны новые решения в области управления производством, закупкой и логистикой. Ими стали цифровые двойники - специализированные программные обеспечения способные найти то, что не видит человек.

Abstract: Digitalization spans different Russian economic sectors more and more. On one hand, companies working with direct clients focused on time of delivery, high service, comfortable interface of apps and other sides of “last mile” challenge, but on the other hand big scale companies are concentrated on serviceability of production, flexibility, stock optimization and low production costs. Industrial holding companies which already have high-effective production processes and well-constructed supply chain face with problem of searching new methods of process optimization much frequently. Thanks to digitalization in last several years new solutions in production, logistics and purchase management are explored for these companies. These solutions are digital twins. It is specialized software able to find what human are not able to see.

Ключевые слова: цифровизация, цифровой двойник, greenfield, brownfield, оптимизация затрат, дорожная карта.

Keywords: digitalization, digital twin, greenfield, brownfield, cost optimization, roadmap.

Среди различных стратегий развития цепочки поставок особое место занимает стратегия автоматизации и роботизации. Частичным способом реализации этой стратегии являются так называемые цифровые двойники. «Цифровой двойник» логистической цепи представляет собой математическую модель, которая полностью повторяет принципы действия в supply chain (управление цепью поставок). По сути, это виртуальный двойник совокупности реальных бизнес-процессов. Математический анализ, который в них используется, подвергает сомнениям фундаментальные убеждения даже самых опытных специалистов и помогает находить наиболее выгодные с точки зрения бизнеса варианты [5].

Для пользователя цифровой двойник является программным обеспечением, которое строит математическую модель. Данная программа позволяет находить слабые места в производственных, закупочных и логистических блоках. Для сложных долгосрочных проектов цифровой двойник может заменить ТСО модели, расчёт которых во многих областях промышленности является способом поиска единственного верного решения [1,2,3].

Чтобы новому пользователю понять, какая экономия будет от внедрения цифрового двойника, достаточно за пример взять выполненные ранее проекты по внедрению цифрового двойника от других компаний и спроецировать процент оптимизации на реалии своей цепи поставок [6]. Сейчас компании принимают решения больше инвестировать ресурсы и бюджеты в подобные разработки. Так по данным DHL рынок цифровых двойников будет расти более чем на 38% ежегодно и к 2025 году достигнет отметки в 26 млрд долларов [9].

Для более эффективного взаимодействия существует распротраненная дорожная карта (Roadmap) реализации проекта, в ходе которой используется четыре разных модели цифрового двойника. Она представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Модели для запуска цифрового двойника

Параметры	Модель №1 Базовая	Модель №2 Greenfield	Модель №3 Brownfield	Модель №4 Дорожная карта
Тип модели	На один период			Мультипериодная модель
Ожидаемый результат	Оптимизация затрат	Идеальная цепь поставок	Целевая цепь поставок	Эволюция цепи поставок
Нужный период	2021 год	2021 год	2030 год	2021-2030
Входные данные по инфраструктуре	Текущая	Потенциальная	Текущая и потенциальная	Текущая и потенциальная

Данный подход был использован при внедрении в крупных производственных компаниях цифрового двойника Llamasoft Supply Chain Guru [4]. Теперь рассмотрим, что можно получить после построения в этой программе каждой из моделей.

В базовой модели используется список текущих инфраструктурных объектов, текущих условий запуска новых производств, стандартов по выбору поставщиков, критичных точек входов и выходов логистики, требований к уровню запаса, кондициям хранения, существующие тарифы на транспорт, склад и прочее. В начале в программу заносятся с обязательными условиями все существующие процессы и максимально приближенная версия текущей цепи поставок, модель работы производства и планы закупок. Для качественной реализации модели данные должны быть очень точными и применимыми при фактической реализации модели. Именно от их качества и точности будет зависеть будущий результат. Собственно, в этом и заключается принцип «garbage in – garbage out», что в переводе с английского означает «мусор на входе – мусор на выходе»: при неверных входящих данных результат тоже будет неверным, даже если сам алгоритм получения результата работает идеально [7]. После этого программу запускают второй раз, в ходе которого программа строит оптимальную вариацию цепи поставок, распределения планов по производствам и выбирает оптимальных поставщиков для закупки. В ходе этой модели возможно сделать вывод о тех потерях, которые были понесены компанией за указанный период и построить краткосрочный план по выполнению проектов в производстве и цепи поставок. Например: благодаря подобной модели, можно рассмотреть перераспределение производственных планов между разными фабриками и места снабжению клиентов.

Основными позитивными сторонами этой модели является простота выполнения, выдача быстрого эффективного результата для получения экономии в данный момент. Отрицательными сторонами является отсутствие стратегической идеи и цели, возможное опоздание с предложением путей оптимизации, а предложенные решения могут уже быть известны, но не реализованы по каким-либо другим мотивам (политическим, внутренним требованиям компании и тп).

В модели Greenfield строится идеальная цепь поставок, когда нет никаких ограничений, также в данной модели привязка идёт не к локациям инфраструктуры, а к потребностям со стороны клиентов и возможностей для развития инфраструктуры в определённых регионах. Определить главную цель данной модели можно так: «Так бы выглядел бизнес, если бы сейчас мы его начали с нуля».

Позитивными сторонами данной модели является альтернативная цепочка поставок более правильная чем существующая и показывающая какие процессы надо было делать кардинально по-другому. Главной отрицательной стороной является отсутствие практичности в применение знаний из этой модели. Например, если завод 20 лет назад был построен в Санкт-Петербурге, а в течение 20 лет функционирования компании центр потребности со стороны клиентов сместился в Поволжский регион, то шансы переноса производства крайне низки, так как требуют капитальных затрат.

В модели Brownfield строится цепь поставок и новые инфраструктурные объекты, исходя из планов по развитию компании к 2030 году. В данной модели не ставятся ограничений на развитие будущих объектов, привязку к локациям и на потенциальных поставщиков. Таким образом получается модель, в которой к 2022 году всё остается таким, какое оно есть сейчас, а к 2030 рассматривается возможность развития без всяких ограничений со стороны пользователя, кроме плана роста продаж. Цель данной модели – посмотреть наиболее оптимальную цель на 2030 год и возможности развития, которых, возможно нет в стратегии компании.

Положительными сторонами данной модели являются предложения по принятию стратегических решений на годы вперёд, такие как закупка нового оборудования, строительство завода, строительство склада, перевод на аутсорсинг некоторых производственных и логистических операций, запуск новых форматов продукции (например, уменьшение или увеличение размеров коробок и упаковки под продукцию). Негативными сторонами являются отсутствие детализации подобных предложений и отсутствие возможности посчитать прочие внешние и внутренние факторы.

В последней модели – дорожной карте строится цепь поставок с учётом внесения важных дат и точек развития, предусмотренных стратегией компании, также ограничения касаются видения компании по переходу в те или иные регионы, использования видов сырья, максимальные

размеры одного распределительного центра и прочее. Учитывая все вводные, программа строит поэтапное развитие стратегии от года к году на 9-10 лет (2022-2030).

Положительные стороны данной модели заключаются в детально разработанном плане развития производства и цепи поставок, который согласован со стратегическим видением компании. Отрицательные заключаются в том, что какой бы детальной не была математическая модель, она всё равно не может учесть все внешние факторы, которые могут случиться в ближайшие 10 лет.

После внедрения цифрового двойника потенциальные результаты, полученные программой, могут не быть реализованы на все 100%. Это связано с двумя факторами. Первый из них – плохое качество данных в модели. Второй риск – недоверие со стороны персонала компании. За ошибки на производстве отвечают люди, поэтому они предпочитают полагаться на свой опыт, а не на прогнозы системы [8].

Чаще всего цифровые двойники встречаются в производственных компаниях сферы продуктов народного потребления и тяжёлой промышленности. Примером удачной реализации двойника здесь может послужить компания «Сибур». Компания реализовала собственную систему управления инженерными данными, собрав в ней всю информацию по оборудованию, включая его место в производственной цепочке, нормативные режимы работы, частоту обслуживания, геометрические и технические характеристики и т.д. Надежное хранение и автоматизированная обработка данных позволяет сократить временные затраты и число ошибок при обслуживании, ремонте и заказе запчастей [10].

Таким образом, цифровой двойник может быть полезным инструментом для оптимизации затрат в компании, поиска наиболее правильных способов реализации стратегии, следования современным тенденциям развития. Благодаря внедрению цифрового двойника компания может найти скрытые преимущества и оставаться лидером рынка на долгие годы вперед.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Семенов И.А., Дивина Т.В. ТСО модель для процесса сезонной закупки сырья в пищевой промышленности // Экономическая среда 2021. – №3 (37). – С. 12-16.

2 Дивина Т.В., Сычева Н.А. Технологическая логистика современного промышленного производства // Экономическая среда. – 2021. – №2 (36). – С. 21-26

3 Дивина Т. В. Основные организационно-экономические модули стратегического планирования промышленного производства // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. - 2017. - № 8-5(55). - С. 111-115.

4 Llamasoft от Корпус Консалтинг [Электронный ресурс]. – URL: <https://supplychain.korusconsulting.ru/platform> ;

5 «Цифровые двойники» в логистике: как математика помогает экономить [Электронный ресурс]. – URL: <https://korusconsulting.ru/press-center/publications/tsifrovye-dvoyniki-v-logistike-kak-matematika-pomogaet-ekonomit/>;

6 12 самых распространенных вопросов от ритейлеров [Электронный ресурс]. – URL: [https://new-retail.ru/tehnologii/faq\\_po\\_tsifrovym\\_dvoynikam\\_12\\_samykh\\_rasprostranennykh\\_voprosov\\_ot\\_riteylerov1251/](https://new-retail.ru/tehnologii/faq_po_tsifrovym_dvoynikam_12_samykh_rasprostranennykh_voprosov_ot_riteylerov1251/) ;

7 Data Review: Принцип «garbage in — garbage out» при анализе данных [Электронный ресурс]. – URL: <http://datareview.info/article/printsip-garbage-in-garbage-out-pri-analize-dannyih/> ;

8 Jet Info: Цифровые двойники на производстве [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.jetinfo.ru/czifrovye-dvojniki-na-proizvodstve/> ;

9 Logistics.ru: Исследование трендов DHL: введение цифровых двойников позволит оптимизировать логистические операции [Электронный ресурс]. – URL: <https://logistics.ru/avtomatizaciya-logistiki/issledovanie-trendov-dhl-vvedenie-cifrovyykh-dvoynikov-pozvolit> ;

10 Big Data: Реальная цифровизация: 7 примеров эффективного внедрения big data, plm и iiot в промышленности [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.bigdataschool.ru/blog/digital-twin-use-cases-industry.html>

## О МОДЕЛИРОВАНИИ НАПОЛНЕННЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

### ON MODELING OF FILLED SYSTEMS BY MONTE-CARLO METHOD

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию вопроса о моделировании наполненных систем со сферическими частицами одинакового диаметра. Сравниваются алгоритмы построения распределений количества прослоек связующего по толщине в случае фронта, сферы и цилиндра. Abstract. This work is devoted to the study of the modeling of filled systems with spherical particles of the same diameter. Algorithms for constructing distributions of the number of binder layers by thickness in the case of a front, sphere and cylinder are compared.

Ключевые слова: наполненные системы, прослойка связующего.  
 Keywords: filled systems, binder layer.

Толщина прослойки связующего [1, с. 73], а также распределение значений таких толщин в каком-либо образце являются важнейшими характеристиками наполненных систем, поскольку оказывают заметное влияние на свойства материалов. При моделировании таких систем широко используются методы Монте-Карло. В тех случаях, когда макроскопический образец имеет форму параллелепипеда, шара или цилиндра, соответствующие алгоритмы моделирования и исследования моделей имеют много общего, но характеризуются и своими особенностями. Соответствующий сравнительный анализ выполнен в форме таблиц, представленных далее.

При составлении программного кода для исследования распределения толщин прослоек связующего по фронту, сфере или цилиндру могут понадобиться величины, примерный перечень которых представлен ниже. Величины, одинаковые во всех трех случаях, представлены в виде списка, остальные величины, особенные для каждого случая, сравниваются в таблице 1.

Примерный перечень величин:

$b$  – вспомогательная булевская переменная для ответов на следующие вопросы: а) перекрывается ли новая предполагаемая частица с уже размещенными в образце (при некоторых вариантах алгоритма эта переменная может и не понадобиться); б) попадаем ли мы внутрь какой-либо частицы при продвижении по заданному лучу при построении распределения количества прослоек связующего по толщине;

$k$  – счетчик для проверки расстояний между новой предполагаемой частицей и размещенными в образце;

$i$  – счетчик частиц, которые уже удалось разместить в образце;

$j$  – счетчик неудачных попыток при поиске места для новой частицы в образце;

$p$  – итоговое количество частиц, которые удалось разместить в образце;

$r$  – радиус частиц (одинаковый для всех частиц, хотя можно допустить и некоторый разброс в заданных границах; в этом случае должен быть задействован и метод Монте-Карло);

$l_c$  – толщина прослойки связующего;

$dx$  – величина шага при продвижении по лучу (в заданное количество раз меньшая линейных размеров образца), а также возможная добавка к  $l_c$ .

Могут быть использованы также вспомогательный массив  $T$  при построении распределения количества прослоек связующего по значениям толщин прослоек, а также переменные целого типа для организации двойного цикла при задании лучей без метода Монте-Карло.

Следует отметить, что значение  $p$  не может превышать максимально допустимое, реализуемое при плотнейшей упаковке, когда коэффициент заполнения равен [2, с. 534, 535]

$$w = \pi / (3\sqrt{2}). \quad (1)$$

Таблица 1 – Величины, которые различаются при исследовании моделей наполненных систем в случае параллелепипеда, шара и цилиндра

Величины	Исследование по фронту	Исследование по сфере	Исследование по цилиндру
Линейные размеры образца	$L_x, L_y, L_z$ – длина, ширина и высота параллелепипеда (одна из вершин расположена в начале координат)	$D$ – диаметр шара (центр расположен в начале координат)	$D$ – диаметр цилиндра, $H$ – высота цилиндра (центр нижнего основания расположен в начале координат)
Значение $n$	целая часть от $L_x L_y L_z / (4\sqrt{2}r^3)$	целая часть от $\pi D^3 / (24\sqrt{2}r^3)$	целая часть от $\pi D^2 H / (16\sqrt{2}r^3)$
Массивы для координат размещенных частиц	$X, Y, Z$ – массивы размерности $n$ для абсцисс, ординат и аппликата, соответственно	$X, Ph, Th$ – массивы размерности $n$ для расстояний от центра шара, направляющих углов $\varphi$ и $\theta$ , соответственно	$X, Ph, Z$ – массивы размерности $n$ для расстояний от оси цилиндра, направляющих углов $\varphi$ и аппликата, соответственно

Таблица 2 – Типы используемых величин

Величины	Булевские	Целые	Вещественные	Массивы вещественных
Примеры	$b$	$i, j, k, p, n$	$r, l_c, dx, p, n, L_x, L_y, L_z, D, H$	$X, Y, Z, Ph, Th$

Можно выделить следующие основные этапы моделирования наполненных систем.

I. Задание всех необходимых величин (перечислены выше).

IIА. Заполнение образца частицами.

2.1. Генерируем координаты первой частицы методом Монте-Карло с такими ограничениями, чтобы частица наверняка попала внутрь образца.

2.2. Для каждой последующей частицы делаем то же самое, но проходим цикл (с использованием переменной  $i$ ) по уже размещенным частицам, проверяя, не перекрывается ли с ними новая предполагаемая частица. Результат фиксируем с помощью переменной  $b$ .

2.3. При наличии перекрытия не запоминаем частицу и повторяем пункт 2.2 для прежней совокупности частиц, при этом ведем счет неудачных попыток с помощью переменной  $j$ . В отсутствие перекрытия запоминаем новую частицу и повторяем пункт 2.2 для следующей частицы, предварительно обнулив счетчик по  $j$ .

2.4. Завершаем этап IIА в одном из 2 случаев: а) количество уже размещенных частиц сравнялось с  $n$  (что в случае метода Монте-Карло практически невозможно); б) значение  $j$  превысило заданную величину (например,  $n$ ).

IIБ. Прохождение по лучам через образец.

2.5. Принципы выбора начала и направления каждого луча представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Выбор начала и направления лучей при исследовании моделей наполненных систем в случае параллелепипеда, шара и цилиндра

	Исследование по фронту	Исследование по сфере	Исследование по цилиндру
Начало луча	на выбранной плоскости (фронтальной)	в центре шара	на оси цилиндра
Особенности направления	перпендикулярно выбранной плоскости (фронтальной)	любое направление	перпендикулярно оси цилиндра
Задание в случае метода Монте-Карло	абсциссы и ординаты начальных точек в выбранной плоскости	направляющие углы $\varphi$ и $\theta$ (в пределах от 0 до $2\pi$ и от 0 до $\pi$ , соответственно)	аппликата начальной точки на оси цилиндра и направляющий угол $\varphi$ (в пределах от 0 до $2\pi$ )
Задание без метода Монте-Карло (в виде двойного цикла)	в выбранной плоскости с заданным шагом перебираются все точки вдоль двух координатных осей	с заданным шагом перебираются значения направляющих углов $\varphi$ и $\theta$ (в тех же пределах, что и выше)	с заданным шагом перебираются значения аппликаты и направляющего угла $\varphi$ (в тех же пределах, что и выше)

2.6. Полагаем  $l_c = 0$  и движемся по лучу, прибавляя  $dx$  к  $l_c$ , каждый раз проходя цикл по всем частицам и проверяя возможное попадание внутрь какой-либо из них (результат можно фиксировать с помощью переменной  $b$ ).

2.7. В случае попадания запоминаем, в какой интервал попало значение  $l_c$  (например,  $T[1000 \cdot \text{trunc}(l_c/D)] = T[1000 \cdot \text{trunc}(l_c/D)] + 1$  в случае шара, если  $dx = D/1000$ ), после чего возвращаемся к пункту 2.6.

2.8. Так продолжаем, пока не выйдем за пределы образца.

III. Вывод результатов и построение распределения.

Материалы публикации могут быть использованы студентами и преподавателями в образовательном процессе, в том числе при изучении таких дисциплин, как механика сплошных сред, основы математического моделирования и другие.

При подготовке данной публикации были использованы сведения из конспектов лекций С. С. Секержицкого, за что авторы выражают ему благодарность.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Балыкин, В. П. Активация физико-химических процессов формирования прослойки связующего и энергетические параметры смешивания пекоуглеродных масс. / В. П. Балыкин. // Вестник Челябинского государственного университета. Том 4. – 1996. – № 1. – С. 73 – 80.

2 Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1975. – Т. 2 : Термодинамика и молекулярная физика. – 552 с.

УДК 514.01:531.01

Сомин Вадим Игоревич, студент; Somin Vadim Igorevich

Широкова Зинаида Васильевна, кандидат технических наук, доцент; Shirokova Zinaida Vasilevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## НЕВОЗМОЖНОСТЬ ВЕЧНОГО ДВИГАТЕЛЯ КАК СПОСОБ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ТЕОРЕМЫ ПИФАГОРА

### THE IMPOSSIBILITY OF PERPETUAL MOTION MACHINE AS A PROOF OF THE PYTHAGOREAN THEOREM

Аннотация. Статья посвящена описанию оригинального способа доказательства теоремы Пифагора, основанном на физическом постулате о невозможности существования вечного двигателя.

Abstract. The article is devoted to the description of the Pythagorean theorem provement which is based on physical postulate of a perpetual motion machine existance impossibility.

Ключевые слова: вечный двигатель, момент силы, теорема Пифагора, равнодействующая сил.

Keywords: perpetual motion machine, moment of force, the Pythagorean theorem, resulting force.

Как известно, моментом силы  $F$  относительно оси  $Z$  называется величина, равная произведению проекции этой силы на плоскость, перпендикулярную оси  $Z$ , на величину расстояния от оси  $Z$  до линии действия силы  $F$  (1) (рисунок 1):

$$M_z(F) = F' \cdot d, \quad (1)$$

где  $M_z(F)$  – момент силы  $F$  относительно оси  $Z$ ;

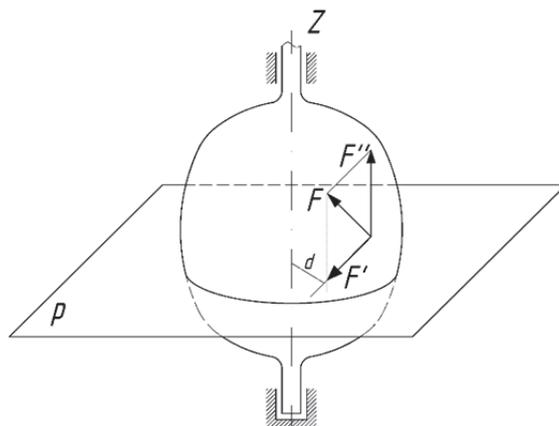
$F'$  – проекция силы  $F$  на плоскость, перпендикулярную оси  $Z$ ;

$d$  – расстояние от оси  $Z$  до линии действия силы  $F$  (плечо силы  $F$ ).

Принято считать момент силы, вращающий тело по часовой стрелке, положительным, а против часовой – отрицательным. Аналогично принимаются знаки проекций сил.

Если на тело действуют одновременно несколько сил, то результирующая сила, называемая равнодействующей этих сил  $R$ , равна сумме сил, действующих на тело, а момент равнодействующей  $R$  относительно оси  $Z$  равен алгебраической сумме моментов сил, взятых с соответствующими знаками (2):

$$M_Z(R) = M_Z(F_1) + M_Z(F_2) + \dots + M_Z(F_n). \quad (2)$$

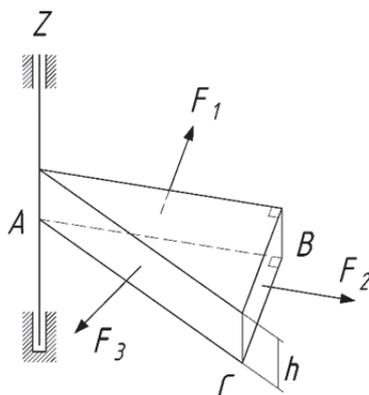


$Z$  – ось вращения тела;  $p$  – плоскость, перпендикулярная оси  $Z$ ;  
 $F$  – произвольная сила, действующая на тело;  $F'$  – проекция силы  $F$  на плоскость  $p$ ;  
 $F''$  – проекция силы  $F$  на ось  $Z$ ;  $d$  – плечо силы  $F$ .

Рисунок 1 – Схема определения момента силы  $F$ , действующей на тело, способного вращаться вокруг оси  $Z$

Согласно правилу моментов, для того, чтобы приложенные к телу силы, не вызывали его вращения, достаточно, чтобы алгебраическая сумма моментов этих сил была равна нулю.

Теперь рассмотрим сосуд с газом в виде прямой призмы, основанием которой является прямоугольный треугольник  $ABC$  (рисунок 2). Сосуд может свободно вращаться вокруг оси, проходящей через одно из его вертикальных ребер.



$Z$  – ось вращения сосуда (призмы);  $F_1, F_2, F_3$  – силы давления газа, действующая на стенки сосуда;  $h$  – высота сосуда.

Рисунок 2 – Схема определения моментов сил, действующей на сосуд в виде треугольной призмы

Представим, что на данный сосуд не действуют никакие внешние силы, включая силу тяготения Земли (например, сосуд может находиться в глубоком космосе на большом удалении от любых небесных тел). В этом случае сосуд, находящийся в покое, будет сохранять это состояние, поскольку при любом его положении он будет находиться в неизменных условиях. Если бы первоначальное положение, которое занимал сосуд, не являлось положением равновесия, то сосуд также не мог бы находиться в равновесии и в любом другом положении. Таким образом, мы получили бы вечный двигатель, что по определению невозможно.

Так как сосуд находится в состоянии покоя, силы давления газа на его боковые стенки  $F_1, F_2$  и  $F_3$  должны уравновешивать друг друга, соответственно, уравновешивают друг друга и моменты, создаваемые этими силами относительно оси  $Z$ . (Силы давления на основания призмы также уравновешивают друг друга, но не создают вращающего момента относительно оси  $Z$ , а потому не учитываются).

Из рисунка 2 видно, что силы  $F_1$  и  $F_2$  стремятся повернуть призму против часовой стрелки, а сила  $F_3$  – по часовой стрелке. Плечи этих сил равны половине соответствующей стороны треугольника. Отсюда можно записать правило моментов для призмы:

$$M_z(F_1) + M_z(F_2) = M_z(F_3), \quad (3)$$

$$F_1 \cdot \frac{AB}{2} + F_2 \cdot \frac{BC}{2} = F_3 \cdot \frac{AC}{2}. \quad (4)$$

С другой стороны, каждую из сил можно представить в виде:

$$F_1 = p \cdot S_1 = p \cdot (AB \cdot h), \quad (5)$$

$$F_2 = p \cdot S_2 = p \cdot (BC \cdot h), \quad (6)$$

$$F_3 = p \cdot S_3 = p \cdot (AC \cdot h), \quad (7)$$

где  $F_1, F_2, F_3$  – силы, действующие на грани призмы;

$S_1, S_2, S_3$  – площади соответствующих граней призмы;

$p$  – давление газа в сосуде;

$h$  – высота сосуда.

Подставляя выражения сил  $F_1, F_2, F_3$  из формул (5) – (7) в формулу (4), получим:

$$p \cdot (AB \cdot h) \cdot \frac{AB}{2} + p \cdot (BC \cdot h) \cdot \frac{BC}{2} = p \cdot (AC \cdot h) \cdot \frac{AC}{2}. \quad (8)$$

Сокращая левую и правую часть полученного выражения на величину  $ph/2$ , получаем:

$$AB^2 + BC^2 = AC^2.$$

Таким образом, квадрат гипотенузы прямоугольного треугольника равен сумме квадратов его катетов. Теорема доказана.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Коган, Б.Ю. Невозможность вечного двигателя // Популярная лекция по математике. Приложение механики к геометрии / Б.Ю. Коган. – Москва, 1965. – Р. 2. – С. 15-18.
- 2 Трофимова, Т.И. Механика твердого тела // Курс физики / Т.И. Трофимова. – Москва, 1990. – Р. 4. – С. 33.
- 3 Ландсберг, Г.С. Элементарный учебник физики : учеб. пособие. В 2 т. Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика / Г.С. Ландсберг. – Москва, 1985. – С. 151.

УДК 683.3.06

Спиридонов Виталий Андреевич; Spiridonov Vitaly Andreevich  
Санкт-Петербургский НТЦ ФГУП «НПП «Гамма»

#### АЛГОРИТМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПОРОЖДАЮЩЕГО ФАЗЗИНГА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕДОСТАТКОВ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ ПОСРЕДСТВОМ АТАК XSS

#### GENERATIVE FUZZING ALGORITHM FOR DETECTING WEB APPLICATION FLAWS THROUGH XSS ATTACKS

Аннотация. В статье рассматривается алгоритм, использующий порождающий фаззинг, такой подход может гарантировать обнаружение большего количества недостатков.

Abstract. Article discusses an algorithm that uses generative fuzzing, this approach can guarantee detection of more flaws

Ключевые слова: информационная безопасность, уязвимости.

Keywords: information security, vulnerabilities.

В настоящее время специалисты в области информационной безопасности предпочитают ручной анализ при проведении, например, аудита ИБ. С другой стороны, автоматизированное тестирование эффективнее обнаруживает большее количество недостатков за меньший временной интервал.

Фаззинг – технология тестирования программного обеспечения, когда вместо ожидаемых входных данных программе передаются случайные или специально сформированные данные. Фаззинг веб-приложений – это фаззинг с целью обнаружения распространенных веб-уязвимостей, в частности категории «Injection» согласно OWASP Top 10.

Тогда возникает вопрос, почему именно фаззинг-тестирование, а не другие подходы, например, статический анализ? Идея состоит в том, чтобы увеличить покрытие и вероятность обнаружения недостатков, внедряя различные пейлоады в user input. Статический анализ не позволит смоделировать реакцию такого приложения в режиме реального времени.

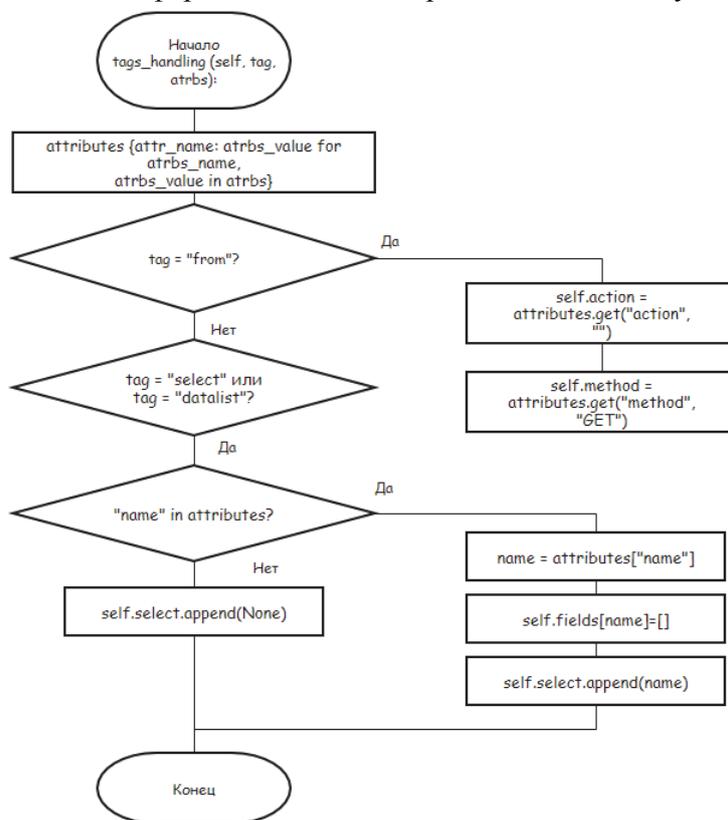
При этом в таком алгоритме необходимо стремиться к максимальному покрытию кода. В целях быстродействия исключается код, который не обрабатывает пользовательский ввод, проводится эвристический анализ и принимается решение.

В рамках статьи рассмотрен межсайтовый скриптинг, а именно, Stored XSS и Reflected XSS. Предлагается использовать алгоритм на основе порождающего фаззинга, который подразумевает построение грамматик входных данных на основе спецификаций (тип протоколов, формат сетевых пакетов и т.д.). В данном случае это будут URL-адреса, представляющие запросы к веб-серверу с передаваемыми параметрами.

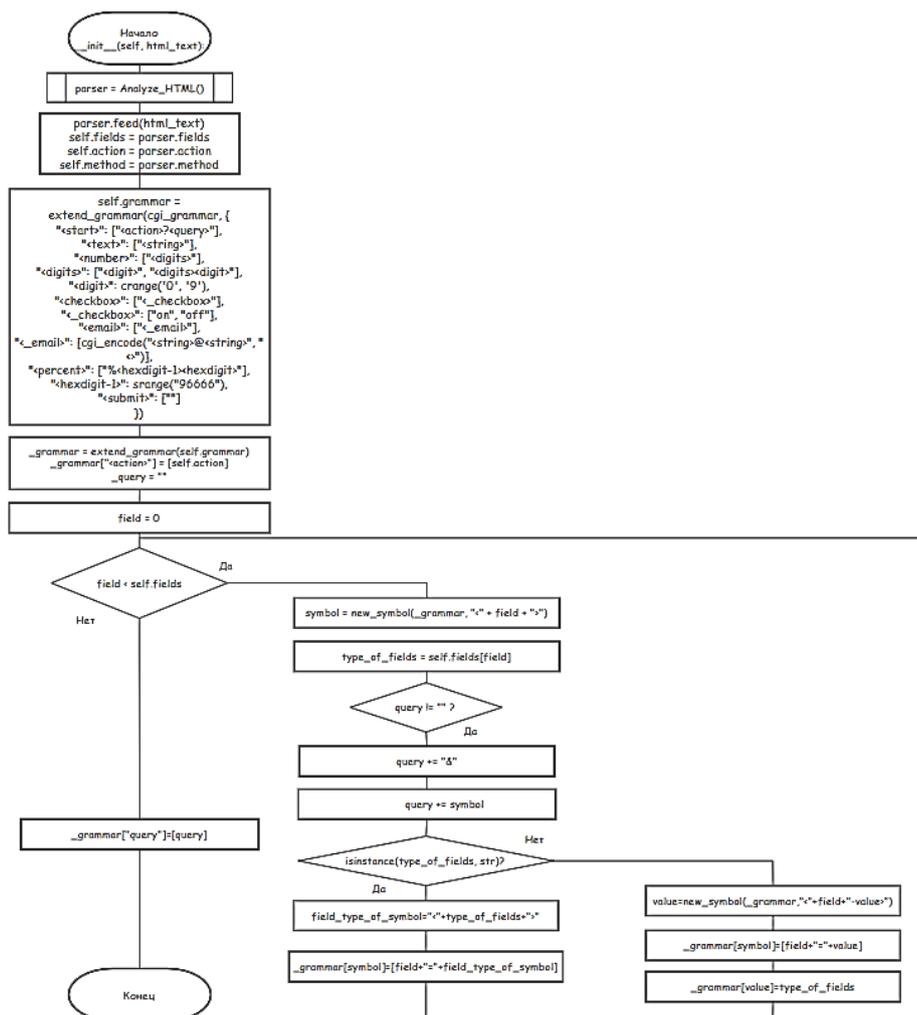
Для эксплуатации Stored XSS атакующий передает на сервер вредоносный код, который сохраняется в базу данных. При отправке HTML-формы на сервер формируется HTTP-запрос. Полученные данные на стороне сервера обрабатываются и сохраняются в БД. При отсутствии на стороне сервера средства защиты от атак межсайтового скриптинга, существует вероятность внедрения кода, который при следующем извлечении из БД, будет выполняться на стороне клиента.

Для эксплуатации Reflected XSS атакующий отправляет запрос на сервер, содержащий вредоносный код в параметрах. При отсутствии средств защиты на стороне сервера, запрос будет отправлен обратно клиенту и обработан таким образом, что вредоносный код будет исполнен.

Грамматика должна включать в себя структуру запроса, параметры и типы значений для каждого из параметров. Сперва необходимо проанализировать страницу на HTML-формы и соответствующих тегов, которые отвечают за взаимодействие с пользователем, например, <form>, <textarea>, <select>, <input>, <button> и другие. Далее требуется сохранить необходимые атрибуты. Частичная обработка HTML-формы может быть представлена в следующем виде:



В результате полученных данных происходит генерация грамматики.



Грамматика расширяется набором пейлоадов, с помощью которых можно проэксплуатировать XSS.

```
'<script>alert("XSS")</script>',
'"><img src=x onerror="alert("XSS")">',
'<style></style\x3E [Электронный ресурс].
- 2 Seclist <https://github.com/danielmiessler/SecLists/tree/master/Fuzzing/XSS> [Электронный ресурс].

УДК 621.9:519.8

Тимофеев Георгий Андреевич, аспирант; Timofeev Georgy Andreevich  
Бердоносков Виктор Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;  
Verdonosov Victor Dmitrievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ**

### **USING UP-TO-DATE DATA COLLECTION AND ANALYSIS TOOLS**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию использования актуальных инструментов для сбора и интеллектуального анализа данных, которые будут использованы для создания цифрового двойника для гибридных энергетических систем, предназначенных для поселений Крайнего Севера, изолированных от сетевых энергосистем.

Abstract. This paper is devoted to the study of the use of appropriate data collection and data mining tools that were used to create a twin for hybrid energy systems intended for settlements in the Far North, isolated from the grid.

Ключевые слова: Github, gismeteo, Python, BeautifulSoup, CSV, html, css, js, YouTrack, Цифровой двойник.

Keywords: Github, gismeteo, Python, BeautifulSoup, CSV, html, css, js, YouTrack, Digital Twin.

В настоящее время в России и мире всё активнее поднимаются и решаются вопросы, связанные с заменой ископаемого топлива на возобновляемые источники энергии. Огромные выбросы в атмосферу при использовании ископаемого топлива, не мало портят атмосферу и окружающую среду, что также входит в актуальные обсуждаемые проблемы. Россия входит в пятёрку стран по выбросу вредных веществ. Эксперты Счетной палаты, проанализировав воспроизводство минерально-сырьевой базы РФ, пришли к выводу, что обеспеченность добычи разведанными запасами разрабатываемых месторождений нефти составляет порядка 35 лет. Актуальность темы вызывает также, что вред экологии при сгорании дизельного топлива образуется в несколько раз больше двуокиси азота (NO<sub>2</sub>). В таких местах могут применяться автономные гибридные энергетические системы (АГЭС). В каждом таком населённом пункте могут быть различные условия потребления энергии, это вызывает затруднительность здоровой оценки запасов электроэнергии. Большое количество исследователей отмечают, что основные проблемы автономных гибридных энергетических систем (АГЭС) связаны с накопителями. В качестве накопителей могут использоваться: электрические аккумуляторы, суперконденсаторы, водородные накопители, гидронакопители и так далее. Проблемы их выбора связаны с характером работы этих накопителей. Существуют различные варианты решения этой проблемы, наиболее эффективная это Цифровой двойник. Технология цифровых двойников помогает детально разобраться в работе моделируемых систем и понять их взаимозависимости. Благодаря использованию цифрового двойника возможно проведение экспериментов, анализа и наглядного представления данных по использованию разных вариантов накопителей и выбора оптимального плана использования источников энергии. Первым этапом формирования цифрового двойника стал сбор погодных данных по населённым пунктам хабаровского края. Так как сбор данных вручную будет занимать продолжительное время для 50 поселков это порядка 150 часов работы и не исключается человеческий фактор, который бы внес ошибки в формируемый набор данных. Было принято решение о создании программы для автоматического сбора информации о погоде с сайта "Дневник погоды" gismeteo. В качестве языка программирования был выбран Python, из-за простоты в установке, бесплатной лицензии и использования библиотек для анализа структуры сайта и его разбора. Перед началом разработки был сформирован список населённых пунктов для сбора информации с сайта дневника погоды, для формирования url, что бы программа смогла собрать данные. Для разбора страницы использовалась бесплатная библиотека «BeautifulSoup». С ее помощью удалось забирать определенные строки на странице и записывать их значения. В качестве системы управления версиями для хранения изменений программы использовался «github». Проведя несколько экспериментов, было выявлено сколько времени программа тратит на разбор 1 страни-

цы и для более эффективного и наглядного управление программой внедрен расчет времени работы программы, и подсчет количества операций. После старта операции будет выведено количество операций и примерное время работы программы (рисунок 1).

```

Debugger Console
C:\Users\timof\AppData\Local\Programs\Python\Python310\python.exe "C:\
Connected to pydev debugger (build 213.6461.77)
Connect
Всего операций: 3096
время ожидания: 108.36 минут
Текущая операция № 1. Джигда За 2016-01 . осталось операций: 3095
  
```

Рисунок 1 – Старт работы программы

После старта проходя каждый поселок формируются файлы выгрузки с данными в виде «csv» и «json» файлов, которые потом можно импортировать в любые электронные таблицы или базы данных. Формируется общий файл с выгрузкой всех поселков за указанные сроки в программы, а также отдельно за каждый месяц, если не нужны все данные (рисунок 2–3).

```

id города,Дата,Температура день,давление день,облачность день,явления день,ветер день,Температура вечер,давление вечер,облачность вечер,явления вечер,ветер вечер
233911,2016-01-01,-19,758,ясно,-,3 2м/с,-25,758,ясно,-,3 2м/с
233911,2016-01-02,-20,752,ясно,-,ЮЗ 2м/с,-25,751,ясно,-,ЮЗ 2м/с
233911,2016-01-03,-19,749,ясно,-,3 2м/с,-20,749,ясно,-,3 2м/с
233911,2016-01-04,-20,749,ясно,-,ЮЗ 1м/с,-27,750,ясно,-,ЮЗ 1м/с
233911,2016-01-05,-22,750,ясно,-,3 5м/с,-25,751,ясно,-,3 5м/с
233911,2016-01-06,-20,747,ясно,-,Ю 1м/с,-25,746,ясно,-,Ю 1м/с
  
```

Рисунок 2 – Результат работы программы

|    | A         | B          | C                | D             | E               | F            | G          | H                 | I              | J                |
|----|-----------|------------|------------------|---------------|-----------------|--------------|------------|-------------------|----------------|------------------|
| 1  | id города | Дата       | Температура день | давление день | облачность день | явления день | ветер день | Температура вечер | давление вечер | облачность вечер |
| 2  |           |            |                  |               |                 |              |            |                   |                |                  |
| 3  | 233911    | 01.01.2016 | -19              | 758           | ясно            | -            | 3 2м/с     | -25               | 758            | ясно             |
| 4  |           |            |                  |               |                 |              |            |                   |                |                  |
| 5  | 233911    | 02.01.2016 | -20              | 752           | ясно            | -            | ЮЗ 2м/с    | -25               | 751            | ясно             |
| 6  |           |            |                  |               |                 |              |            |                   |                |                  |
| 7  | 233911    | 03.01.2016 | -19              | 749           | ясно            | -            | 3 2м/с     | -20               | 749            | ясно             |
| 8  |           |            |                  |               |                 |              |            |                   |                |                  |
| 9  | 233911    | 04.01.2016 | -20              | 749           | ясно            | -            | ЮЗ 1м/с    | -27               | 750            | ясно             |
| 10 |           |            |                  |               |                 |              |            |                   |                |                  |
| 11 | 233911    | 05.01.2016 | -22              | 750           | ясно            | -            | 3 5м/с     | -25               | 751            | ясно             |
| 12 |           |            |                  |               |                 |              |            |                   |                |                  |
| 13 | 233911    | 06.01.2016 | -20              | 747           | ясно            | -            | Ю 1м/с     | -25               | 746            | ясно             |
| 14 |           |            |                  |               |                 |              |            |                   |                |                  |
| 15 | 233911    | 07.01.2016 | -16              | 745           | ясно            | -            | СЗ 5м/с    | -17               | 746            | пасмурно         |
| 16 |           |            |                  |               |                 |              |            |                   |                |                  |
| 17 | 233911    | 08.01.2016 | -16              | 749           | ясно            | -            | 3 3м/с     | -24               | 749            | ясно             |
| 18 |           |            |                  |               |                 |              |            |                   |                |                  |
| 19 | 233911    | 09.01.2016 | -21              | 752           | ясно            | -            | 3 3м/с     | -30               | 754            | ясно             |

Рисунок 3 – Импорт в электронные таблицы

В результате была написана программа для сбора данных погоды на сайте «дневник погоды» для последующего использования в создании цифрового двойника, который решит проблему использования ископаемого топлива в поселках Хабаровского края. Благодаря написанной программе можно будет экономить на сборе информации, на данный момент выгрузка составила 2 часа в автоматическом режиме, а не 150 часов в ручном. Также легко будет добавлять новые поселки, что позволит экономить время и ресурсы и далее.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Дэвис Дженнифер, Дэниел Кэтрин. Философия DevOps. Искусство управления IT – СПб.: Питер, 2017. – 416с.
- 2 Дневник погоды [Электронный ресурс] // gismetio прогноз погоды URL: <https://www.gismeteo.ru/diary/> (дата обращения 20.01.2021).
- 3 Парсинг с помощью Python [Электронный ресурс] // Важные истории URL: <https://stories.media/workshops/2021/09/10/parsing-s-pomoshchyu-python-urok-1/> (дата обращения 10.01.2021).
- 4 Rassolkin, A; Orosz, T; Demidova, GL; Kuts, V; Rjabsikov, V; Vaimann, T; Kallaste, A. 2021. Implementation of Digital Twins for electrical energy conversion systems in selected case studies. 19-39 DOI: <http://dx.doi.org/10.3176/proc.2021.1.03>
- 5 Sultanov, MM; Arakelyan, EK; Boldyrev, IA; Lunenko, VS; Menshikov, PD. 2021. Digital twins application in control systems for distributed generation of heat and electric energy. 89-101 DOI: <http://dx.doi.org/10.24425/ather.2021.137555>

УДК 004.94

Тихомиров Владимир Александрович, кандидат технических наук, профессор;

Tikhomirov Vladimir Aleksandrovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАССИРОВКИ ЭЛЕКТРОЖГУТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

### MATHEMATICAL MODEL OF ROUTING OF ELECTRIC BURNERS OF MACHINE-BUILDING PRODUCTS

Аннотация. В статье приводится общая математическая модель алгоритма трассировки электрожгута и нахождения множества клемм, расположенных на искомой трассе. Описывается программный модуль, используемый при тестировании и наладке функционирования электросистем, позволяющий резко сократить временные затраты на выполнение названных операций.

Abstract. The article provides a general mathematical model of the wiring tracing algorithm and finding the set of terminals located on the desired route. The software module used for testing and adjusting the functioning of electrical systems is described, which allows to sharply reduce the time spent on performing these operations.

Ключевые слова: электрожгут, трасса электрожгута, алгоритм обработки графа, математическая модель, программный модуль.

Keywords: an electroplait, a line of an electroplait, algorithm of processing the column, mathematical model, the program module.

Изделия специального машиностроения часто содержат множество блоков электрического и электронного оборудования, наладка и испытания которого требуют многократного поиска трасс, соединяющих клеммы этого оборудования [4]. Количество агрегатов в таких изделиях может достигать тысяч единиц, а количество клемм на них – десятки тысяч. Выполнять поиск контролируемых трасс по бумажным электросхемам оборудования – долго и не эффективно. Таким образом разработка программных средств автоматизации процесса поиска трасс проводов, соединяющих заданные клеммы заданных агрегатов, является задачей актуальной для повышения эффективности контрольно-наладочных работ в сфере общего и специального машиностроения [3].

В общем случае раскладка трасс жгутов электрооборудования машиностроительного изделия может быть промоделирована сетевым неориентированным графом (рис.1) в узлах которого находятся клеммы –  $k$ . Клеммы принадлежат определенным агрегатам –  $A$ , так что, с математической точки зрения, можно говорить о некотором множестве агрегатов  $A\{a_i\}$ , где  $i$  – индекс агрегата, пробегает значения от 1 до  $n$  – количества агрегатов в системе изделия.

В свою очередь, каждый агрегат (элемент множества)  $a_i$  содержит множество клемм  $K_i\{k_{ij}\}$ , где  $j$  – индекс клеммы, пробегает значения от 1 до  $m_i$  – количество клемм в агрегате с индексом  $i$ .

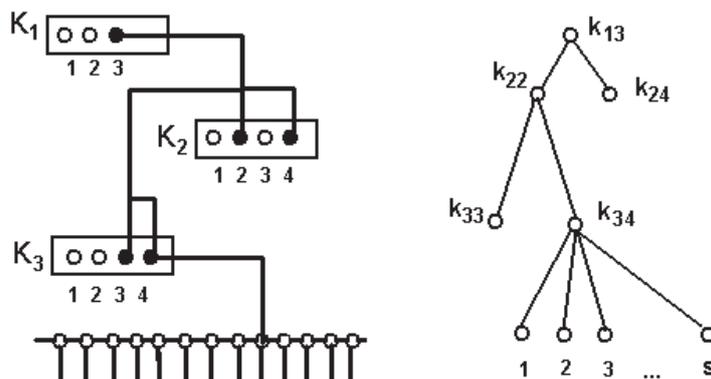


Рисунок 1 – Схема и граф трассы, соединяющей заданную клемму в электроцепи изделия

Задача определения трассы, связывающей заданную клемму  $k_{rp}$  с клеммами других агрегатов может быть записана, как поиск бинарного отношения  $T$ , определенного на множестве клемм агрегатов:

$$T_{rp} \subset \prod_{i=1}^n K_i \text{ при } k_{ij} = k_{rp}, \text{ где } 1 \leq r \leq n \text{ и } 1 \leq p \leq m_r \quad (1)$$

и означающего, что во множество  $T$  попадут только те пары множеств  $K_i$ , между элементами, у которых имеет место указанное отношение. Множество  $T$  будем называть трассой клеммы  $k$ , а пары соединённых клемм в этой трассе – сегментами трассы. В электросистему контролируемого изделия, как правило, входит множество трасс.

Для практического использования выражения (1) при построении алгоритмов поиска трасс электрожгутов, требуется дополнительно описание графа соединений (рис.1) в виде некоторой матрицы, определяющей эквивалентность (трассу соединений) элементов множеств. Бинарное отношение (1), может быть задано  $(n, m_{max})$  – матрицей (таблицей), в которой элемент (клемма)  $k_{ij}$ , стоящая на пересечении  $i$ -й строки (номер агрегата) и  $j$ -го столбца (номер клеммы), равен 1, если эта клемма связана с заданной исходной клеммой  $k_{ip}$  искомой трассы: то есть – имеет место отношение  $T$ , или 0 в противном случае. Например, для графа, представленного на рисунке 1 такая матрица отношения для контакта  $K_{13}$  будет иметь вид:

$$M_{13} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \end{Bmatrix},$$

а само отношение (трасса), в случае его полного представления, примет вид:

$$T_{13} = \{(k_{13}, k_{22}), (k_{13}, k_{24}), (k_{22}, k_{33}), (k_{22}, k_{34})\}.$$

$m_{max}$  в этом примере (максимальное количество клемм на агрегате изделия) равно 4.

В общем случае описанные рассуждения запишутся уравнением:

$$T_{ij} = \{k \mid M_{ij} = 1\}$$

Если внимательно посмотреть на схему рисунка 1, то явно видно, что рассматриваемая трасса после клеммы  $K_{34}$  тянется дальше, разветвляясь на множество других направлений. Это характерно, при выходе трассы, например, на корпус изделия. Очень часто, при исследовании трассировки, такие ответвления не представляют интереса и должны быть исключены из автоматизированного поиска. Тогда, на соответствующую клемму в алгоритме поиска трассы накладывается «блокировка» и считается, что начиная с этой клеммы не может существовать ни одной трассы:

$$T_{bp} \subset \prod_{i=1}^n K_i \equiv \emptyset \text{ если } k_{ij} \in B,$$

где  $B$  – множество заблокированных клемм.

Не редко граф, описывающий структуру контролируемой электросети, носит циклический характер [2] (рис.2).

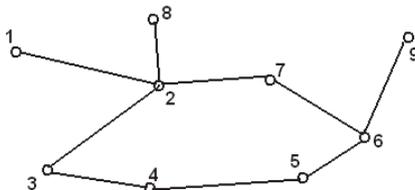


Рисунок 2 – Циклический граф трассировки электрожгута

Чтобы алгоритм автоматизированного поиска трасс не зациклился на таких кольцах, в математическую модель алгоритма следует ввести еще одно ограничение: блокирование повторно-го обхода ребра графа, независимо от направления этого обхода:

$$\text{если } T_{rp} \subset K_r \times K_p, \text{ то } T_{pr} \subset K_p \times K_r \equiv \emptyset.$$

Для реализации такой блокировки, в ходе выполнения алгоритма поиска трассы электрожгута, необходимо формировать множество (массив) клемм, уже обработанных методом (1) и вошедших в искомую трассу. Это множество назовём Р.

В этом случае общая математическая модель алгоритма трассировки электрожгута и нахождения множества клемм, расположенных на искомой трассе, может быть представлена уравнением (2):

$$T_{ij} = \begin{cases} \{k | M_{ij} = 1\} \\ \{\emptyset | k_{ij} \in B\} \\ \{\emptyset | k_{ij} \in P\} \end{cases} \quad (2)$$

Реализация разработанного алгоритма может быть проведена на основе базы данных, хранящей информацию о структуре графа электротрасс контролируемого изделия и множестве заблокированных клемм. В общем случае структура таблиц такой базы данных может иметь вид, представленный на рисунке 3.

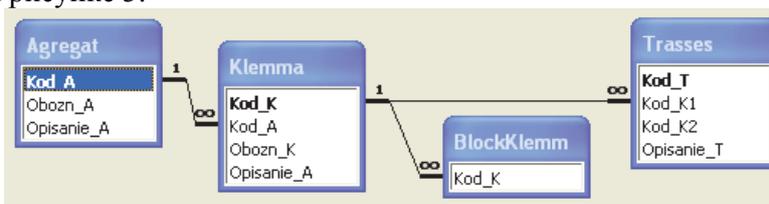


Рисунок 3 – Общая структура базы данных с информацией для трассировки жгутов

Основная таблица, хранящая информацию о каждом ребре графа электротрасс, – Trasses. Ребра описываются путём задания их концевых клемм. Вторая информационная таблица – BlockKlemm, хранит данные множества В, описанного выше. В полях таблиц с префиксом Opisanie\_ по необходимости может располагаться дополнительная информация для имеющихся агрегатов (таблица Agregat), клемм (таблица Klemma) и трасс (таблица Trasses).

Ядром разработанного программного модуля автоматизации поиска трасс электрожгутов по заданной клемме, является процедура SearchTrasses, реализующая, описанный выше, алгоритм поиска через модуль. Метод алгоритма – рекурсивный обход графа с поиском в глубину. От известных подобных алгоритмов [1] он отличается наличием обработки заблокированных узлов.

Графическое представление алгоритма работы процедуры SearchTrasses показано на рисунке 4.

При обходе в глубину мы посещаем первый узел (клемму), а затем идем вдоль ребер графа, пока не упрямся в тупик. Узел неориентированного графа является тупиком, если мы уже посетили все примыкающие к нему узлы, либо если узел является заблокированным.

После попадания в тупик мы возвращаемся назад вдоль пройденного пути пока не обнаружим вершину, у которой есть еще не посещенный соседний узел, и двигаемся в этом новом направлении. Процесс оказывается завершенным, когда мы вернулись в отправную точку, а все примыкающие к ней вершины уже оказались посещенными.

Интерфейс разработанного программного модуля автоматизированной трассировки электрожгутов представлен на рисунке 5.

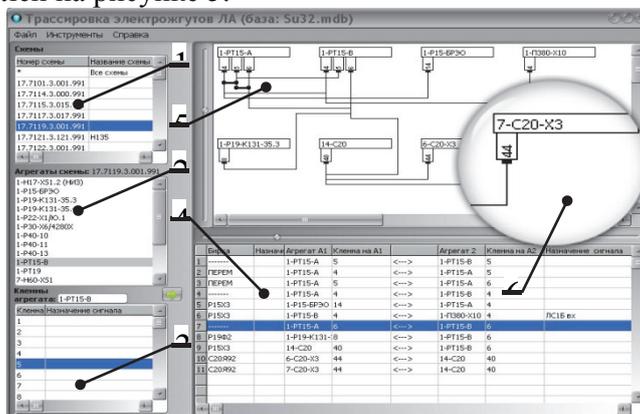


Рисунок 5 – Главное окно программного модуля автоматизированного поиска трасс электрожгутов

Программный модуль поставляется в виде одного исполняемого файла (Trasses14\_13.exe) и прилагаемого к нему файла базы данных с таблицами множеств агрегатов, клемм и заблокированных клемм. Модуль разработан в среде C++ Builder 2009. Дизайн интерфейса выполнялся с использованием бесплатного набора компонентов AlphaControls v.10.1 [5].

Скорость работы алгоритма высокая и составляет доли секунды даже при нескольких десятках тысяч записей в базе данных.

Представленная разработка внедрена в производство и используется при наладке, контроле и испытании бортовых электросистем изделий специального машиностроения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алгоритмы обхода графов / Copyright © 2004–2005 «AlgoLib.narod.ru» / URL: [http:// AlgoLib. narod.ru](http://AlgoLib.narod.ru). – 13.06.2011.

2 Бурдонов, И.Б. Неизбыточные алгоритмы обхода ориентированных графов. Детерминированный случай / И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев, В.В. Кулямин // Программирование. – 2010. – № 4. С – 13-19.

3 Бурдонов, И.Б. Использование конечных автоматов для тестирования программ / И.Б. Бурдонов, А.С. Косачев, В.В. Кулямин // Программирование. – 2000. – № 2. С – 18-22.

4 Albers, S. Exploring Unknown Environments / S. Albers and M.R. Henzinger // SIAM J. Comput. – 2000. – № 4. – Vol. 29. pp. 1164-1188.

5 Набор стандартных и некоторых уникальных компонентов AlphaControls, поддерживающих скины/ URL: [http://www.alphaskins.com/index\\_rus.php](http://www.alphaskins.com/index_rus.php), 12.06.2011.

УДК 621.9:519.8

Тригуб Юлия Сергеевна, магистр; Trigub Yulia Sergeevna

Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой;

Grigorieva Anna Leonidovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИДЕНТИФИКАЦИИ НОСИТЕЛЯ ЯЗЫКА

### MATHEMATICAL MODEL OF THE NATIVE SPEAKER IDENTIFICATION PROCESS

Аннотация: В данной статье рассматривается возможность создания математической модели, позволяющей с помощью нейронных сетей проводить распознавания носителя языка по определенным моделью факторам, а также перспектива создания программного комплекса посредством ИТ-технологий.

Abstract. This article discusses the possibility of creating a mathematical model that allows using neural networks to recognize a native speaker according to factors defined by the model, as well as the prospect of creating a software package through IT technologies.

Ключевые слова: математическое моделирование, язык; культура, билингвизм, мультилингвизм, носитель языка, диалект, диглоссия, аттриция, система, идентификация.

Keywords: mathematical modeling, language, culture, bilingualism, multilingualism, native speaker, dialect, diglossia, attrition, system, identification.

Современный мир трудно представить без постоянной коммуникации между людьми из разных стран. Люди всегда интересовались другими языками и культурами и теперь, благодаря технологическому развитию и эволюции транспортных средств, они могут удовлетворить свою жажду знаний и потребность в информации, уча другие языки.

Большинство людей в мире способно изъясняться на двух или более языках, что является ныне обыденным явлением.

Билингвизм или двуязычие означает понимание и использование говорящим на практике двух языков. Овладение же множеством иностранных языков называется мультилингвизмом (полилингвизм, многоязычие). Билингвы редко путают языки, тем не менее, они могут приме-

нять слово или грамматическую конструкцию из другого языка, когда их собеседник также говорит на нем.

Другое схожее с билингвизмом явление в языкознании - диглоссия. Диглоссия - это вариант двуязычия, при котором в пределах одного региона сосуществуют два языка либо два диалекта, применяемые в различных сферах жизни языкового сообщества. Например, немецкий (точнее швейцарский диалект немецкого), французский, итальянский и ретороманский (романш) языки, которые находятся в статусе официальных в государстве Швейцария, одной из немногих европейских стран, утвердившей данные языки на законодательном уровне. Эти языки находятся в равном статусе, каждый применяется в различных регионах. При этом, ретороманский даже не используется в официальных государственных документах вследствие немногочисленного его применения.

Нередки случаи, когда билингвы практически не говорят на одном из усвоенных языков, но, либо воспринимают его на слух, либо могут читать на нём. Как правило, данные ситуации применимы к мигрантам, переехавшим в другую языковую среду в довольно зрелом возрасте, или же в государствах с несколькими официальными языками. Дети в таких семьях сначала изучают язык, на котором говорят родители, впоследствии, в ходе культурной и языковой ассимиляции, этот язык вытесняется местным языком. Что, соответственно, приводит к разрушению системы родного языка или аттриции.

Проявляется она различными способами: это и неспособность различать звуки, которые есть в родном либо хорошо изученном языке, разрушение или изменение падежной системы, синтаксиса, фонетики и т.д.

У многих билингвов в ходе языковой аттриции доминантный язык значительно влияет на менее активный. Заимствуются звуки из доминантного языка, одновременно теряется способность продуцировать и воспринимать некоторые звуки в первом языке, происходят интонационные изменения, появляются лексические заимствования, меняется грамматический строй (появляются или исчезают артикли и падежи), изменяется порядок слов.

Билингвы или многоязычные носители могут чередовать использование языков в зависимости от разных ситуаций при общении с одними и теми же людьми. Но владение обоими языками неодинаково безупречно, так как в зависимости от многочисленных факторов, обстановки в стране проживания, второй язык у билингв является доминантным по отношению к родному.

Тем не менее, порой, невозможно на слух определить, какой язык является первичным для говорящего, когда он переключается с одного языка на другой. Актуальным решением в данной ситуации является применение информационных технологий. Программа для ЭВМ, система, разработавшая алгоритмы распознавания особенностей лексики, фонетики и грамматики в речи двуязычного собеседника. Несмотря на кажущееся безупречное владение языком, нюансы в речи могут быть распознаны системой с целью идентификации носителя языка. Практическое применение данной системы довольно обширно: от сферы системы образования, например, для обеспечения должного уровня условий и доступа к знаниям иностранным студентам до туризма, который в независимости от окружающих мировых факторов, не менее интересен для людей, стремящихся к познанию чужой культуры и, разумеется, языков.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Багана, Жером Контактная лингвистика. Взаимодействие языков и билингвизм / Жером Багана, Е. В. Хапилина. - М.: Флинта: Наука, 2010. - 123 с.

2 Верещагин, Е. М. Психологическая и методическая характеристика двуязычия (Билингвизма): моногр. / Е.М. Верещагин. - М.: Директ-Медиа, 2014. - 162 с.

3 Цветкова, Татьяна Константиновна Развитие билингвизма в процессе изучения иностранного языка / Цветкова Татьяна Константиновна. - М.: Спутник+, 2013. - 153 с.

4 A mathematical model of the field of the strain tensor in terms of deformation of the flat shell structures // Grigorieva A.L., Grigoriev Y.Y., Zharikova E.P., Khromov A.I. // Materials Science Forum. 2020. T. 992. C. 870-875.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;  
Chelukhin Vladimir Alekseevith.

Васильев Александр Владимирович, аспирант; Vasiliev Alexander Vladimirovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИКАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

## MODELING OF UNIQUE ELEMENTS IN THE MATLAB SIMULINK ENVIRONMENT

Аннотация. Данная работа посвящена проблеме моделирования уникальных элементов в среде Matlab Simulink.

Abstract. This work is devoted to the problem of modeling unique elements in the Matlab Simulink environment.

Ключевые слова: элементы, моделирование, язык, компоненты, программная среда, библиотека.  
Keywords: elements, modeling, language, components, software environment, library.

Язык симскейп является декларативным, поэтому нам достаточно описать его поведение уравнениями. Ниже представлено то как может выглядеть описание компонента.

```
component vd_capacitor
%Точки подключения к внешней электрической цепи
nodes
    p = foundation.electrical.electrical; % +:top
    n = foundation.electrical.electrical; % -:bottom
end
%Вход для регулирования расстояния между обкладками
inputs
    d = { 0.1, 'mm' }; % d:bottom
end
parameters
    S = {1, 'm^2'}; %Площадь обкладок конденсатора
    E = 1; %Диэлектрическая проницаемость
    E0 = {8.854*10^(-12), 'F*(m^(-1))'}; % Диэлектрическая постоянная
end
variables
    i = { 0, 'A' }; % Ток конденсатора
    vc = {value = { 0, 'V' }, priority = priority.high}; % Напряжение
    dd = 1;
end
branches
    i : p.i -> n.i; % Укажем откуда и куда должен течь ток
end
intermediates
    C = (E*E0*S)/d;
    d_back = delay(d, {0.001,'s'}, History = d);
    dd_back = delay(dd, {0.001,'s'}, History = 1);
end
equations
    let
        v = p.v-n.v;
    in
        if d/d_back==1
            dd == dd_back;
        else
            dd == (d/delay(d, {0.001,'s'}, History = d))*dd_back;
```

```

end
v == vc*dd;
i == C*vc.der*dd;
end
end
end

```

В блоке «nodes» указываются точки подключения в нашем случае они представлены электрической моделью.

В блоке «inputs» указан дополнительный вход который нам нужен для указания расстояния между обкладками в текущий момент, он не описывается физической моделью, поэтому находится в отдельной секции.

Далее перечислены параметры, которые учтутся в расчетах и их начальная инициализация.

Далее идет самый главный блок где указываются уравнения которые описывают данную модель

Смоделируем работу конденсатора с раздвигающимися обкладками в пакете прикладных математических программ Matlab Simulink. Описать поведение нового физического объекта на основе этих уравнений можно на языке Simscape и подключить его через элемент “Simscape Component”. Для изучения его поведения соберём схему с такими параметрами, рис.1 :

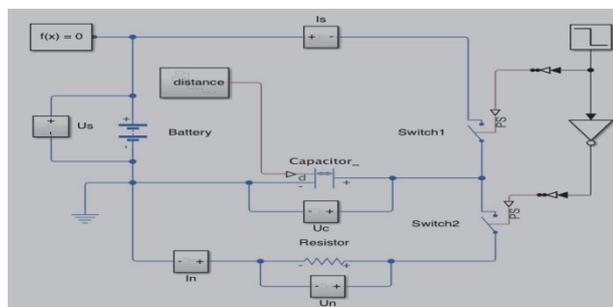


Рисунок 1 – Модель Simulink с использованием конденсатора с изменяемым расстоянием между обкладками

Step1 – Источник сигнала, который представляет из себя прямоугольный импульс длительностью три секунды. Этот сигнал используется для управления ключами Switch1 и Switch2.

Чтобы ключи Switch1 и Switch2 открывались в разное время, сигнал для Switch2 инвертируется с помощью логического элемента NOT.

Switch1, Switch2 – ключи, для поочередного коммутирования конденсатора с батареей и нагрузкой.

Элемент distance – изменяет расстояние между обкладками на конденсаторе. Это подсистема, которая содержит стандартный элемент Signal Builder.

В Matlab Simulink используя стандартную библиотеку “Specialized Power Systems” можно с помощью элемента “power measurement” получить мощность. Далее проинтегрировав ее стандартным элементом, получаем энергию.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Челухин, В.А. Информационная безопасность предприятия: Москва2020/ Владимир Алексеевич Челухин. – [б.м.]:Издательские решения, 2020. – 144 с.

2 Челухин, Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем: Учебное пособие для вузов / В. А. Челухин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 207с. - Библиогр.: с.201-207.

3 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А.. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

4 Моделирование процесса работы удостоверяющего центра. Сериков В.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 310-316.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Chelukhin Vladimir Alekseevith

Стародубцев Иван Владимирович, студент; Starodubtsev Ivan Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **АНТИВИРУСЫ И ПРОБЛЕМА ИХ ВЫБОРА СИСТЕМНЫМ АДМИНИСТРАТОРОМ**

### **ANTIVIRUSES AND THE PROBLEM OF THEIR CHOICE BY THE SYSTEM ADMINISTRATOR**

Аннотация. Данная работа посвящена проблеме выбора системным администратором антивирусных программ.

Abstract. This work is devoted to the problem of choosing antivirus programs by the system administrator.

Ключевые слова: антивирус, программа, компьютер, диапазон, файлы, системы, вредоносный код.

Keywords: antivirus, program, computer, range, files, systems, malicious code.

Существует множество антивирусов в современные дни. Многие из них мы используем постоянно, некоторые же остаются в стороне. Сейчас мы разберём, что такое антивирус и для чего он нужен. Далее поговорим о некоторых антивирусных программах и их пользе для системного администратора.

Что такое антивирус? Антивирус – это программа, которая направлена на защиту и обнаружение компьютерных вирусов. Также антивирус может находить на вашем ПК нежелательные сторонние программы, которые как то могут отрицательно повлиять на ПК. Антивирус также восстанавливает файлы, зараженные вирусами. Эта программа профилактику всей системы (но не обязательно всей, так как системный администратор может сам выбрать диапазон проверки на вирусы) и предотвращает распространение вируса система.

Теперь рассмотрим, как же работает антивирус, для этого рассмотрим его функции:

1) Защита вредоносных программ в настоящем времени – это считается самой базовой функцией антивируса, эта функция позволяет производить мониторинг всей системы и производить своевременную защиту от вредоносного кода;

2) Розыск или обнаружение вредоносного кода – антивирус позволяет проводить частичное или полное сканирование систем компьютера. Желательно проводить такие процедуры регулярно, так как в современном мире существует множество вирусов, которые можно подхватить с тех же web-страниц;

3) Менеджер паролей – антивирус также является хранилищем, которое хранит в себе ваши логины и пароли;

4) Антиспам – эта функция позволяет антивирусу производить почтовый мониторинг и отправлять подозрительные письма в отдельную графу, а при необходимости и блокировать отправителя этих писем;

5) Антифишинг – антивирус может блокировать копии web-страниц, которые пытаются получить личную информацию о системном администраторе;

6) Родительский контроль – это расширенные настройки антивируса, которые позволяют ограничить деятельность ребёнка за ПК. Это позволяет обезопасить ребёнка от нежелательного контента и просмотра его, а так же обезопасит его от посещения потенциально опасных интернет страниц.

Далее рассмотрим некоторые антивирусы и попытаемся найти лучший из них для системного администратора. Конечно, на первое место поставим Kaspersky Internet Security. Это самый лучший антивирус, по мнению пользователей, он занимает первое место среди всех антивирусов. Компания Касперского является популярной и надёжной среди антивирусных программ

на рынке. За все годы существования, эта компания добилась больших успехов в сфере защиты и сохранении информации о пользователе. Преимуществами этого антивируса является его качественная защита ПК, удобный интерфейс и постоянные обновления программы.

Рассмотрим антивирус - ESET NOD32 Mobile Security. Этот антивирус находится на втором месте по списку самых лучших антивирусов, по мнению пользователей. Она основана в 1992 году и продолжает работать на данный момент день. Она также лидером среди антивирусов и многие спорят, что лучше, антивирус Касперского или ESET. Преимуществами этого антивируса являются его малое потребление ресурсов кроссплатформенность, простой интерфейс, автоматическое обновление самого антивируса и наличие технологии ThreatSense.

Рассмотрим антивирус - Dr.Web Security Space. Этот антивирус находится на третьем месте среди лучших антивирусов. Данный антивирус разработан компанией «Доктор Веб». Эта программа позволяет обеспечить защиту ПК от вирусов, троянского, шпионского и рекламного ПО, червей, руткитов и так далее. Главной его особенностью является то, что его можно установить на уже зараженную машину, а позже и вообще удалить все вирусные коды с ПК. Преимуществами данного антивируса является отличное обнаружение угроз, новый интерфейс, сильная интернет-защита, выявление скрытых угроз и также отличная самозащита.

Подводя итоги о вышесказанном, мы можем сказать, что каждый антивирус хорош по-своему и нельзя сказать, что этот намного лучше, чем другой. У каждого из них есть свои минусы и плюсы, которые компенсируют друг друга. На наше усмотрение, лучше выбрать ESET NOD32 Mobile Security, потому что данный антивирус стоит на наших компьютерах и даже на телефонах. Им удобно пользоваться платной версией, и его мы используем уже на протяжении 5 лет.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Челухин, В.А. Информационная безопасность предприятия: Москва2020/ Владимир Алексеевич Челухин. – [б.м.]: Издательские решения, 2020. – 144 с.

2 Челухин, Комплексное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем: Учебное пособие для вузов / В. А. Челухин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2014. - 207с. - Библиогр.: с.201-207.

3 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

4 Моделирование процесса работы удостоверяющего центра. Сериков В.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 310-316.

УДК 519.683.2

Челухин Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Chelukhin Vladimir Alekseevith

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **РАЗРАБОТКА БЛОК-СХЕМЫ ДЛЯ АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ ГОДОВОГО ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР ДЕНЬ-НОЧЬ**

#### **DEVELOPMENT OF A FLOWCHART FOR THE ALGORITHM OF THE ANNUAL TEMPERATURE DIFFERENCE DAY-NIGHT PROGRAM**

Аннотация. Данная работа посвящена разработке блок-схемы алгоритма программы управления преобразователем энергии годового перепада температур.

Abstract: This work is devoted to the development of a block diagram of the algorithm of the program for controlling the energy converter of the annual temperature difference.

Ключевые слова: алгоритм, блок-схема, датчик, исполнительное устройство, преобразователь.

Keywords: algorithm, block diagram, sensor, actuator, converter.

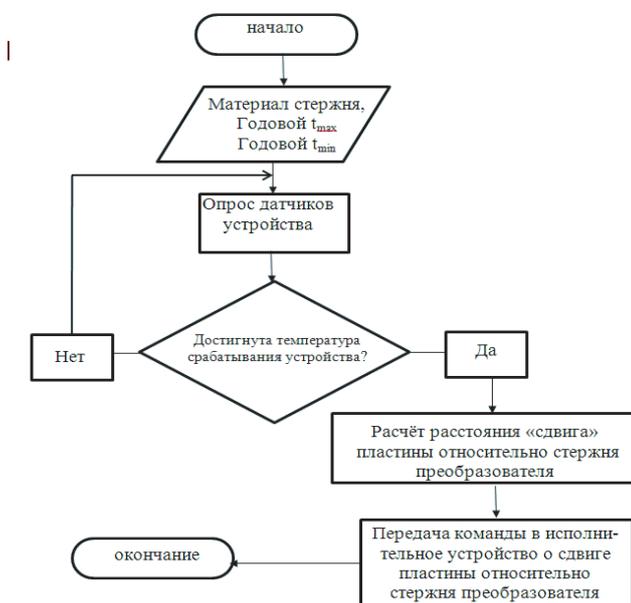
Сегодня в мире идет интенсивный поиск возобновляемых и экологически чистых источников энергии. Автором предложен новый полностью экологически безвредный способ получения электрической энергии с использованием преобразователя перепада температур день-ночь /1-2/.

Преобразователь работает на основе изменения линейных размеров физических тел при изменении температуры окружающей среды и использования ёмкости, значение которой также меняется и при помещении устройства в пространство с высокой температурой и при понижении температуры.

В течение года температура постоянно изменяются, причём температуры летом максимально положительные, зимой минимально отрицательные. Система управления должна будет отследить и определить значение изменения этих температур, и соответственно изменение линейных размеров бруска активного диэлектрика с помощью системы датчиков и устанавливать соответствующие настройки аппаратной части преобразователя.

Поэтому возникает необходимость разработки блок-схемы алгоритма программы, которая будет следить за изменением годового графика температуры, и принимать необходимое управленческое решение.

Первичный алгоритм работы системы управления преобразователем в течение года будет следующим, и показан ниже.



Программа будет контролировать рост температуры до сих пор, пока она не достигнет своего максимума, например, в июле и будет давать команду на увеличение диапазона изменения емкости до максимума. Если же максимум достигнут, то команда пойдет уже на уменьшение диапазона. Программа поняла, что летний максимум температур достигнут, в дальнейшем температура будет уменьшаться, и программа будет давать команду на уменьшение диапазона изменения емкости.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Челухин, В.А. Электротепловой преобразователь низко потенциальной энергии перепада температур / В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон, Вестник ТОГУ № 4 (35). 2014, с.93-98.

2 Челухин, В.А. Новый полностью экологически безвредный способ получения электрической энергии / В.А. Челухин, Е.В. Абрамсон. Наука сегодня: вызовы и решения. Материалы международной научно-практической конференции. – Вологда, 2016., с.26-28.

3 Эвристический анализ сетевого трафика с использованием CPN нейронных сетей. Ложников К.А., Трещев И.А. В сборнике: Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности. Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 284-287.

УДК 51

Черников Артем Михайлович, студент; Chernikov Artem Mikhailovich

Григорьева Анна Леонидовна, кандидат физико-математических наук, заведующий кафедрой;

Grigorieva Anna Leonidovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ПЛОТНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭТИЛОВОГО СПИРТА ОТ ПРОЦЕНТА МАССЫ И ОБЪЕМА СПИРТА В РАСТВОРЕ

### MATHEMATICAL MODEL OF THE DENSITY OF ETHYL ALCOHOL AQUEOUS SOLUTIONS DEPENDENCE ON THE MASS AND VOLUME PERCENTAGE OF ALCOHOL IN SOLUTION

Аннотация. В современном мире нейронные сети стали очень популярны. Их применяют практически везде, с помощью них управляют техникой, предсказывают экономические ситуации, распознают лица, жесты и так далее. Так же с помощью нейронных сетей можно проводить регрессионный анализ, что и будет проведено в этой статье. Регрессионный анализ можно произвести при помощи прямых вычислений, но при использовании нейронной сети, можно найти сложную нелинейную зависимость.

Abstract. Neural networks have become very popular in the modern world. They are used almost everywhere, with the help of them they control machines, predict economic situations, recognize faces and gestures, and so on. Also, with the help of neural networks, it is possible to carry out regression analysis, which will be carried out in this article. Regression analysis can be performed using direct calculations, but when using a neural network, a complex non-linear relationship can be found.

Для определения зависимости плотности водных растворов этилового спирта от процента массы и объема спирта в растворе применялись методы машинного обучения.

Нейронная сеть была написана на языке программирования “python”.

Сопутствующие модули и библиотеки:

- Tensorflow
- Numpy
- Matplotlib

Архитектура нейронной сети представлена на рисунке 1.1. В нейронной сети используются 3 слоя. Первый слой имеет 2 входных и 64 выходных каналов с функцией активации RELU. Второй слой имеет 64 входных и 64 выходных каналов с функцией активации RELU. И последний слой имеет 64 входных каналов и один выходной с функцией активации Sigmoid.

| Layer (type)    | Output Shape | Param # |
|-----------------|--------------|---------|
| dense_3 (Dense) | (None, 64)   | 192     |
| dense_4 (Dense) | (None, 64)   | 4160    |
| dense_5 (Dense) | (None, 1)    | 65      |

=====  
Total params: 4,417  
Trainable params: 4,417  
Non-trainable params: 0  
=====  
None

Рисунок 1.1 – Архитектура нейронной сети

Для данной нейронной сети были выбраны функция ошибки (среднеквадратичное отклонение) и метрика (среднее абсолютное отклонение). Обучение нейронной сети проходило в 100 эпох.

Исходные данные представлены на рисунке 1.2.

Таблица 26

## Плотность водных растворов этилового спирта (при 15°C)

| Плотность, г/см <sup>3</sup> | Содержание спирта, % |           |
|------------------------------|----------------------|-----------|
|                              | по массе             | по объему |
| 0,9858                       | 8,1                  | 10        |
| 0,9792                       | 13,0                 | 16        |
| 0,9752                       | 16,3                 | 20        |
| 0,9712                       | 19,6                 | 24        |
| 0,9669                       | 23,0                 | 28        |
| 0,9647                       | 24,7                 | 30        |
| 0,9623                       | 26,4                 | 32        |
| 0,9571                       | 29,9                 | 36        |
| 0,9542                       | 31,6                 | 38        |
| 0,9512                       | 33,4                 | 40        |
| 0,9481                       | 35,2                 | 42        |
| 0,9448                       | 37,0                 | 44        |
| 0,9413                       | 38,8                 | 46        |
| 0,9339                       | 42,5                 | 50        |
| 0,9259                       | 46,3                 | 54        |
| 0,9131                       | 52,2                 | 60        |
| 0,9040                       | 56,2                 | 64        |
| 0,8945                       | 60,3                 | 68        |
| 0,8846                       | 64,6                 | 72        |
| 0,8743                       | 69,0                 | 76        |

Рисунок 1.2 – Исходные данные

После обучения нейронной сети, можно получить предсказания плотности для заданных массы и объема этилового спирта. Графики зависимости плотности от массы и плотности от объема представлены на рисунках 2.1 и 2.2 соответственно.

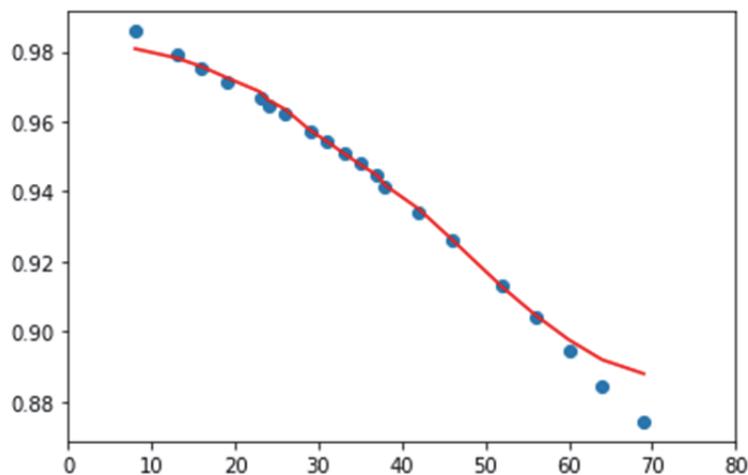


Рисунок 2.1 – зависимость плотности от массы

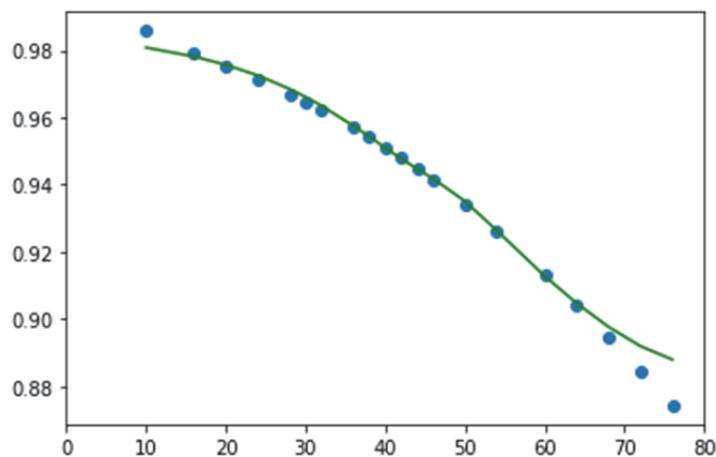


Рисунок 2.2 – зависимость плотности от объема

Качество обучения можно проверить при помощи графика зависимости значений данных нейронной сети и значений исходных данных (рисунок 3.1). А также при помощи гистограммы разности правильного и предсказанного значения (рисунок 3.2).

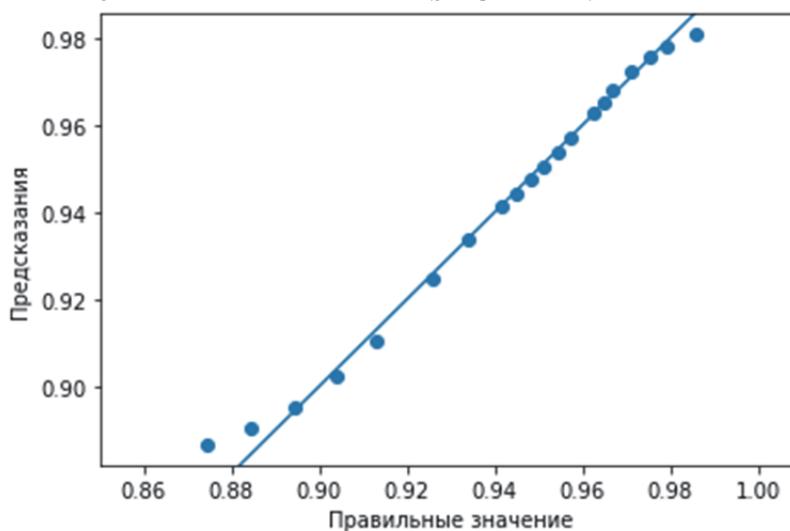


Рисунок 3.1 – Зависимости значений нейронной сети и исходных данных

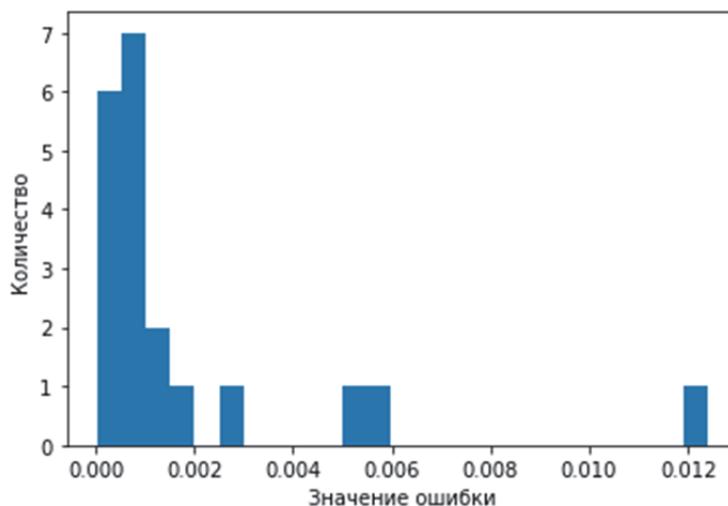


Рисунок 3.2 – Разности правильных и предсказанных значения

Средний модуль отклонения предсказанных данных от исходных равен  $0.002 \text{ г/см}^2$ .

#### **Заключение**

Была создана нейронная сеть, способная определять плотность водного раствора этилового спирта исходя из процентов массы и объема спирта в растворе. Исходя из рисунков 2.1 и 2.2, достаточно точно нейронная сеть определяет плотность при содержании этилового спирта по массе от 15% до 55% и по объему от 15% до 65%. При соблюдении этих условий, данную нейронную сеть можно применять для расчета плотности водных растворов этилового спирта. Для повышения точности и расширения ограничений для точного расчета, необходимо больше исходных данных.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- 1 Построение информационной системы "умный дом" // Куликов А.А., Васильев Г.В., Белоусов С.А., Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Постулат. 2018. № 4-1 (30). С. 55.
- 2 Информатика и математика (учебное пособие) // Григорьева А.Л., Григорьев Я.Ю. // Успехи современного естествознания. 2010. № 9. С. 76-77.

УДК 620.4

Шубаев Роман Анатольевич, студент; Shubaev Roman Anatolyevich  
Бердоносов Виктор Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;  
Berdonosov Viktor Dmitrievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СОЛНЕЧНЫХ И ВЕТРОВЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ УДАЛЁННЫХ ПОСЁЛКОВ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ**

### **SYSTEM ANALYSIS OF INFORMATION MODEL OF SOLAR AND WIND FLOWS FOR REMOTE VILLAGES OF KHABAROVSK TERRITORY**

Аннотация. В данной работе, авторы проводят анализ первоначальной информационной модели гибридной системы энергоснабжения для удалённых посёлков Хабаровского края, на основе преобразования ветровых потоков и солнечного света.

Abstract. In this work, the author analyses the initial information model of a hybrid power supply system for remote villages of the Khabarovsk Territory, based on the conversion of wind flows and sunlight.

Ключевые слова: Анализ, системный анализ, Хабаровский край, гибридная электроэнергия, солнечная энергия, ветровая энергия, переменный ток, солнечный свет, населенный пункт, электроэнергия.

Keywords: Analysis. system analysis, Khabarovsk Kray, hybrid electricity, solar energy, wind energy, alternating current, sunlight, settlement, electricity.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Двадцать первый век – век стали, пластика и электричества. Воля человека покоряет стихии, рушит горы и вырывает из недр планеты необходимые ресурсы. На смену огню, пришло электричество. Переменный ток течёт по венам больших и малых городов, циркулирует по металлическим жилам. Энергосети раскинулись над регионами великих держав. Но время идёт, людей всё больше, многие ресурсы невозможны. И пришло время искать новые пути добычи электроэнергии. Пришло время поставить себе на службу солнце и воздух. Теплоэлектроэнергия доступна везде, где есть топливо, но что, если нет дерева, нет мазута, нет газа? Что если нечему гореть? Может быть вода поможет, ведь ей покрыты более двух третьих планеты [2]. Но нет, как бы много её не было, она не сможет помочь всегда и везде. Атом же, не настолько мирный, как принято считать [1]. Но что есть на нашей планете постоянного? Солнце и воздух – главные критерии жизни на земле. Ветер может ласково колыхать траву или с яростным воем сносить целые дома. Солнце же, оно всегда с нами, близко и далеко, оно не перестаёт одаривать нас своим светом.

#### **Описание системы.**

Для реализации предполагается система управления энергоснабжением удалённого посёлка Хабаровского края. Система должна отвечать требованиям экономичного распределения энергоресурсов, для всех локальных потребителей. Система должна решить проблему энергоснабжения обособленных поселений за счёт электрификации с использованием электростанций солнечной и ветровой энергии.

Объектом исследования, можно назвать энергетическую систему смешанного типа, предназначенную для работы с возобновляемыми источниками энергии (солнечный свет, сила ветра) в климатической зоне Хабаровского края.

Предметом исследования для вышеуказанной темы является самообучающийся алгоритм, управляющий системой гибридного электроснабжения.

Целью исследования определено представление экономически выгодной модели обеспечения удалённых посёлков Хабаровского края, электроэнергией из возобновляемых источников.

Элементом системы программно-аппаратный модуль, отвечающий за сбор и конвертацию электроэнергии из возобновляемых источников (солнечный свет, движение воздушных масс).

Потенциальную систему можно разделить на несколько физических и логических подсистем:

1. Физические:
  - 1.1. Подсистема аппаратной части.
  - 1.2. Подсистема программной части.

2. Логические(функциональные) подсистемы:
  - 2.1. Подсистема конвертирования и энергосбора.
  - 2.2. Подсистема сбора данных.
  - 2.3. Подсистема анализа входящих данных.
  - 2.4. Подсистема распределения мощности.
  - 2.5. Подсистема прогнозирования энергопоступления.

Каждая система, помимо делимости на подсистемы и элементы, характеризуется наличием связей [3]. Система, предназначенная для снабжения электроэнергией посёлков, удалённых от основных энергоцентров имеет два вида основных физических связей – энергопередающие и магистраль потоков данных. Первые, соединяют энергоустановки с энергохранилищами, а их, в свою очередь, с потребителями энергии, через узловые передатчики. А вторые, идя вдоль энергонесущих путей, отвечают за доставку статистических данных от сканирующего оборудования до основного вычислительного модуля и передачу управляющих команд системам управления энергоустановок.

#### **Анализ системы на наличие сложностей реализации**

Система представляет собой совокупность аппаратных и программных модулей. Следовательно, как и любая составная, многокомпонентная система имеет свои сложности в реализации.

Технически, система должна состоять из установок солнечно-ветровой энергии, энергонакопителей, соединительных магистралей и системы мониторинга, управления и прогнозирования. Самая главная проблема с технической точки зрения – это ограничение доступа ко всем необходимым технологическим модулям. Так как такое оборудование, как правило, имеет немалые стоимость и габариты, оно просто не предоставляется в личное пользование исследователей, без материального базиса или достаточных теоретических выкладок. Данную проблему можно нивелировать, посредством изучения технической документации, а также графических материалов, по необходимым энергоустановкам.

Для самообучения системы прогнозирования и распределения энергии, ей необходимы данные, о состоянии погоды в определённых точках вокруг локального участка и на нём самом. Эти данные система должна получать в достаточном объёме, для ведения статистики и корректировки коэффициентов. Проблема же состоит в том, что объём данных, который необходим для правильной работы программы весьма велик – это несколько различных потоков типизированных данных, для каждой физической точки в пределах локальной зоны климатической активности. Отсюда и встаёт вопрос, о доступе к необходимому набору данных. Для импортирования данных такого типа необходим, либо доступ к снимающему статистику оборудованию, либо доступ к ресурсу, имеющему доступ к оборудованию. Помимо этого, даже доступ к ресурсу ничего не даст, если данные, которые он предоставляет по запрошенным координатам, не являются достоверными. Эта помеха устраняется либо при финансовом вливании в проект (оплате аккаунта на подходящем интернет-ресурсе), либо через более тщательный поиск подходящих интернет-ресурсов.

#### **Заключение.**

В этой работе было выполнено общее описание реализуемой системы. Были установлены объект, предмет и цель исследования, итогом которого может стать система управления энергопотоками для удалённых посёлков Хабаровского края. Далее был проведён анализ системы на наличие сложностей реализации и даны описания найденным сложностям, а также, их предположительные решения.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1 Авария на Чернобыльской АЭС. - Текст : электронный // РИА НОВОСТИ : [сайт]. - URL: <https://ria.ru/20130426/934551998.html> (дата обращения: 27.01.2021).

2 Вода на Земле. - Текст : электронный // Hydrotech : [сайт]. - URL: <https://www.hydrotech-group.com/ru/blog/voda-na-zemi-kolko-jej-naplanete-mame-a-ake-mnozstvo-z-toho-tvori-pitna-voda> (дата обращения: 27.01.2021).

3 Горлушкина, Н. Н. Системный анализ и моделирование информационных процессов и систем : учеб. пособие / Н. Н. Горлушкина. – Санкт-Петербург: ФГАОУ ВО «Университет ИТМО», 2016. – 120 с.

## СЕКЦИЯ 4. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ И ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.113

Афанасьева Анна Алексеевна, старший преподаватель; Afanaseva Anna Alekseevna  
Башков Олег Викторович, доктор технических наук, профессор; Bashkov Oleg Viktorovich  
Башкова Кристина Викторовна, магистр; Bashkova Kristina Viktorovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ НОВОГО ФРИКЦИОННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

### STUDY OF THE FRICTION SURFACE STRUCTURE OF A NEW FRICTIONAL COMPOSITE MATERIAL

Аннотация. В данной работе приведены результаты исследования структуры поверхности трения нового композиционного фрикционного материала (КФМ) различных составов после проведения фрикционных испытаний на испытательной машине на трение и износ ИИ5018 оснащённой программным комплексом Tester 3.0. Разработанная методика испытаний позволила имитировать условия фрикционного взаимодействия, возникающие в муфтах стрелочных электроприводов. На основании исследований структуры поверхности трения проводилось определение оптимального состава нового КФМ, способного обеспечить стабильную и безопасную работу электропривода в диапазоне рабочих регулировок.

Abstract. This work presents the results of studying the structure of the friction surface of a new composite friction material (CFM) of various compositions after friction tests on an ИИ5018 friction and wear testing machine equipped with the Tester 3.0 software package. The developed test methodology made it possible to simulate the conditions of frictional interaction arising in the couplings of electric switches. On the basis of studies of the structure of the friction surface, the optimal composition of the new CFM was determined, capable of ensuring stable and safe operation of the electric drive in the range of operating adjustments.

Ключевые слова: композиционный фрикционный материал, порошковая металлургия, структура поверхности трения, диссипация.

Keywords: composite friction material, powder metallurgy, friction surface structure, dissipation.

Для предотвращения перегрузки двигателя при передаче вращательного момента к приводному валу применяют предохранительные муфты. Основными критериями работоспособности фрикционных муфт являются: прочность сцепления, высокий коэффициент трения и его стабильность; износостойкость и теплостойкость поверхности трения [1-4]. В данной работе проводилось исследование фрикционных свойств и структуры новых составов КФМ [20], был обоснован выбор оптимального состава материала.

Составы новых перспективных композиционных фрикционных материалов (КФМ) были получены в ходе факторного планирования и представлены в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Экспериментальные составы КФМ

| № | Массовая доля в % |                  |                   |     |     |      |
|---|-------------------|------------------|-------------------|-----|-----|------|
|   | Cu                | SiO <sub>2</sub> | BaSO <sub>4</sub> | C   | Zn  | Fe   |
| 1 | 30,0              | 5,0              | 3,0               | 3,0 | 1,0 | 58,0 |
| 2 | 15,0              | 5,0              | 3,0               | 3,0 | 1,0 | 74,0 |
| 3 | 30,0              | 3,0              | 3,0               | 3,0 | 1,0 | 60,0 |
| 4 | 15,0              | 3,0              | 3,0               | 3,0 | 1,0 | 75,0 |
| 5 | 30,0              | 5,0              | 1,5               | 3,0 | 1,0 | 59,5 |
| 6 | 15,0              | 5,0              | 1,5               | 3,0 | 1,0 | 74,5 |
| 7 | 30,0              | 3,0              | 1,5               | 3,0 | 1,0 | 61,5 |
| 8 | 15,0              | 3,0              | 1,5               | 3,0 | 1,0 | 76,5 |

Фрикционные испытания нового КФМ проводились по схеме «диск-колодка» на машине для испытания материалов на трение и износ ИИ5018. Разработанная методика позволяла эмитировать условия фрикционного взаимодействия, возникающие при работе фрикционного материала в составе муфты стрелочного электропривода [4,5].

Исследование поверхности трения проводилось с использованием сканирующего электронного микроскопа S-3400N (Hitachi). Фотографии поверхностей трения исследуемых КФМ представлены на рисунке 1.

В процессе фрикционного взаимодействия нового КФМ и материала контртела должны соблюдаться условия стабильной работы стрелочного электропривода. Основным фактором, влияющим на показатель стабильной и безопасной работы стрелочного электропривода, является коэффициент трения материала. Качественная оценка состояния поверхности трения нового КФМ так же несёт в себе информацию о стабильности механизма трения, о процессе снятия материала при контактно-фрикционном взаимодействии. В процессе трения происходит равномерное снятие тонкого слоя КФМ, в результате которого компоненты железной матрицы, медных включений, твёрдых и жидких смазок, фрикционного наполнителя смешиваются и образуют так называемые диссипативные структуры [2,6].

Структура поверхности трения исследуемых КФМ имеет схожий вид. На поверхности практически всех образцов присутствуют борозды – каналы трения, разного размера и протяжённости. По таким каналам производится подача смазывающих компонентов на поверхность трения, облегчается удаление продуктов трения с контактной поверхности.

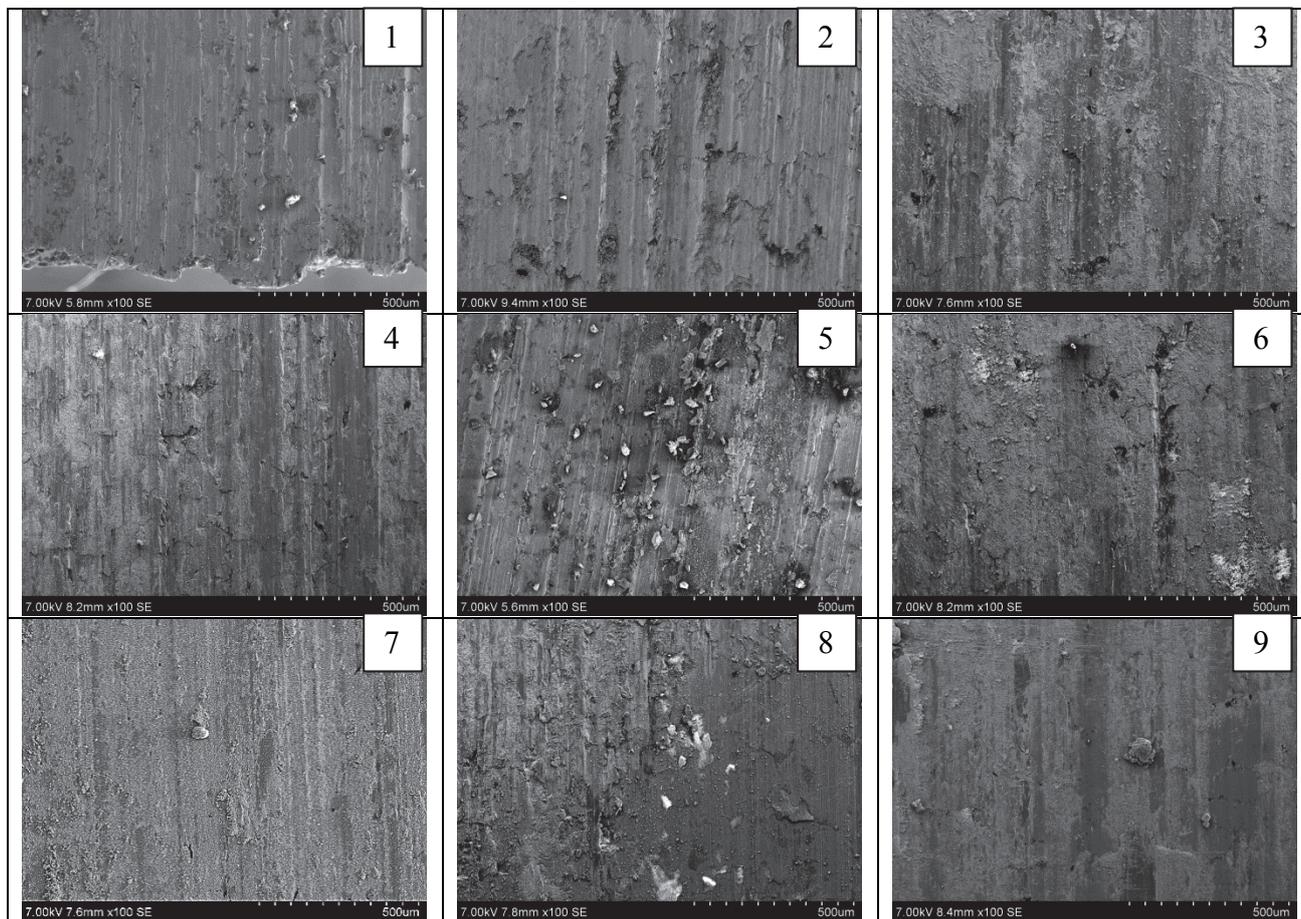


Рисунок 1 – Структуры поверхности трения новых КФМ составов №1-9

На поверхности образца №1 каналы трения распределены не равномерно, имеют различную глубину и ширину, в отличие от образца №2, на котором распределение каналов более равномерное. В самих каналах присутствуют небольшие скопления мелких глобулярных частиц – продуктов трения, которые вероятно удаляются по ним в процессе фрикционного взаимодействия без образования единичных крупных вырывов.

На поверхности образца №3 каналы трения практически не видны, но присутствуют участки с чешуйчатой структурой, а также следы небольших вырывов материала, что свидетель-

ствуется о неравномерном процессе снятия и его наволакивании на поверхность трения. Похожая структура поверхности трения наблюдается на образце №4, но по сравнению с образцом №3 она выглядит более изношенной, а каналы трения более глубокими, с рваными краями.

Поверхность трения образца №5 покрыта крупными включениями, вероятно образовавшихся в результате наволакивания продуктов трения на поверхности КФМ. Каналы трения имеют неравномерную глубину и ширину, присутствуют вырывы на поверхности образца. Такая структура поверхности трения может свидетельствовать о не стабильном поведении нового состава КФМ в процессе длительной эксплуатации в составе муфты стрелочного электропривода.

На поверхности образца №6 отсутствуют каналы трения, что может привести к неравномерному распределению смазывающих компонентов, и как следствие схватывание фрикционного материала с материалом контртела, заеданию механизма муфты. Следствием этого так же может являться глубокая борозда на поверхности трения, очевидно образованная в процессе отрыва наволокшейся частицы. Поверхность образца так же покрыта мелкими глобулярными частицами, которые тоже могут являться следствием адгезионно-деформационных явлений [7].

На поверхности трения образца №7 практически отсутствуют каналы трения, или имеют неявный вид. Присутствуют следы глубоких вырывов материала с поверхности трения. Так же на поверхности трения присутствуют достаточно большие скопления распределённых по всей поверхности образца мелких глобулярных частиц – продуктов трения, которые могут способствовать образованию вырывов и нарушению стабильной работы муфты стрелочного электропривода.

Поверхность трения образца №8 выглядит не однородной, на ней присутствуют участки с глубокими проникающими бороздами и вырывами, и относительно гладкие с лежащими на поверхности глобулярными включениями. Так же на таких участках присутствуют и крупные частицы фрикционного материала, отслаивающиеся с поверхности.

На поверхности трения образца №9 так же присутствуют крупные частицы фрикционного материала, вырванные с поверхности, а также мелкие глобулярные частицы продуктов трения. Каналы трения отсутствуют. Видны следы вырыва материала.

В результате проведённого анализа поверхностей трения новых составов КФМ был отмечен схожий вид структуры, с выявлением отдельных важных особенностей, которые в комплексе с дополнительными данными, полученными в ходе фрикционных испытаний могут дать информацию о стабильности нового фрикционного материала и возможности его применения в составе муфты стрелочного электропривода.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Нилов А.С., Кулик В.И., Гаршин А.П. Анализ фрикционных материалов и технологий изготовления тормозных колодок для высоконагруженных тормозных систем с дисками из керамического композиционного материала / Новые огнеупоры. 2015. № 7. с.57-68.

2 Ким В.А., Афанасьева А.А. Особенности структуры и свойств фрикционного композиционного материала // Технологии машиностроения. - 2019. – №11. - С. 5-11.

3 Башков О.В., Афанасьева А.А. Исследование структуры и фрикционных свойств нового композиционного фрикционного материала // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 1. № 4. С. 64-70.

4 Ким, В.А. Исследование состава, структуры и свойств нового композиционного фрикционного материала / В. А. Ким, В. С. Фадеев, А. А. Афанасьева // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2019. - №1-4(40). – С. 62-68.

5 Горячева И.Г. Механика фрикционного взаимодействия. - М.: Наука. 2001. - 478 с.

6 Kim V.A., Aung N.T., Belova I.V., Turkmenov N.I. Dissipative structures of laser-hardened structural steels // Lecture notes in networks and systems. – 2021. – Vol.200. – pp. 458-466.

7 Макушок Е.М., Механика трения // Минск. Наука и техника. – 1974. – 256 С.

**МАТЕРИАЛ ОПОРНОГО КОРПУСА ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКИХ АЛМАЗНЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ****SUPPORTING BODY MATERIAL FOR CERAMIC DIAMOND GRINDING TOOLS**

Аннотация. Характеристики абразивных инструментов (тип шлифовального круга, грануляция сверхтвердого зерна, тип структуры, твердость и тип связующего) содержат информацию о типе используемых материалов опорных тел (например, керамических, стальных).

Abstract. The characteristics of abrasive tools (the type of grinding wheel, granulation of the super hard grain, type of structure, hardness, and the type of binder) contain information on the type of supporting body materials used (e.g., dural, ceramic, steel).

Ключевые слова: керамический опорный корпус; остеклованные связи; алмазные колеса; корунд; карбид кремния.

Keywords: ceramic supporting body; vitrified bonds; diamond wheels; corundum; silicon carbide.

Новые материалы, используемые в промышленности, такие как пластмассы, армированные композициями из стекловолокна, сплавы цветных металлов, армированные твердыми частицами, композиты из спеченных карбидов, легированных сверхтвердыми зёрнами, и суперсплавы никеля и титана для точной и эффективной обработки полостей, требуют новых технологий обработки, а также новых инструментов, таких как сверхтвердые абразивные инструменты с новыми связующими и опорными телами[1].

Для правильного выбора шлифовального инструмента для конкретного применения характеристики инструмента должны быть составлены не только из описания типа и концентрации связующего и абразивного зерна, но также должны включать информацию о типе опорного тела, к которому прикреплено абразивное покрытие инструмента[2].

Литературный анализ показал широкий спектр материалов, используемых для опорных тел: начиная от широко используемых дюралюминовых РА6, нержавеющей стали, спеченных карбидов для смонтированных точек, поршней из бакелит-смолы, керамических спекателей, до композитов, содержащих углеродное волокно, сталь. Использование каждого из этих материалов оправдано[3].

В результате необходимо адаптировать корпус инструмента к типу операции механической обработки и типу используемого клея[4]. Корпус алмазного инструмента содержит недавно разработанную керамическую связь, модифицированную зеленым карбидом кремния и белым расплавленным корундом в соответствующих пропорциях[5]. Преимуществом использования такого опорного тела является ограничение возможности появления остаточных напряжений на границе раздела между опорным телом и абразивным кольцом с аналогичной твердостью и прочностью на изгиб[6].

Более высокий модуль упругости повышает стабильность инструмента, увеличивает срок его службы и улучшает качество обрабатываемой поверхности[7]. Стальные кузова, с другой стороны, значительно тяжелее дюралюминиевых, используются в очень тонких шлифовальных кругах для поддержания стабильности механических свойств инструмента.

Керамические спеченные абразивные тела имеют механические свойства, сходные с алюминидными спеченными телами; они жесткие, твердая, хорошо демпфирующая и допускающая полное использование рабочего кольца[8].

Степень демпфирования вибрации, теплопроводность и механическая прочность различных типов опорных тел.(Таблица 1) [1].

Таблица 1 – Относительное сравнение свойств материалов, используемых для шлифовальных кругов[1]

| Материал                              | Демпфирование | Тепловая проводимость | Механическая сила |
|---------------------------------------|---------------|-----------------------|-------------------|
| спеченный глинозем                    | xxx           | xxx                   | xxx               |
| дюралюминий                           | xx            | xxxx                  | xxxx              |
| бакелит                               | xxxx          | x                     | xx                |
| сталь                                 | x             | xxxx                  | xxxx              |
| керамический абразивный материал шлак | xxx           | xxx                   | xxx               |

Примечание: x - менее выраженное свойство; x x x – хорошо выражены свойства

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Staniewicz-Brudnik B. P. Figiel, Skrabalak G. Karolus M. Supporting Body Material for Ceramic Diamond Grinding Tools J. Appl. Mater. Eng. 2020, 60(2–3), 47–52; 10.35995/jame60020004.

2 Alekseev V.V., Vasiliev S.A. Application of fuzzy logic elements under the moisture supply evaluation in the plant-soil-air system // В сборнике: Fuzzy Technologies in the Industry - FTI 2018. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Сер. "CEUR Workshop Proceedings" 2018. С. 404-409.

3 Vasiliev S., Kirillov A., Afanasieva I. Method for controlling meliorative technologies on sloping cultivated lands using large scale profilometer // В сборнике: Engineering for Rural Development. Proceedings. 2018. С. 537-542.

4 Maksimov I.I., Vasilyev S.A., Vasilyev A.A. Mechanized application of ameliorants for preservation of soil moisture on cultivated lands // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012027.

5 Vasilyev A.A., Vasilyev S.A., Shkilev N.P. Mechanized spraying of liquid meliorants // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 32026.

6 Alekseev V.V., Avrelkin V.A., Vasiliev S.A. Obtaining functional dependence of friction coefficient of soil on steel // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012137.

7 Чернухин Р.В., Долгушин А.А., Касимов Н.Г., Иванцовский В.В., Лобанов Д.В., Васильев С.А., Мартюшев Н.В. Обоснование расходных характеристик рекуператора для тепловой подготовки агрегатов машин и оборудования // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2020. Т. 22. № 4. С. 82-93.

8 Vasilyev S.A., Fedorova A.A., Vasiliev M.A. Study of profilograph features for determining the geometric characteristics of products by laser scanning // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. С. 32021.

УДК 621.9:519.8

Бао Фэньюань, аспирант; BaoFengyuan

Башков Олег Викторович, доктор технических наук, профессор; Bashkov OlegViktorovich

Ли Сюэвэй, профессор; Li Xuewei

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Heilongjiang University of Science and Technology

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ АЭ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 6070 С ПОКРЫТИЕМ, ФОРМИРУЕМЫМ МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ**

### **STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF AE SIGNALS DURING TENSION OF ALUMINUM ALLOY 6070 WITH A COATING FORMED BY MICRO-ARC OXIDATION**

Аннотация. Исследовано влияние оксидирования алюминиевого сплава 6070 с различным временем микродугового воздействия на характер регистрации сигналов акустической эмиссии (АЭ) при механическом испытании. Результаты подтвердили возможность идентификации стадий деформации и разрушения алюминиевого сплава с покрытием микродугового оксидирования при внешнем механическом воздействии по амплитуде, энергии, и накоплению сигналов акустической эмиссии.

Abstract. The effect of oxidation of 6070 aluminum alloy with different microarc exposure time on the character of registration of acoustic emission (AE) signals during mechanical testing has been studied. The results confirmed the possibility of identifying the stages of deformation and destruction of an aluminum alloy with a microarc oxidation coating under external mechanical action in terms of amplitude, energy, and accumulation of acoustic emission signals.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, микродуговое оксидирование, алюминиевый сплав, испытание на растяжение.

Keywords: acoustic emission, microarc oxidation, aluminum alloy, tensile test.

### Введение

Алюминий и алюминиевые сплавы находят широкое применение в области машиностроения, авиастроения и других областях. Основными преимуществами алюминиевого сплава являются малый удельный вес и высокая коррозионная стойкость. Однако к недостаткам алюминиевых сплавов стоит отнести их низкую износостойкость. Для повышения износостойкости деталей из алюминиевого сплава принимаются различные виды поверхностной обработки. В настоящее время самым распространённым методом поверхностной обработки для повышения износостойкости являются анодирование и микродуговое оксидирование (МДО). [1].

Микродуговое оксидирование является сравнительно новым зарекомендовавшим себя методом оксидирования металлов вентильной группы, позволяющим создавать различные по структуре и свойствам покрытия. Для этого образец помещают в ванну с электролитом. При этом образец является анодом и при подключении микротокавого воздействия он покрывается оксидом алюминия  $Al_2O_3$ . Традиционный метод контроля МДО не позволяет объективно анализировать процесс происхождения дефектов при оксидировании для выяснения механизма повреждения.

Механизм происхождения дефектов в этом случае позволяет отследить такой метод неразрушающего контроля, как метод акустической эмиссии (АЭ).

### Методика проведения эксперимента

Образцы для проведения экспериментов были изготовлены из алюминиевого сплава 6070. Предварительно на образцы наносилось покрытие методом микродугового оксидирования. Время воздействия - 10, 20, 30 и 40 минут. Перед оксидированием и после завершения процесса образцы промывались и обезжиривались. Оксидирование проходило в растворе слабощелочного электролита на силикатной основе. В непосредственной близости от захвата испытательной машины устанавливался широкополосный датчик GT301, который был использован в качестве преобразователя АЭ (ПАЭ) [3].

### Результаты и их обсуждение

Микроструктуры поперечных сечений образцов после МДО и испытания на растяжение приведены на рис. 1. На микроструктурах показана характерная для МДО неравномерность покрытия по толщине, пористость в переходном слое и повреждения покрытия после испытания на растяжения.

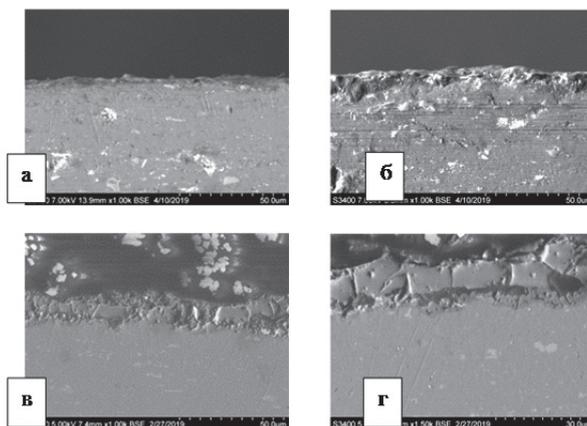


Рисунок 1 – Микроструктура оксидного покрытия, нанесенного при различном времени МДО: а) 10 мин, б) 20 мин, в) 30 мин, г) 40 мин

Покрытия имеют большую толщину и более высокую однородность по мере увеличения времени воздействия МДО. Однако влияние такого изменения характеристик покрытия на механические свойства подложки минимально и не показывает существенной разницы в данном эксперименте. Разница в коэффициенте деформации между подложкой и покрытием вызывает продольное напряжение сдвига в переходной зоне, что приводит к растрескиванию покрытия. Растягивающие напряжения, действующие на покрытие, вызывают хрупкие поперечные трещины в оксидном покрытии.

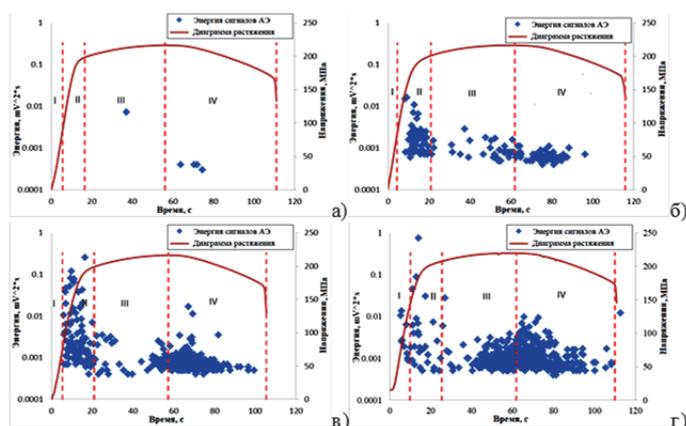


Рисунок 2 – Диаграмма параметров АЭ, с разным временем микродугового оксидирования а) 10 мин; б) 20 мин; д) 30 мин; г) 40 мин

На диаграмме рис. 2 можно наблюдать, что первый период повышения активности АЭ приходится на стадию II начала пластической деформации. Регистрация АЭ на этой стадии для образца без покрытия практически отсутствует.

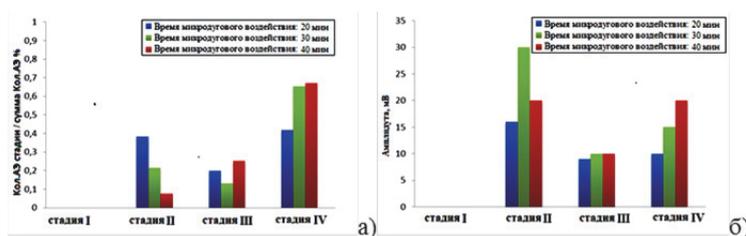


Рисунок 3 – Параметры сигналов АЭ: а) процентное распределение количества сигналов АЭ, зарегистрированных на каждой стадии, к общему количеству сигналов АЭ; б) распределение средней амплитуды сигналов АЭ, зарегистрированных на каждой стадии

Последующее повышение активности АЭ происходит на границе перехода стадии III деформационного упрочнения к стадии IV макролокализации деформации. В данный период деформации активность АЭ вызвана в большей части пластической деформацией приповерхностных слоев подложки на вновь образованных в результате растрескивания оксидного покрытия поверхностях.

Анализ числовых значений параметров АЭ (рис. 3) показывает, что уменьшение количества сигналов на II стадии в процентах от общего количества сигналов при увеличении времени окисления связано с изменением периода пространственного растрескивания покрытия. Увеличение амплитуды сигналов АЭ на стадии IV с повышением времени окисления можно объяснить тем, что после растрескивания покрытия с периодом микродугового воздействия 40 минут скорость локальной деформации новообразованных поверхностей сопровождается возбуждением большого количества сигналов АЭ с высокими амплитудами.

#### Заключение

Анализ параметров АЭ дает возможность оценить характер образования и разрушения покрытий, сформированных методом МДО. Оксидирование с различным режимом МДО можно различать по параметру сигналов АЭ для определения стадии деформирования. Полученные результаты будут использованы для разработки критерия оценки состояния покрытия МДО при сложных внешних механических воздействиях по параметрам АЭ.

#### Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4)»

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Investigation of the Influence of Electrical Modes on the Morphology and Properties of Oxide Coatings on Aluminum Alloy 1163, Obtained by the Microarc Oxidation [J]. Current Problems and Ways of Industry Development: Equipment and Technologies, 2021, (200) :87 -95 .

2 Башков О.В., Муравьев В.И., Лончаков С.З., Фролов А.В. Исследование дефектов-концентраторов напряжений по параметрам акустической эмиссии в процессе развития повреждений// Известия высших учебных заведений, Черная металлургия. 2015. Т. 58, № 12. С. 912-918.

3 Дударева Н.Ю., Бутусов И.А., Кальщиков Р.В. Влияние режимов микродугового оксидирования на механические свойства образцов из алюминиевого сплава// Механика. 2014. № 4. С. 102-117.

УДК 621.9:519.8

Башков Илья Олегович, аспирант; Bashkov Ilya Olegovich

Башков Олег Викторович, доктор технических наук, профессор; Bashkov Oleg Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ ПРИ ПОМОЩИ АДАПТИВНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА**

### **RESEARCH OF ACOUSTIC EMISSION SIGNALS RECORDED BY FIBER OPTICAL SENSORS USING AN ADAPTIVE INTERFEROMETER**

Аннотация. Работа посвящена исследованию сигналов акустической эмиссии, зарегистрированных волоконно-оптическими датчиками акустической эмиссии на адаптивном голографическом интерферометре. В работе рассмотрены вопросы частотного анализа полученных сигналов АЭ. Высокая чувствительность была показана предварительными исследованиями распределенных волоконно-оптических датчиков, а также возможность проведения встроенного контроля и мониторинга развивающихся повреждений и дефектов в волокнистых композиционных материалах. Abstract. The work is devoted to the study of acoustic emission signals registered by fiber-optic acoustic emission sensors on an adaptive holographic interferometer. The paper considers the issues of frequency analysis of the received AE signals. Preliminary studies have shown high sensitivity from distributed fiber optic sensors and the possibility of using the method of built-in control and monitoring of developing defects and damage in fiber composite materials.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, волоконная оптика, испытания, интерферометр, образец, сигнал.

Keywords: acoustic emission, fiber optics, tests, interferometer, sample.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время активно применяются системы контроля для мониторинга состояния узлов и деталей, работающих под высокой нагрузкой. Эти системы фиксируют данные во время полета и позволяют получить информацию со встроенных датчиков [1,2]. Датчики расположены непосредственно на эксплуатируемом устройстве и позволяют осуществлять мониторинг структурного состояния (Structural Health Monitoring) по собираемой информации [3]. Известны разные виды датчиков, которые можно использовать для мониторинга процессов в деталях и узлах летательного аппарата. Однако не все из них подходят для работы в условиях высокой динамической нагрузки. Например, пьезоэлектрические датчики акустической эмиссии имеют низкую помехозащищенность и высокую нелинейность характеристик. А оптоволоконные датчики на решетках Брэгга, не обладают достаточно высокой чувствительностью к микроповреждениям и могут применяться для контроля нагрузок в тех местах, где они расположены [4,5].

Рассматриваемые в данной работе распределенные волоконно-оптические датчики (ВОД) дают возможность применения методики встроенного контроля и мониторинга дефектов и повреждений, которые развиваются в композиционных материалах, так как имеют высокую чувствительность [6,7].

#### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Была разработана и практически реализована конструкция высокочувствительного волоконно-оптического датчика, проведены исследования адаптивных и корреляционных методов обработки выходных сигналов, основанных на применении средств оптоэлектроники и нелинейной оптики с целью построения на их основе адаптивных помехозащищенных измерительных систем. Обеспечение высокой чувствительности датчика достигается за счет конструктивного исполнения (рисунок 1), выполненного на базе волоконно-оптического интерферометра Маха-Цендера [11].



Рисунок 1 - Схема голографического интерферометра на лабораторном оптическом столе

В качестве чувствительных элементов волоконно-оптических датчиков акустической эмиссии (АЭ) были использованы многомодовые кварцевые волокна типа ММ-0.125 без защитной полимерной оболочки. Для сравнения чувствительности и частотных характеристик волоконно-оптических датчиков (ВОД) были проведены исследования датчиков, сконфигурированных на адаптивных интерферометрах из фоторефрактивного кристалла (ФРК): CdTe, Bi<sub>12</sub>SiO<sub>20</sub>. Каждый из приведенных типов кристаллов характеризуется различным временем перезаписи голограммы, что определяет частоту среза ФВЧ адаптивного интерферометра:  $f(\text{CdTe}) = 620$  Гц,  $f(\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}) = 0,4$  Гц. При разработке датчиков были проведены исследования двух типов интерферометров, сконфигурированных на фоторефрактивных кристаллах инфракрасного диапазона 1064 нм и видимого диапазона 532 нм. Преимущество лазера инфракрасного диапазона (1064 нм) связано с рядом причин. Первая причина связана с используемым типом фотодетекторов. Современные InGaAs детекторы обладают достаточно высокой чувствительностью и линейной характеристикой в инфракрасном диапазоне. Также InGaAs детекторы имеют более широкий частотный диапазон преобразования до 20 МГц и выше. Вторая причина связана с возможностью применения фотодетекторов в лабораторных условиях без «светомаскировки». Для излучения 1064 нм использовались InGaAs фотодетекторы с диапазоном чувствительности к излучению 900-1700 нм и полосой частот до 17 МГц. Для излучения 532 нм использовались Si фотодетекторы с диапазоном чувствительности к излучению 350-1100 нм и полосой частот до 10 МГц.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Источник Су-Нильсена применялся в качестве источника волн АЭ. Он представляет из себя излом карандашного грифеля твердостью 2Н и диаметром 0,5. Данный метод обеспечивает одиночный импульс, который аналогичен локальному лазерному импульсу некоторой длительности. В момент излома грифеля осуществляется передача энергии акустической волны материала в контактной точке, до момента отскока грифеля в сторону и потере касания с поверхностью.

Акустическая волна распространяется по окружности от точки контакта. Спектр Фурье, вейвлет-спектр, амплитуда волны, её форма оценивались при анализе зарегистрированных сигналов. С помощью пакета Matlab был выполнен расчет спектральных составляющих сигналов (рисунок 2).

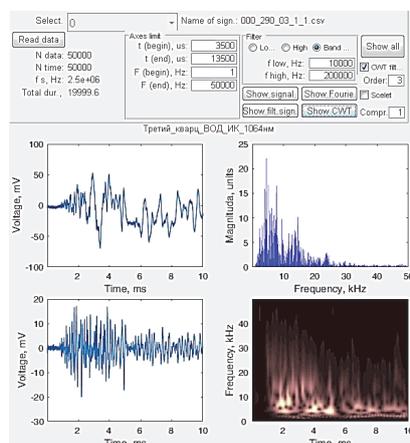


Рисунок 2 - Анализ сигналов АЭ на интерактивном интерфейсе

За счет дисперсии скорости звука в пластине образуются совокупность симметричных и антисимметричных волн – групповая волна Лэмба, которая может быть зарегистрирована в каждой точке пластины, когда датчик расположен локально (рисунок 3). В данном случае источник сигнала АЭ располагался на краю пластины, дальнем от оптоволокну датчика. На интерактивном интерфейсе (рисунок 2) видно, что основной диапазон Фурье-спектра сигнала располагается на частоте до 30 кГц. При этом также хорошо повторяется и спектр вейвлет-сигнала.

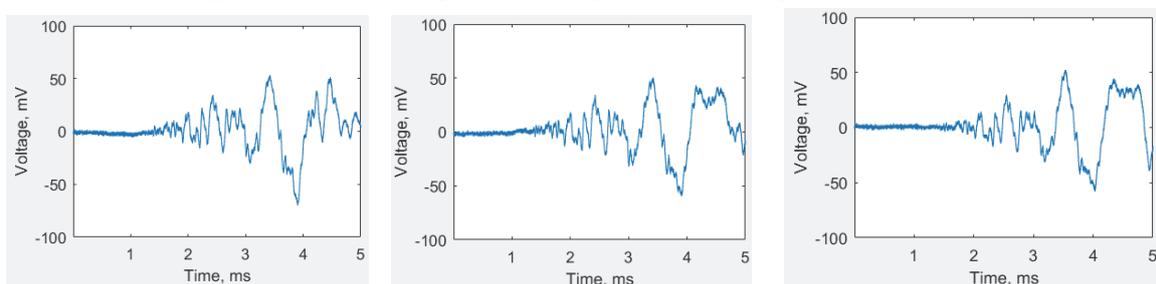


Рисунок 3 - Зарегистрированные ВОД на расстоянии 375 мм сигналы АЭ от источника возбуждения Су-Нильсена

Когда расстояние до источника акустической эмиссии изменяется, также изменяется амплитуда и вейвлет спектр сигнала, что и определяет форму групповой волны в пластине. Незначительно изменяется и Фурье спектр. На вейвлет спектрограмме наблюдались области с высокой интенсивностью, характеризующие локально временное распределение мод групповой волны Лэмба [11]. По максимумам интенсивности вейвлет спектра была построена частотная зависимость задержки распространения компоненты групповой волны, определяемой дисперсией скорости волны Лэмба в пластине.

Анализ сигналов АЭ, регистрируемых волоконно-оптическими датчиками также показал трансформацию сигнала при изменении расстояния от источника до датчика. Распределенный характер волоконно-оптических датчиков приводит к существенному увеличению длительности регистрируемого сигнала. Проведенный анализ показал возможность выделения компоненты с наибольшей интенсивностью в регистрируемом частотном диапазоне.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам исследований, которые были проведены установлено, что существенно важным параметром при обеспечении работы волоконно-оптических датчиков является частота отсечки, которая для подавления механических шумов должна быть в пределах 500-1000 Гц. В числе исследованных голографических интерферометров для целей реализации волоконно-оптического датчика акустической эмиссии наиболее эффективным в использовании является интерферометр, функционирующий на фоторефрактивном кристалле CdTe. Полученные в процессе проведенных исследований результаты позволили установить, что в интерферометре еще есть потенциал увеличения чувствительности при условии увеличения глубины модуляции интерферометра или изменении пространственной конфигурации чувствительных элементов на объекте исследования.

#### БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Speckmann H. Structural Health Monitoring: a contribution to the intelligent aircraft structure/ H. Speckmann, H. Roesner // Proc. 9th European NDT Confer. (ECNDT), 25-29 Sept., 2006, Berlin, Germany [Электронный ресурс: <http://www.ndt.net/article/ecndt2006/doc/Tu.1.1.1.pdf>]
- 2 Сорокин К.В., Гончаров В.А., Шиенок А.М., Федотов М.Ю. Возможности оптоволоконных сенсоров на основе брэгговских решеток в информкомпозиатах для регистрации ударного воздействия // Все материалы. энциклопедический справочник, 2013, № 12
- 3 Беловолов М.И. Распределенные волоконно-оптические датчики и системы для непрерывного мониторинга важных объектов// Фотон-экспресс. 2013. № 6 (110). С. 40-41.
- 4 Туртаев С.Н., Беловолов М.И., Иванов М.П., Парамонов В.М. Высокочастотный волоконный датчик звука для регистрации коммуникационных сигналов дельфинов// Фотон-экспресс. 2013. № 6 (110). С. 53-55.

5 Каблов Е.Н., Сиваков Д.В., Гуляев И.Н., Сорокин К.В., Федотов М.Ю., Дианов Е.М., Васильев С.А., Медведков О.И. Применение оптического волокна в качестве датчиков деформации в полимерных композиционных материалах // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2010. № 3. С. 10-15.

6 Guemes A., Fernandez-Lopez A., Soller B. Optical Fiber Distributed Sensing - Physical Principles and Applications// Structural Health Monitoring. 2010. V. 9(3). P. 233-245.

7 Башков О.В., Ромашко Р.В., Зайков В.И., Панин С.В., Безрук М.Н., Кхун Х.Х.А., Башков И.О. Детектирование сигналов акустической эмиссии волоконно-оптическими интерференционными преобразователями// Дефектоскопия. 2017. № 6. С. 18-25.

8 Bashkov O.V., Khon H., Zaikov V.I., Bashkov I.O., Evstigneev A.I. On-Line Registration of Damages in Composite Materials with Fiber-Optic Acoustic Emission Sensors// Materials Science Forum. 2019. V. 946. P. 270-275.

9 Bashkov O.V., Romashko R.V., Khon H., Bezruk M.N., Zaikov V.I. Bashkov I.O. Registration of acoustic emission waves in anisotropic composite plates by fiber-optic sensors// Proc. SPIE 11024, Asia-Pacific Conference on Fundamental Problems of Opto- and Microelectronics. 2019. V. 11024. P. 1102400.

10 Kamshilin A.A., Romashko R.V., Kulchin Yu.N. Adaptive interferometry with photorefractive crystals// J. Appl. Phys. 2009. V. 105. P. 031101.

11 Bashkov O.V., Khon H., Zaikov V.I., Bashkov I.O., Evstigneev A.I. on-line registration of damages in composite materials with fiber-optic acoustic emission sensors // Materials Science Forum. 2019. V. 946 MSF. P. 270-275.

УДК 541.49; 547.78; 543.42

Бей Дмитрий Васильевич, студент; Bei Dmitry Vasilievich

Шакирова Ольга Григорьевна, доктор технических наук, профессор; Shakirova Olga Grigorievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СИНТЕЗ И ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ КОМПЛЕКСОВ МЕДИ(I,II)**

### **С 2,4-ДИМЕТИЛПИРАЗОЛО[1,5-А]БЕНЗИМИДАЗОЛОМ**

### **SYNTHESIS & IR-SPECTROSCOPY OF COPPER(I,II) COMPLEXES**

### **WITH 2,4-DIMETHYLPYRAZOLO[1,5-A]BENZIMIDAZOLE**

Аннотация. Синтезированы два новых комплекса меди(I) и меди(II) с 2,4-диметилпиразоло[1,5-а]бензимидазолом (L) состава [CuLCl] (I) и [CuL<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>] (II). Проведено их ИК-спектроскопическое исследование.

Abstract. Two new complexes of copper(I) and copper(II) with 2,4-dimethylpyrazolo[1,5-a]benzimidazole (L) of the composition [CuLCl] (I) and [CuL<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>] (II) have been synthesized. Their IR spectroscopic investigation was carried out.

Ключевые слова: синтез, комплекс меди(I), комплекс меди(II), 2,4-диметилпиразоло[1,5-а]бензимидазол, ИК-спектр.

Keywords: synthesis, copper(I) complex, copper(II) complex, 2,4-dimethylpyrazolo[1,5-a]benzimidazole, IR spectrum.

Бензимидазолы как класс лигандов для синтеза комплексных соединений с 3d-металлами весьма перспективны. В работах [1, 2] были синтезированы комплексы меди(II) и кобальта(II) с замещенными производными триазолобензимидазола, показаны биологическая и магнитная активность новых комплексов. Поэтому, представлялось целесообразным синтезировать координационные соединения Cu(I, II) с новым производным, а именно с 2,4-диметилпиразоло[1,5-а]бензимидазолом, и идентифицировать их методом ИК-спектроскопии.

Для синтеза использовали 2,4-диметилпиразоло[1,5-а]бензимидазол (L, C<sub>11</sub>H<sub>11</sub>N<sub>3</sub>, рис. 1), CuCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (ректификат), ацетон (чда).

#### **Синтез [CuLCl] (I): 4Cu<sup>II</sup>Cl<sub>2</sub> + 5L + C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH → 4[Cu<sup>I</sup>LCl] + L' + 4HCl**

Навеску 2,4-диметилпиразоло[1,5-а]бензимидазола растворяли в этиловом спирте (0,37 г (0,002 моль) / 5 мл). К раствору лиганда приливали раствор CuCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O в этаноле (0,17 г (0,001 моль) / 5 мл). При этом образовался раствор тёмного-фиолетового цвета и быстро выпал чёрный осадок, который осветлился. Осадок отфильтровывали и промыли несколько раз этиловым спиртом, цвет осадка изменился на белый, высушивали на воздухе. Выход продукта составил 46 % (0,13 г).

### Синтез $[\text{CuL}_2\text{Cl}_2]$ (II): $\text{Cu}^{\text{II}}\text{Cl}_2 + 2\text{L} \rightarrow [\text{Cu}^{\text{II}}\text{L}_2\text{Cl}_2]$

Навеску 2,4-диметилпиразоло[1,5-а]бензимидазола растворяли в ацетоне (0,09 г; (0,0005 моль) / 5 мл). К раствору лиганда приливали раствор  $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в ацетоне (0,19 г (0,001 моль) / 5 мл). Образовался раствор тёмного-бардового цвета. Серо-чёрный осадок выпал, когда объем раствора уменьшился вдвое при медленном упаривании ацетона. Его отфильтровали и промыли несколько раз ацетоном, цвет осадка не изменился; высушивали на воздухе. Выход составил 67 % (0,17 г).

Комплексы получены при взаимодействии этанольных (для I) или ацето-новых (для II) растворов  $\text{CuCl}_2$  и L. В первом случае комплексообразование сопровождается процессом восстановления меди(II) до меди(I), а также конденсацией и окислением части лиганда с образованием побочного продукта L' ( $\text{C}_{13}\text{H}_{13}\text{N}_3\text{O}$ , рис. 2), строение которого доказано рентгеноструктурным анализом (РСА). Во втором случае процесс комплексообразования протекает без изменения степени окисления металла, что также доказано РСА (рис. 3). Соединения I и II при хранении на воздухе при комнатной температуре устойчивы в течение длительного времени и негигроскопичны.

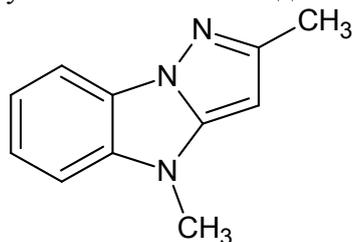


Рисунок 1. 2,4-диметилпиразоло [1,5-а]бензимидазол (L)

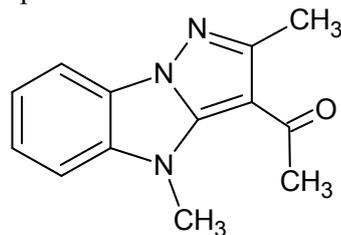


Рисунок 2. 1-(2,4-диметилпиразоло [1,5-а]бензимидазол-3ил)этанон (L')

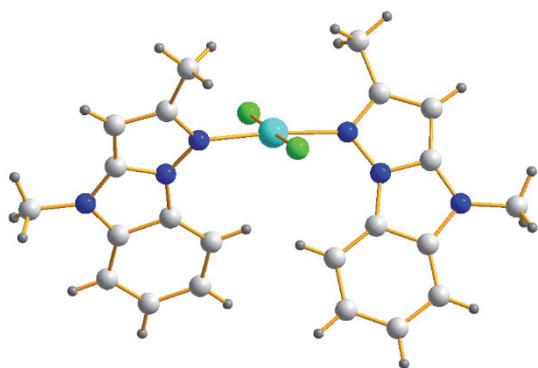
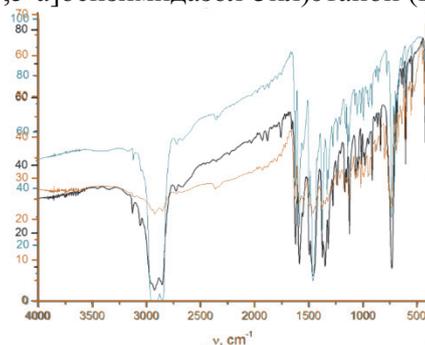


Рисунок 3 – Молекулярная структура комплекса  $[\text{CuL}_2\text{Cl}_2]$



L – голубая линия; I – черная линия;  
II – оранжевая линия

Рисунок 4 – ИК-спектры соединений.

ИК-спектров получали на FTIR-спектрометрах IRAffinity-S1 (Shimadzu) в интервале от 400 до  $4000 \text{ cm}^{-1}$  в KBr и Vertex-80 от 100 до  $400 \text{ cm}^{-1}$  в вазелиновом масле при комнатной температуре.

В ИК-спектре L присутствуют полосы валентных колебаний  $\nu(\text{C-H})$  в диапазоне  $2800\text{-}3200 \text{ cm}^{-1}$  и чувствительных к координации колебаний пиразоло[1,5-а]бензимидазольного остова при  $1690\text{-}1400 \text{ cm}^{-1}$ . В спектрах синтезированных комплексов I и II (рис. 4) валентные колебания колец смещены на  $\sim 10 \text{ cm}^{-1}$  в высокочастотную область относительно валентных колебаний в молекуле L, что свидетельствует о координации атомов азота пиразольного фрагмента к металлу [3].

В низкочастотном диапазоне регистрируются полосы деформационных колебаний лиганда  $\delta(\text{C-H})$ , а также в спектрах комплексов проявляются низкоинтенсивные полосы колебаний связей металл-лиганд:  $\nu(\text{Cu-Cl})$  при  $400 \text{ cm}^{-1}$  и  $\nu(\text{Cu-N})$  при  $248 \text{ cm}^{-1}$ .

Таким образом, изучено комплексообразование нового лиганда 2,4-диметилпиразоло[1,5-а]бензимидазол (L) с ионами меди(I, II). Показано, что в этанольной среде происходит самопроизвольное восстановление меди(II) до меди(I), в качестве побочного продукта образуется 1-(2,4-диметилпиразоло[1,5-а]бензимидазол-3ил)этанон. Методом ИК-спектроскопии в средней и низкочастотной областях доказано, что лиганд в обоих комплексах координирован к металлу атомом азота пиразольного фрагмента. По данным РСА, ионы хлора достраивают координационный узел до плоско-квадратного  $\text{CuN}_2\text{Cl}_2$  в комплексе II, что также подтверждается методом ИК-спектроскопии. Наличие аналогичных полос пропускания в спектре комплекса I позволяет считать, что и в этом комплексе ион хлора координирован к Cu(I).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Иванова А.Д., Смоленцев А.И., Богомяков А.С., Шелудякова Л.А., Воронцова Е.В. Биологическая и магнитная активность новых комплексов 3d-металлов с 2-(3,5-диметилпиразол-1-ил)бензимидазолом // В сборнике: Химические технологии функциональных материалов. Материалы V Международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции, посвященной 85-летию Казахского национального университета им. аль-Фараби. Отв. ред. А.И. Апарнев. 2019. С. 219-221.

2 Dyukova I.I., Lavrenova L.G., Komarov V.Y., Sukhikh T.S., Kuz'menko T.A., Vorontsova E.V. Coordination compounds of Co(II) and Cu(II) halides with 2,4-dimethyl-1,2,4-triazolo[1,5-a]benzimidazole // *Inorganica Chimica Acta*. 2019. Т. 486. С. 406-411.

3 Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений: Пер с англ. - М.: Мир., 1991. - 536 с.

УДК 621.7.08

Белова Инна Валерьевна, кандидат технических наук; Belova Inna Valerevna  
Донцова Станислава Андреевна, магистр; Doncova Stanislava Andreevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ МИКРОСТРУКТУР МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МЕТАЛЛОГРАФИИ

### TECHNOLOGY INCREASING THE QUALITY OF IMAGES OF MICROSTRUCTURES OF A MATERIAL BY THE METHOD OF COMPUTER METALLOGRAPHY

Аннотация. В данной статье рассмотрена методика обработки оцифрованных фотографий микроструктур для повышения точности определения таких количественных показателей микроструктур как плотность границ зерен, периметр и площадь зерна, фрактальная размерность, показатель структурной организации.

Abstract. This article discusses a method for processing digitized photographs of microstructures to improve the accuracy of determining such quantitative indicators of microstructures as grain boundary density, grain perimeter and area, fractal dimension, and an indicator of structural organization.

Ключевые слова: микроструктура, фрактальная размерность, плотность границ зерна.

Keywords: microstructure, fractal dimension, density of grain boundaries.

Идентификацию структурных составляющих материала проводят травлением полированного шлифа специальными реактивами. Каждый структурный компонент характеризуется своим химическим составом и строением, при взаимодействии с реагентом на поверхности шлифа образуется микрорельеф определенной формы или пленка химических соединений с определенной окраской, по которой идентифицируется структурный компонент. Качество изображения микроструктуры зависит от химического состава травителя, температурного режима, чистоты поверхности шлифа, продолжительности травления и ряда других факторов. Этот процесс не поддается строгой оптимизации из-за отсутствия общепринятых объективных критериев оптимизации; поэтому получение качественного изображения микроструктуры определяется главным образом квалификацией металлурга-препаратора.

Чаще всего низкое качество подготовки шлифа связано с нарушением времени травления, оптимальное значение которого определяют, как правило, экспериментально, при многократном повторении. При недостаточном времени травления на шлифе наблюдаются непотравленные участки, а при длительном травлении - перетравленные.

В зависимости от задач травления невытравленные и перетравленные зоны имеют следующие отличия. При выявлении границ зерен и фазового расслоения граничные линии в невытравленных участках не обнаруживаются или проявляются в виде цепочки точечных или пунктирных объектов, а перетравленные граничные участки представляются глубокими и широкими, микромасштабными уровнями. При выявлении структурных составляющих перетравление проявляется более темным оттенком и наличием большого количества точечных объектов, образовавшихся в результате взаимодействия травителя с микроконцентраторами напряжений.

Компьютерная обработка цифровых изображений микроструктур позволяет повысить точность выявления структурной организации материала за счет минимизации влияния дефектов травления на шлифе. Данная статья посвящена анализу этого процесса и разработке алгоритма обработки изображений.

Объектами исследования служили микроструктуры стали 20. Травление проводилось с разным временем экспозиции: 10, 20, 40 и 60 секунд. Цифровые изображения получали на металлографическом микроскопе Микро-200 при увеличении 400. Изображения обрабатывали с помощью специальной программы Image.Pro.Plus.5.1.

Для повышения точности расчета количественных показателей микроструктуры необходима предварительная подготовка цифровой фотографии.

В первом случае подготовка включала следующие операции: калибровку, т.е. приведение в соответствие увеличения и шкалы измерений; регулировка контраста и яркости; снятие контрастной маски; выбор границы.

Во втором: калибровка; регулировка контраста и яркости; удаление темного фона; снятие контрастной маски; выбор границы.

В третьем: калибровка; регулировка контраста и яркости; удаление светлого фона; снятие контрастной маски; выбор границы.

Четвертое: калибровка; регулировка контраста и яркости; удаление темного фона; удаление светлого фона; снятие контрастной маски; выбор границы.

Затем определяли периметр ( $P_i$ ), площадь ( $F_i$ ) каждого микроструктурного объекта и фрактальную размерность ( $D_i$ ) интерфейсов, по которым рассчитывали количественные показатели интерфейса структурного состояния по формулам (1) и (2):

$$q_i = \frac{P_i}{F_i}, \quad (1)$$

где  $P_i$  – периметр отдельного зерна;

$F_i$  – площадь отдельного зерна.

$$Q_c = \sum_{i=N} \left( \frac{P_i \times D_i}{2F_i} \right), \quad (2)$$

где  $D_i$  – фрактальная размерность границы отдельного зерна;

$N$  - количество зерен на одной фотографии.

Площадь поверхности шлифа, фиксируемая при 400 кратном увеличении составляла  $250 \times 280 \text{ мкм}^2$ .

На рисунке 1 представлена микроструктура стали при различном времени выдержки в реагенте. С увеличением времени выдержки в реагенте при прохождении химических реакций микроструктура приобретает более темный вид. Границы зерен становятся глубже и шире исходных. А при дальнейшей обработке фотографий, а именно снятии контрастной маски и выделении границ, а затем подсчете объектов, будут получены неверные данные.

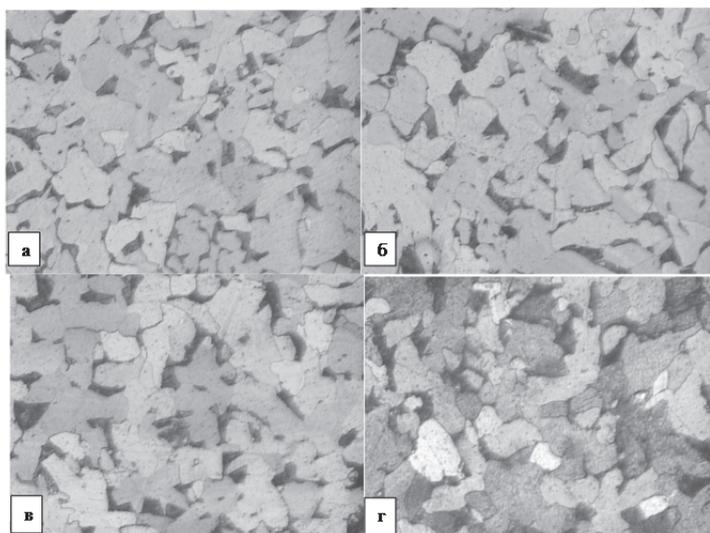


Рисунок 1 – Микроструктура стали 20 при разной длительности травления.  
При длительности травления: а - 10 с; б – 20 с; в – 40 с; г – 60 с

Результатом трансформации фотографии микроструктуры, удобной для дальнейшей компьютерной обработки, является ее изображение с выделенными границами зерен и фазовым разделением. На рис. 2 в качестве примера показана микроструктура стали 20 до и после трансформации. По преобразованным изображениям определяли количественные характеристики, а результаты переносили в Excel для расчета комплексных характеристик и статистической обработки.

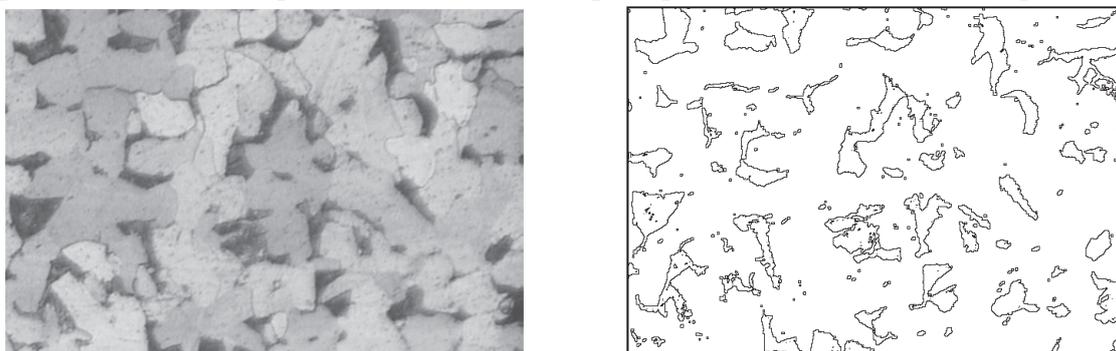
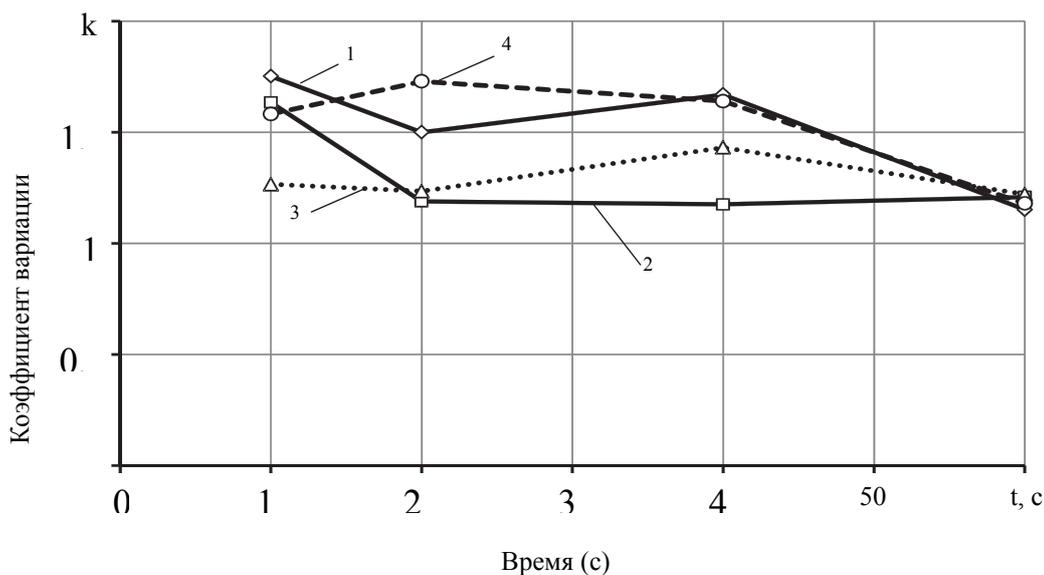


Рисунок 2 – Микроструктура стали 20 до и после компьютерного преобразования

На основании полученных данных строится кривая распределения частоты попадания зернограницной плотности в определенный диапазон. Эти кривые носят гиперболический характер и свидетельствуют о том, что зерна с менее развитой границей заполняют больший объем материала, но их роль в формировании структурных и энергетических параметров незначительна. Затем

Вычисляем коэффициент вариации (рисунок 3).



1 – без вычитания фона; 2 – вычитание темного фона; 3 – вычитание светлого фона;  
4 – вычитание светлого и темного фона

Рисунок 3 – Коэффициент вариации при различных методах обработки изображений

В компьютерной металлографии используются количественные геометрические показатели, при этом сама структура представляется в виде набора геометрических объектов, отображающих структуру материала на разных масштабных уровнях. Структура одного и того же объекта, зафиксированная в разных сечениях, имеет геометрическую общность, на основании которой осуществляется идентификация структурных составляющих и строения материала. Структурная организация материала оценивается по статистическим показателям распределения отдельных количественных характеристик кристаллитов и других микроструктурных объектов, к которым относятся средний диаметральный размер, периметр и площадь поперечного сечения кристаллита в плоскости сечения, а также как фрактальная размерность границ зерен и фазового разделения.

Расчитав коэффициент вариации при различных методах обработки изображений и построив кривые можно увидеть, что кривая 2 имеет самый низкий коэффициент вариации.

Поэтому обработка изображений с вычитанием темного фона является наиболее достоверной для определения показателей структурной организации материала.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4)»

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ким В.А., Лиманкин В.В., Марин Б.Н. и др. Количественная оценка зеренной структуры конструкционных сталей при пластической деформации и рекристаллизационном отпуске //Ученые записки КнАГТУ, 2012. № II. С. 83 – 88.

2 Ким В.А., Петров В.В., Бутин А.В., Белова И.В., Шпилева А.А. Количественный структурно-энергетический анализ термообработки конструкционной стали //Металловедение и термообработка металлов. № 4, 2010. С. 24 – 26

3 Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика – М.: Физматлит, 2006. 816 с.

4 Ким В. А. Диссипативные структуры взаимодействия лазерного излучения с конструкционной сталью 45 / В. А. Ким, Аунг Нгве Тайн, В.В. Лысенко, А.А. Афанасьева // Упрочняющие технологии и покрытия.

5 Ким В.А., Башков О.В., Попкова А.А. Количественная оценка карбидной неоднородности быстрорежущих сталей с помощью компьютерной металлографии //Ученые записки КнАГТУ, 2016. Т. 1. № 1 (25). С. 105-111

УДК 549.057

Брызгалов Марк Анатольевич; Bryzgalov M. A.

Русское географическое общество. Кемеровское региональное отделение

#### ПУЦЦОЛАНЫ ДРЕВНЕГО РИМА И СОВРЕМЕННЫЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ

#### POZZOLANS OF ANCIENT ROME AND MODERN CONCRETE MIXES

Аннотация. В данной работе публикуются данные геологического происхождения составляющих компонентов и химического состава бетонных смесей в свете возможности их качественной модификации для применения в современном строительстве, на основе технологий римского бетона.

Abstract. This paper publishes data on the geological origin of the constituent components and the chemical composition of concrete mixtures in the light of the possibility of their qualitative modification for use in modern construction, based on Roman concrete technologies.

Ключевые слова: цемент, бетон, пуццоланы, кремнезем, известь, глинозем, тоберморит.

Keywords: cement, concrete, pozzolans, silica, lime, alumina, tobermorite.

Каменный век явил собой начало истории цивилизации человечества. Камень стал не только древнейшим добытым первобытным человеком полезным ископаемым, но и возможно первым строительным материалом. Поэтому вполне логичным было появление именно в каменном веке первого искусственного камня - псевдобетона. И все же главным строительным материалом был природный камень.

Горные породы, исторически применяемые в строительной сфере, можно разделить на первичные и вторичные. Первичные сложились при формировании магматических и частично метаморфических горных пород, вторичные – позднее сложились из первичных минералов и содержатся только в осадочных горных породах, таких как гипс и каолинит.

Все горные породы, пригодные для применения в строительстве условно, подразделяются на группы, из которых нам наиболее интересны кремнеземистые, полевые шпаты, карбонаты, сульфаты.

При выветривании полевых шпатов образуется каолинит - водный алюмосиликат ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ), который является основой глин.

Кальцит (известковый шпат) представляет собой наиболее распространенной формой безводного карбоната кальция ( $CaCO_3$ ). Оксид кальция ( $CaO$ ) представляет собой известь. Гипс является водной разновидностью сульфата кальция ( $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ ).

Известняк самая распространенная осадочная горная порода, состоящая из кальцита  $\text{CaCO}_3$  и примесей глины, кварца, доломита и других примесей. Примеси  $\text{MgCO}_3$  и  $\text{SiO}_2$  увеличивают такие удельные характеристики как твердость, прочность и стойкость известняков.

Горные породы служат основной сырьевой базой для промышленности строительных материалов. Из них получают нерудные строительные материалы, в том числе цементы и их производные составляющие- бетоны.

Соединение окислов, существующее в системе координат: кремнезем-известь-глинозем  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  составляет основу любого современного цемента. Впервые в научной практике данная система была детально изучена известными во всем мире специалистами Ранкиным и Райтом. Диаграмму состояния системы  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ , с уточнениями по Осборну и Муану, можно увидеть на рис. 1. В данной системе  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  присутствует значительное количество химических соединений, в том числе бинарных и тройных.

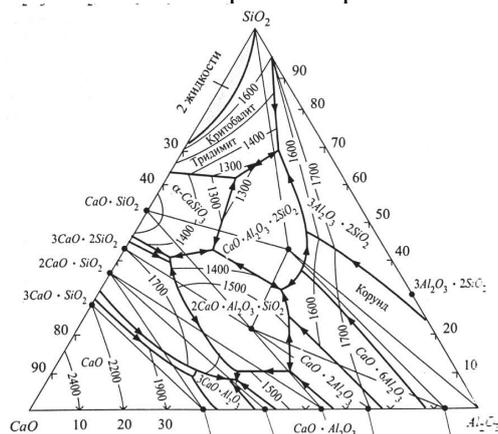


Рисунок 1 – Диаграмма состояния системы  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$

К примеру, вышеуказанные окислы составляют до 80% глиноземных цементов и до 90% портландцементов. Согласно исследованиям Ранкина и Райта трехкальциевый силикат  $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$  является основой портландцемента.

Особый интерес для нас представляют собой известь и кремнезем. В результате процесса нагрева кремнезем и известь образуют между собой четыре химических соединения. Ортосиликат  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , соединение  $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , метасиликат  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ , соединение  $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$ , образующиеся более чем в одной кристаллической форме.

К примеру, в настоящее время метасиликат  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  известен в трехформах: псевдоволластонит, волластонит, параволластонит с удельным весом 2,9-2,91. Псевдоволластонит получается при затвердевании смеси (в долевом соотношении 1:1) кремнезема и извести. В добавление к вышеуказанному отметим, что ортосиликат  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  является составляющим веществом различных видов шлаков и цементов.

Алюминаты кальция образуют пять различных химических соединений:  $\text{CaO}\cdot 6\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $12\text{CaO}\cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ .

Алюмосиликаты природного состава  $\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$  геологически представлены в виде муллита, силлиманита, кианита и андалузита. Химические соединения силлиманита, кианита и андалузита являются неустойчивыми. Наиболее устойчивым является химическое соединение  $3\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 2\text{SiO}_2$ . Муллита.

Соединения глинозема и кремнезема в чистом виде в природе практически не встречаются, но на практике представляют собой прекрасный огнеупорный материал.

Исторически сложилось так, что из всех древних цивилизаций наибольшее применение бетон нашел в древнем Риме, где он употреблялся как строительный материал на протяжении 700 лет. Раствор приготавливался примерно так же как и сейчас, на основе известкового раствора и вулканического пепла, транспортировавшегося от подножия Везувия. Вулканический пепел (пуццолан<sup>1</sup>) придавал бетону водостойкость. В Италии, построенные из бетона во времена древ-

<sup>1</sup>Пуццоланы // Прокат — Раковины. — М. : Советская энциклопедия, 1955. — С. 330—331. — (Большая советская энциклопедия : [в 51 т.] / гл. ред. Б. А. Введенский ; 1949—1958, т. 35).

него Рима морские причалы, до сих пор значительно более прочные чем современные сооружения. Благодаря наличию пуццоланов<sup>2</sup>, бетон Древнего Рима со временем становится только прочнее. Именно поэтому, нас в данной работе интересуют цементные составы с введенными в их состав пуццоланами.

Пуццолановым цементом принято называть строительное гидравлическое вещество, затвердевающее в присутствии воды, которое получают технологией помола цементного клинкера с минеральной добавкой активного типа. Процентное содержание добавок находится в прямой зависимости от их свойств и состава. Содержание добавок вулканического происхождения, топливной золы обожженной глиняной массы, составляет как правило порядка 20-40%. При изготовлении пуццоланового цементного порошка с целью регулирования сроков схватывания, добавляют гипс, но не более 3,5%.

Производство пуццоланового цемента на основе технологии совместного помола обусловлено тем, что клинкер, размалывается в вместе с гипсом и минеральной добавкой. Стоит отметить что себестоимость пуццоланового цемента ниже себестоимости классического портландцемента. Кроме того, с повышением доли вводимой добавки себестоимость готового продукта уменьшается.

Примем во внимание тот факт, что существует возможность изготовления пуццоланового цемента непосредственно на возведении крупных строительных объектов, с применением специальных сушильно-помольных аппаратов. В связи со значительной энергозатратностью данного вида производства, применение сушильно-помольных аппаратов на небольших строительных объектах малорентабельно.

При затвердевании пуццоланового цементного состава, получают гидроалюминаты и гидроферриты кальция, двухкальциевый гидросиликат  $C_2SH_2$  и гидрат окиси кальция. Наличие добавки усиливает не только гидратацию, но и гидролиз цементного состава, в том числе и из-за взаимодействия цементного состава с гидратом окиси кальция. Активаторами пуццоланового бетона выступают добавки трехкальциевого силиката и трехкальциевого алюмината, которые достаточно быстро гидратируются в смеси. Ускорителями процесса твердения служит добавка хлористого кальция, а также более тонкий помол пуццоланового цемента.

Древнеримский *opus caementicium* - прародитель современного бетона. Анализ проб древнеримского бетона показал, что он превосходит распространённые марки современного бетона по прочности, а главное – по экологичности. Для морских сооружений применялся смесь извести и вулканического пепла. Секрет древнего бетона в образовании минерального глиноземного тоберморита (состоящие из воды, кальция, алюминия, кремния и кислорода), которого там не было изначально. Тоберморит появлялся в *opus caementicium* в результате взаимодействия морской воды с щелочной средой. Морская вода постепенно растворила вулканический пепел с образованием на его месте очень твердых кристаллов. Растущие кристаллы тоберморита прочно сцеплялись между собой. Этот процесс, может длиться сотни и тысячи лет, на протяжении которых бетон становится только прочнее.

Пуццолановый цемент с успехом применяют при возведении подводных и подземных бетонных и железобетонных конструкций, подвергающихся действию пресных и сульфатных вод. Его можно использовать и для конструкций, а также строительных растворов, находящихся в условиях повышенной влажности.

В данном контексте интересен опыт строительной отрасли Японии. Так после вывода из эксплуатации АЭС Хамаока, объект стали использовать для проведения научных экспериментов и исследований, в ходе проведения которых И. Маруяма обнаружил, что бетонные стены камеры реактора АЭС Хамаока увеличили прочностные характеристики втрое по сравнению со своими проектными данными. В ходе проведения экспериментов Маруяма обнаружил прямую параллель с качественными характеристиками бетонного камня Древнего Рима.

Этот очень длительный процесс и повторить его в лабораторных условиях крайне сложно, и только при нагреве бетонной смеси до температуры выше 70°C. Но это уже опасно для качественных характеристик самого бетонного камня. Следует отметить что японский атомный реак-

---

<sup>2</sup>Юсупов Э. С. Пуццолан // Словарь терминов архитектуры. — Санкт-Петербург: Фонд «Ленинградская галерея», 1994. — С. 299. — 432 с. — ISBN 5-85825-004-1

торнаходился в работе более 30 лет. В процессе его эксплуатации температура стенреактора колебалась в интервале от 40 до 55°C. Маруяма сделал предположение, что длительный, нагрев запустил в бетонном камне реакцию образования глиноземного тоберморита, который и сделал прочнее стены сооружения.

Заметим, что современный бетон набирает 50% прочности за 3 дня сразу после заливки, 75% в течение 28 дней, и 100% за год, после чего дальнейшего упрочнения уже совсем не происходит. Бетонный камень, в котором запущены реакцию образования глиноземного тоберморита (по типу древнеримских) способен при определенных условиях набирать прочность столетиями.

Исходя из вышесказанного, применение при возведении сооружений с температурой стен от 40 до 55°C и выше, с применением бетона с добавлением в состав пуццоланов (римского типа), эмпирически приведет при возведении строительных конструкций к увеличению прочности бетонного камня.

Современный портландцемент как главенствующий ныне вид цемента, при своем производстве значительно загрязняет атмосферу земли парниковыми газами. В мире производится 19 млрд. тонн цемента в год, что составляет порядка 7% общемировых выбросов углекислого газа. При изготовлении портландцемента смесь известняка и глины нагревают до 1450 °С, а римляне производили пуццолановый цемент при температуре 900°C. Применение римских рецептов приведет к значительной экономии энергоресурсов и сокращение выбросов CO<sub>2</sub>.

Таким образом можно сделать вывод, что существуют возможности для разработки на основе рецептов римского бетона (на основе пуццолановых добавок) различных способов пассивного укрепления современного бетона, с учетом положительного опыта применения пуццоланов при возведении подводных и подземных бетонных и железобетонных конструкций, подвергающихся действию пресных и сульфатных вод. Применение на практике при возведении строительных конструкций опыта строителей Древнего Рима положительно скажется на экономии энергоресурсов, снижении выбросов углекислого газа в атмосферу при производстве цемента и главное увеличит срок службы зданий и сооружений.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пуццоланы // Прокат - Раковины. - М. : Советская энциклопедия, 1955. - (Большая советская энциклопедия : [в 51 т.] / гл. ред. Б. А. Введенский ; 1949-1958, т. 35), С. 330-331.

2 Юсупов Э. С. Пуццолан // Словарь терминов архитектуры. - Санкт-Петербург: Фонд «Ленинградская галерея», 1994. - ISBN 5-85825-004-1, С. 299. - 432 с.

УДК 539.422.52

Брянский Антон Александрович, заведующий лабораторией МУН ЛРМНК;

Bryansky Anton Aleksandrovich

Башков Олег Викторович, доктор технических наук, профессор; Bashkov Oleg Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБА НАГРУЖЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АЭ**

#### **DAMAGE IDENTIFICATION AND EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE METHOD OF LOADING A POLYMER COMPOSITE MATERIAL USING THE AE METHOD**

Аннотация. В работе представлены результаты исследования разрушения полимерного композиционного материала в условиях циклического и статического растяжения. Использован подход кластеризации параметров частотных спектров сигналов АЭ с их идентификацией по значениям пиковых частот. Получены результаты влияния скорости статического нагружения на масштаб образующихся повреждений, различий процесса разрушения при различных способах нагружения

Abstract. The paper presents the results of a study of the polymer composite material destruction under conditions of cyclic and static tension. The clustering technique of the frequency spectra parameters of AE signals with their identification by the peak frequencies values was used.

The results of the influence of the static loading rate on the damage scale, the differences in the destruction process under various loading methods are obtained.

Ключевые слова: ПКМ, стеклопластик, разрушение, АЭ.  
 Keywords: PCM, FGRP, destruction, AE.

### Введение

Метод акустической эмиссии (АЭ) относится к пассивным неразрушающим методам контроля, позволяющим регистрировать образование и развитие структурных дефектов в полимерных композиционных материалах (ПКМ). Параметры регистрируемых сигналов АЭ содержат информацию о природе источника излучения, его масштабе, что позволяет оценить опасность образующихся дефектов и рассуждать о прочностных свойствах материала [1].

В решении задачи идентификации повреждений по параметрам регистрируемой АЭ широкое распространение получил подход с использованием параметров частотного представления сигналов, получаемых применением методов Фурье и вейвлет преобразования. Структура ПКМ представляет собой композицию фаз как минимум двух материалов с существенно различающимися механическими свойствами. Поэтому использование даже одного частотного параметра, как медианная или пиковая частоты, позволяет получить удовлетворительные результаты анализа разрушения материала [2].

### Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследований были выбраны образцы 46-тислового стеклопластика в виде лопаток с прямоугольным сечением рабочей части 10 x 10 мм, изготовленные методом вакуумной инфузии с использованием связующего DION 9300 FR и стеклоткани Т-11-ГВС-9. Механические испытания проводились статическим растяжением со скоростями 1 и 2 мм/мин, циклическим растяжением с нагрузкой 60% от разрушающего напряжения (300 МПа).

Регистрация АЭ проводилась на программно-аппаратном комплексе АЕ 2.1 Pro с использованием широкополосного датчика Globaltest GT301 (50 – 550 кГц). Обработка зарегистрированных сигналов АЭ выполнялась по схеме, приведённой на рис. 1 в среде MATLAB.

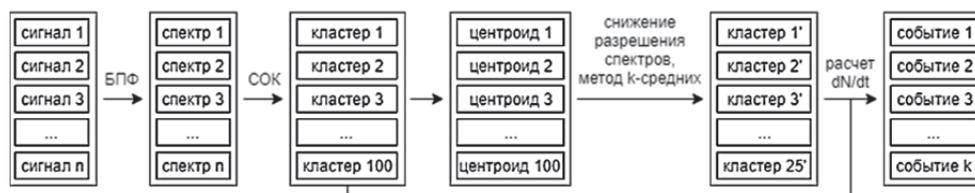


Рисунок 1 – Схема обработки сигналов АЭ.

Для зарегистрированных сигналов АЭ рассчитывались спектры Фурье, которые далее ограничивались до диапазона 24 - 450 кГц и нормализовались. Обработанные спектры Фурье подавались на вход самоорганизующейся карты Кохонена. Разрешение полученных спектров-центроидов кластеров понижалось и далее использовались для кластеризации алгоритмом k-средних. Анализ кривых накопления каждого кластера проводился по интенсивности их накопления. Для этого было принято пороговое значение интенсивности критического накопления равным 2 сигнала в секунду для циклического испытания и 1 сигнал в секунду для статических испытаний [3].

### Результаты и их обсуждение

Характеристика кластеров повреждений на соответствие какому-либо типу повреждения проводилась на основании значений пиковых частот спектров. Частотные диапазоны и соответствующие им типы повреждений, использованные в работе, установлены на основании ранее проведённых исследований авторами [4], в том числе испытаний образцов из чистого связующего [5], и анализа результатов других исследователей (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика типов повреждений по частотам

| Частоты, кГц      | Тип образующегося повреждения                            |
|-------------------|----------------------------------------------------------|
| 30 – 70, 80 и 100 | Повреждения матрицы масштаба 1, 2 и 3 соответственно     |
| 130 – 150         | Критические повреждения матрицы (межслоевые повреждения) |
| 150 – 220         | Образование расслоений                                   |
| 180 – 260         | Скольжение волокон                                       |
| 270 – 310         | Отклеивание волокон                                      |
| 360 – 400         | Излом волокон                                            |

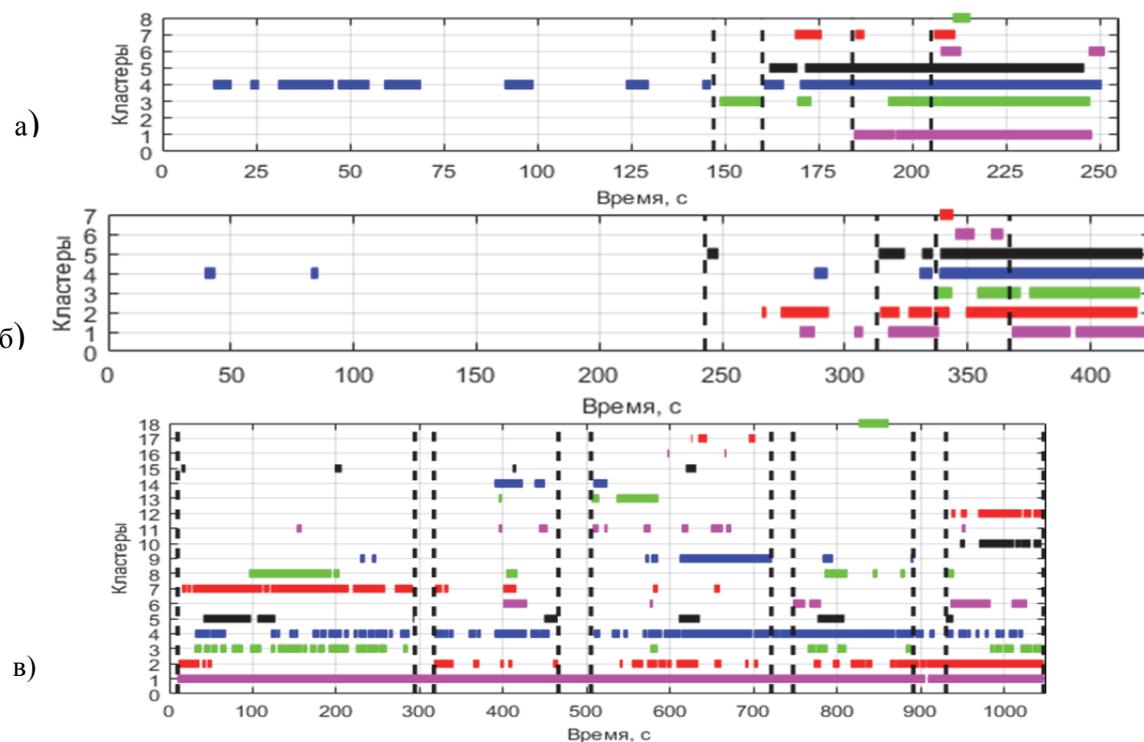


Рисунок 2 – Накопление различных повреждений при:  
 а – статическое растяжение со скоростью 2 мм/мин; б – статическое растяжение со скоростью 1 мм/мин; в – циклическое растяжение

На рисунке 2 представлены периоды критического накопления кластеров при испытании образцов ПКМ (горизонтальные линии характеризуют критическую активность кластеров, вертикальными обозначены границы стадий).

Процесс разрушения при статическом нагружении со скоростью 2 мм/мин протекает в 5 стадий. На стадии I образуются повреждения волокон с незначительными микроповреждениями матрицы. На стадии II повреждения матрицы и волокон приобретают комбинированный характер. С середины стадии III регистрируются крупные повреждения матрицы. На стадии IV интенсивность макроповреждений матрицы растёт. Критические повреждения начинают регистрироваться на стадии V, что характеризует критическое разрушение вплоть до разрыва образца.

Процесс разрушения при статическом нагружении со скоростью 1 мм/мин протекает в 5 стадий. На стадии I кратковременно регистрируются изломы волокон. На стадии II начинают также регистрироваться микроповреждения матрицы. Далее процесс разрушения продолжается, с увеличением интенсивности повреждений стекловолокон на стадии III. Рост интенсивности комбинированных повреждений матрицы и волокон, регистрация излома и выскальзывания волокон в начале стадии IV. На стадии V протекает образования повреждений стекловолокон и микроповреждений матрицы до разрыва образца.

Процесс разрушения при циклическом нагружении протекает в 5 стадий. На стадии I образуются микроповреждения матрицы. На стадии II в процесс разрушения включаются волокна, инициируется межслоевая трещина. На стадии III накопление повреждений волокон и матрицы микромасштаба, рост межслоевой трещины. С середины стадии образуются повреждения матрицы макромасштаба. На стадии IV процесс образования комбинированных повреждений матрицы и волокон становится более однородным. На стадии V несколько возрастает масштаб повреждений матрицы, комбинированных с разрушением волокон, вплоть до разрыва волокон.

### Выводы

При оценке влияния скорости нагружения установлено, что на начальных этапах испытания отсутствуют явные отличия. Начиная с третьей стадии, большая скорость нагружения приводит к образованию повреждений матрицы большего масштаба. Однако, ближе к моменту разрушения характер образования разрушений сводится к микроповреждениям матрицы и критическим разрушениям, как в комбинированном, так и раздельном типе протекания.

В условиях циклического растяжения кинетика накопления повреждений отличается более крупными повреждениями матрицы и, начиная с третьей стадии испытания, выраженным процессом образования межслоевых повреждений материала. К моменту разрушения образца наблюдается схожая кинетика образования микроповреждений матрицы и комплексного повреждения волокон.

На основании проведённого анализа, сделан вывод, что по локальному образованию микроповреждений матрицы и излому части волокон можно предупредить разрушение материала, а по регистрации повреждений по типу нарушения адгезии зафиксировать начало разрушения материала.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4)

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Roundi W. et al. Acoustic emission monitoring of damage progression in glass/epoxy composites during static and fatigue tensile tests // *Applied Acoustics*. – 2018. – Т. 132. – С. 124-134.

2 Godin N., Huguet S., Gaertner R. Integration of the Kohonen's self-organising map and k-means algorithm for the segmentation of the AE data collected during tensile tests on cross-ply composites // *Ndt & E International*. – 2005. – Т. 38. – №. 4. – С. 299-309.

3 Брянский А.А., Башков О.В. Идентификация источников акустической эмиссии в полимерном композиционном материале в условиях циклического растяжения // *Вектор науки Тольяттинского государственного университета*. 2021. № 3. С. 19–27.

4 Bashkov O., Bryansky A., Shakirova O. Bearing capacity of polymer composite materials determination by parameters of registered acoustic emission // *Materials Today: Proceedings*. – 2019. – Т. 19. – С. 2434-2437.

5 Khon, H., Bashkov, O. V., Bryansky, A. A., Solovev, D. B. Failure Analysis of Polymer Blinder Using Acoustic Emission Method // *Materials Science Forum*. – Trans Tech Publications Ltd, 2020. – Т. 992. – С. 1030-1035

УДК 620.022

Будникова Яна Николаевна, студент; Budnikova Yana Nikolaevna  
Желевская Дарья Денисовна, студент; Zhelevskaya Darya Denisovna  
Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук;  
Protsenko Alexander Evgenievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ $H_2L[CoCl_4]$ НА ПРИМЕРЕ РЕАКЦИИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ЭПОКСИВИНИЛЭФИРОНОГО СВЯЗУЮЩЕГО**

#### **THE STUDY OF CATALYTIC ACTIVITY OF $H_2L[CoCl_4]$ ON THE EXAMPLE OF THE EPOXYVINYL ETHER BINDER CURING REACTION**

Аннотация. Данная работа посвящена изучению отверждения эпоксивинилэфирного связующего марки Derakane 411-350 в присутствии тетрахлоркобальтата транс-2,5-диметилпиперазина  $H_2L[CoCl_4]$ . Представлены экспериментальные данные исследования времени желатенизации, отверждения и энергия активации процесса.

Abstract: This work is devoted to the investigation of solidification of Derakane 411-350 brand epoxy vinyl ester binder in the presence of cobalt(II), trans-2,5-dimethylpiperazine  $H_2L[CoCl_4]$ . Experimental data on the study of gelatinization time, curing and activation energy of processes are present.

Ключевые слова: отверждение, эпоксивинилэфирное связующее, комплекс кобальта(II), транс-2,5-диметилпиперазин.

Keywords: solidification, epoxy vinyl ester binder, complex of cobalt(II), trans-2,5-dimethylpiperazine.

Тема каталитического отверждения эпоксивинилэфирного связующего особенно актуальна в судостроительной промышленности. В настоящее время на большинстве производств в качестве сырья для корпусов судов используют полимерные композиты, в том числе и эпоксивини-

лэфирные. Это позволяет снизить вес, улучшить эксплуатационные характеристики. В отличие от металла, этот полимерный материал более устойчив к действию соленой воды, солнечного света, не гниет, не обрастает моллюсками и водорослями, не подвергается коррозии.

Материалы полученные на основе эпоксивинилэфирной смолы обладают высокой прочностью. Они долговечны, их можно быстро изготовить. Для отверждения эпоксивинилэфирных смол используют различные соединения, которые называются отвердителями. Одной из основных проблем при отверждении эпоксивинилэфирных смол является то, что вследствие некорректно подобранного отвердителя, или неправильных пропорций, неправильной методики изготовления, образуется некачественный материал. Такой брак продукции значительно сказывается на физико-химических характеристиках готового продукта. При производстве крупнотоннажной продукции такой брак приведет к большим экономическим потерям. Поэтому реакции отверждения смол проводят в присутствии катализаторов. Благодаря правильно подобранному катализатору можно повлиять на процесс отверждения, и получить материал с нужными механическими свойствами.

Целью данной работы являлось изучение отверждения эпоксивинилэфирного связующего Derakane 411-350 метилэтилкетон пероксидом в присутствии катализатора  $H_2L[CoCl_4]$ . Гетероциклическое соединение  $H_2L[CoCl_4]$  получено по методике [1].

Для достижение поставленной цели необходимо подобрать растворитель, который будет растворять катализатор и не ухудшать свойства полимера. Подбор органического растворителя осуществлялся экспериментально. Исследовались такие растворители как стирол, толуол, тетрагидрофуран, диметилсульфоксид. Полное растворение катализатора удалось добиться только с диметилсульфоксидом.

В работе также исследовалось влияние концентрации катализатора на свойства реактопласта. В связи с этим использовались две рецептуры (таблица 1). Инициирование отверждения осуществлялось пероксидом метилэтилкетона Butanox M50.

Таблица 1 – Рецептуры

| Состав      | Содержание компонентов, масс. ч. |     |
|-------------|----------------------------------|-----|
|             | 1                                | 2   |
| Связующее   | 100                              | 100 |
| Катализатор | 0,2                              | 2   |
| Инициатор   | 2                                | 2   |

Для получения образцов все компоненты отмерялись на аналитических весах и поочередно смешивались. Основные параметры отверждения представлены в таблице 2.

Было проведено наблюдение за процессом отверждения. Меньше чем через час в обоих образцах начался процесс желатинизации. В процессе желатинизации происходит наращивание молекулярной массы полимера, вследствие чего, он теряет текучесть и становится желеобразным. Этот процесс сопровождался выделением тепла. Еще менее чем через час образцы затвердели полностью. Время желатинизации и полного отверждения приведены в таблице 2. После затвердевания на поверхности образцов можно было наблюдать липкий слой, который образуется за счет контакта верхней поверхности образца с кислородом воздуха и удаляется после термообработки.

Таблица 2 – Время протекания реакций

| Содержание катализатора в системе отверждения, % | Время, мин    |             |
|--------------------------------------------------|---------------|-------------|
|                                                  | желатинизации | отверждения |
| 2                                                | 39            | 79          |
| 0,2                                              | 49            | 82          |

По результатам данного этапа работы было выявлено, что время полного затвердевания у образцов с разным содержанием катализатора примерно одинаково. Однако для образца с меньшей концентрацией катализатора необходимо больше времени для начала желатинизации.

Далее исследовалась твердость полученных образцов по методу Шора, шкала D. Испытывалась нижняя поверхность образцов без липкого слоя, измерения считывались в пяти точках образца с целью получения среднего значения твердости. Были получены следующие результаты:

Таблица 3 – Твердость образцов

| Смесь                                                  | %   | Твердость |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------------------------|-----|-----------|------|------|------|------|------|
|                                                        |     | 1         | 2    | 3    | 4    | 5    | сред |
| H <sub>2</sub> L[CoCl <sub>4</sub> ]+Диметилсульфоксид | 2   | 0,82      | 0,80 | 0,83 | 0,83 | 0,84 | 0,82 |
|                                                        | 0,2 | 0,84      | 0,84 | 0,85 | 0,85 | 0,84 | 0,84 |

Таким образом по результатам работы можно заключить: второй образец с содержанием H<sub>2</sub>L[CoCl<sub>4</sub>] 0,2 % растворенного в диметилсульфоксиде имеет лучшие показатели твердости, чем первый образец с большей концентрацией катализатора. Время для полного затвердевания образцов - примерно одинаково. вследствие чего считаем более рациональным использование второй рецептуры.

С целью определения кинетических параметров и подтверждения каталитической активности исследовалась энергия активации по методике Киссенджера [2]. С помощью данного подхода можно узнать значение энергии активации по графику зависимости  $\ln(\beta/T_m^2)$  от  $1000/T_m$ . Для работы проводилась несколько экспериментов с разными скоростями нагрева ( $\beta$ ). Экспериментальные показания отображены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные кинетического анализа

| Температура (Т),К | Скорость нагрева (v), К/мин | $\ln(v/T^2)$ | 1000/Т |
|-------------------|-----------------------------|--------------|--------|
| 381               | 10                          | -9,58        | 2,62   |
| 372,3             | 5                           | -10,23       | 2,69   |
| 343,8             | 2,5                         | -10,76       | 2,91   |

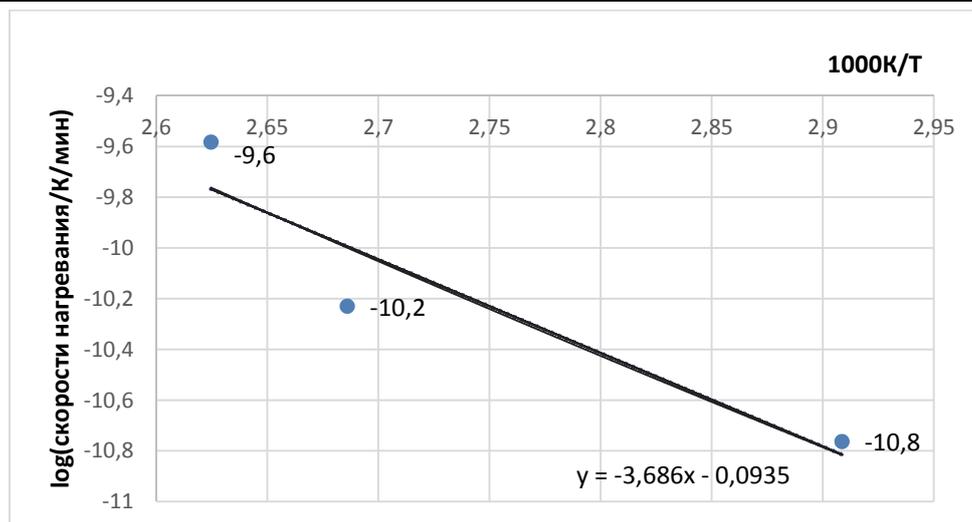


Рисунок 2 – Зависимость Киссенджера

На рисунке 2 представлены зависимости расчетных параметров по Киссенджеру. По полученной диаграмме, определяется тангенс угла наклона прямых, по которому находится энергия активации по формуле:

$$Ea = -R \cdot tg(\alpha)$$

где  $tg(\alpha)$  – тангенс угла наклона кривой,

R – универсальная газовая постоянная 8,314, Дж/(К·моль)

Таким образом, энергия активации данной системы составила 30,1 кДж/моль. Энергия активации непредускоренной системы отверждения составляет 79,9 кДж/моль. Соответственно соединение H<sub>2</sub>L[CoCl<sub>4</sub>] в растворе диметилсульфоксида и тетрагидрофурана может быть использовано в качестве катализатора, ускоряющего процесс отверждения эпоксивинилэфирного связующего.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Protsenko, A.N., Garifova, V.V., Shakirova, O.G. Structure and Properties of Copper(II) and Cobalt(II) Halide Complexes with N- Heterocycles of Composition (HL) Current Problems and Ways of Industry Development: Equipment and Technologies. 2021, - С. 265.

2 Slopiecka K., Bartocci P., Fantozzi F. Thermogravimetric analysis and kinetic study of poplar wood pyrolysis // Appl. Energy. Elsevier, 2012. Vol. 97. P. 491–497.

УДК 666.3.015 : 66.047

Войтович Илья Игоревич, магистрант; Voytovich Ilya Igorevich

Ступалев Даниил Эдуардович, студент; Stupalev Daniil Eduardovich

Вартанян Мария Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Vartanyan Maria Alexandrovna

Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева

## **ОДНОСТАДИЙНЫЙ СИНТЕЗ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

### **SINGLE-STAGE SYNTHESIS OF ULTRAFINE POWDERS OF COMPLEX OXIDE COMPOUNDS**

Аннотация. Данная работа посвящена разработке одностадийного способа синтеза оксидной эвтектики в тройной системе  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Y}_2\text{O}_3$  (СAY), а также твердых растворов в двойной системе  $\text{ZrO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$  с использованием полимер-солевых композиций на основе поливинилпирролидона (ПВП). Показано, что кристаллизация под действием СВЧ-излучения более ресурсоэффективна по сравнению с традиционными способами получения нанопорошков.

Abstract. The present work discusses a 'one-pot' synthesis technique for complex oxide eutectics in a ternary  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Y}_2\text{O}_3$  system (СAY) and solid solutions in a binary  $\text{ZrO}_2 - \text{Y}_2\text{O}_3$  system, obtained from polymer-salt compositions based on polyvinylpyrrolidone (PVP). Microwave-assisted crystallization proved to be more resource-efficient compared to conventional processes for obtaining nanopowders.

Ключевые слова: золь-гель процесс, кристаллизация под действием СВЧ-излучения, фазовый состав.

Keywords: sol-gel process, microwave-assisted crystallization, phase composition.

В последние несколько десятилетий рынок нанотехнологий переживает свое стремительное развитие, о чем свидетельствует рост инвестиций в отрасль, а также количества научных разработок, патентов и публикаций по данной проблематике. Ежегодно наблюдается увеличение числа компаний, представляющих «нано-тех», а также объем коммерчески реализуемой продукции, изготовленной с применением нанотехнологий. Достижения нанотехнологий сегодня активно включаются практически во все отрасли экономики, в 2008 году оценочный объем рынка нанотехнологий превысил 150 млрд. долл. США, его ежегодный прирост составляет 15 – 17 %. На полученную с использованием нанотехнологий продукцию приходится около 0,5 % мирового ВВП, ожидается она возрастет до 1,5% к 2050 году. Лидерами мирового рынка являются США (59,0 млрд. долл. США), Европа (47,0 млрд. долл. США) и Азиатско-Тихоокеанский регион (9,4 млрд. долл. США) [1].

Потенциальный объем российского рынка нанопорошков можно оценить в 10 – 30 тыс. т. По экспертным оценкам, только потребность в трех возможных приложениях данного материала составляет от 1 до 10 тыс. т:

- в инжиниринговых организациях, для использования конденсаторных порошков металлов – 10 – 20 т/год;

- в автомобилестроении, для катализаторов дожигания оксидов углерода – 1-10 тыс. т/год;

- на предприятиях оборонного комплекса, для производства сенсоров – 100 – 500 кг/год;

более точно потребность этого сектора оценить невозможно, ввиду а) отсутствия данных о производственных затратах; и б) реализации такими предприятиями внутреннего производства.

Таким образом, актуальной является задача по созданию ресурсоэффективных малотоннажных технологий производства нанопорошков различной химической природы. Это даст возможность импортозамещения в сфере двойных технологий, снижение себестоимости материалов и изделий за счет повышения ресурсоэффективности процесса, снижение негативного воздействия на окружающую среду. Цель настоящей работы – разработать способ получения ультрадисперсных гомогенных порошков сложных оксидных соединений, в том числе твердых растворов, и предложить его аппаратурное оформление.

Выбранное направление исследования – получение твердых полимер-солевых композиций из полимерных гидрогелей путём кристаллизации в сильно неравновесных условиях под действием СВЧ-излучения. Полимер-солевые (ПС) композиции разрабатывали для получения эвтектического состава системы  $\text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Y}_2\text{O}_3$  (СAY; массовое содержание оксидов, %:

32,0 CaO, 37,0 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 31,0 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, температура эвтектики 1675 °С). Также из таких композиций получали твердый раствор на основе диоксида циркония с оксидом иттрия: частично стабилизированный ZrO<sub>2</sub> + 3 мол. % Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (ЧСДЦ) [2, 3].

Для получения полимер-солевых композиций использовали модифицированный золь-гель метод синтеза мелкокристаллических оксидных порошков, схема которого изложена в работе [4]. В качестве полимерной составляющей использовали 10%-ный водный раствор поливинилпирролидона (ПВП). В качестве солевого компонента применяли смеси кристаллогидратных хлоридных солей-предшественников синтезируемых составов (цирконий вводили в форме оксихлорида). Исследования фазового состава и микроструктуры проводили с использованием методов рентгеновского фазового анализа (РФА), инфракрасной (ИК) спектроскопии, технической петрографии и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ).

Полученные данные свидетельствуют о том, что СВЧ-обработка не оказывает заметного воздействия на солевую и полимерную компоненту по отдельности. Устойчивость полимера оценивали по результатам ИК-спектроскопии путем сравнения экспериментально полученных спектров с эталонными (БД SDBSWeb #10479). Спектр пропускания, снятый с высушенной пленки ПВП, и соответствующий ему эталон показаны на рис. 1. Полосы поглощения всех основных связей в спектре ПВП практически не смещены относительно таковых эталона, следует отметить значительную интенсивность поглощения в области обратных волновых чисел 3400 – 3500 см<sup>-1</sup>, что, по-видимому, связано с образованием структуры гидрогелей. Исходные солевые смеси также не претерпели заметных изменений: согласно данным РФА, в обеих исследуемых системах образовались стабильные безводные соли.

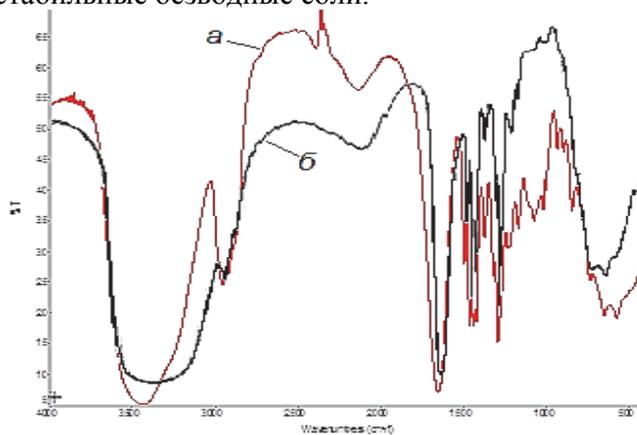


Рисунок 1 – Экспериментальный (а) и эталонный (б) ИК-спектры ПВП

При совмещении полимерной и солевой компонент происходит изменение химического и фазового состава композиций: наблюдается частичная деструкция полимера (рис. 2) и выделение рентгеноаморфных неорганических осадков (рис. 3). Полученные ксерогели характеризуются высокой однородностью структуры (рис. 4), с ясно видимой полимерной матрицей и равномерным распределением неорганической части.

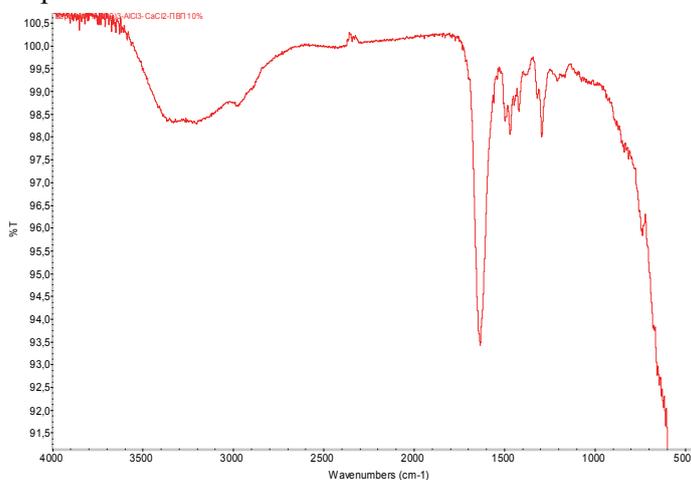


Рисунок 2 – ИК-спектр системы САУ:ПВП

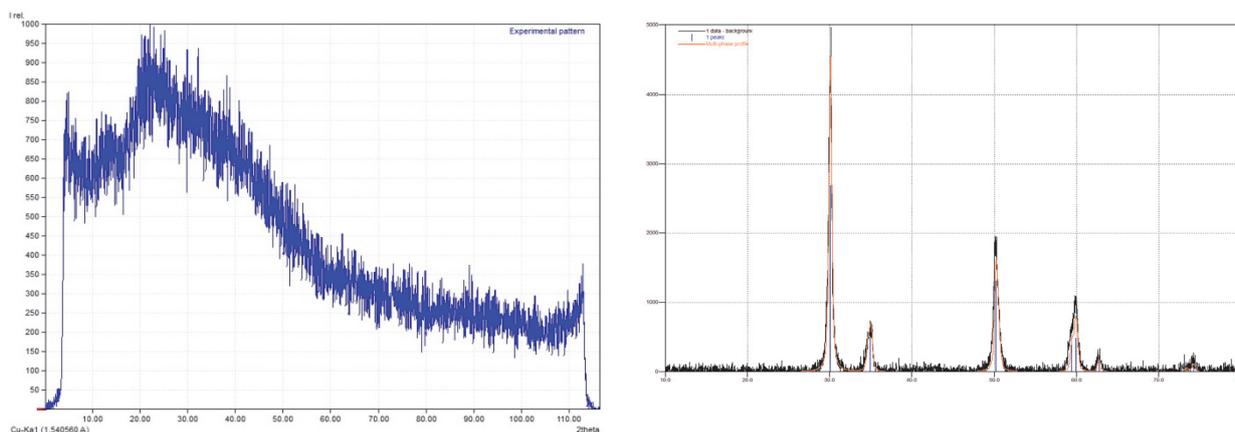


Рисунок 3 – Фазовый состав полимер-солевых композиций систем САУ (а) и  $ZrO_2 - Y_2O_3$  (б) после СВЧ-кристаллизации

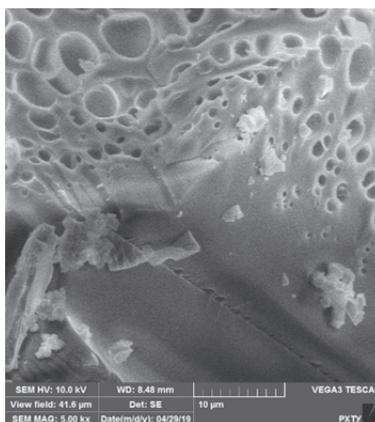


Рисунок 3 – Микроструктура ксерогеля системы САУ:ПВП

Технологический процесс приготовления твердой полимер-солевой композиции заключается в совместном растворении и перемешивании полимера и неорганических компонентов в воде в заданном соотношении с последующим охлаждением до температуры выгрузки из реактора и упаривании полученной массы до воздушно-сухого состояния в сильно неравновесных условиях с применением СВЧ-излучения. Исходя из этого, в работе предложена лабораторная установка, объединяющая лопасть смесителя и СВЧ-сушило периодического действия.

Выполнен подбор условий кристаллизации, показано, что длительность обработки зависит от концентрации исходных растворов по неорганической составляющей. Концентрация растворов по полимеру не оказывала значимого влияния на продолжительность кристаллизации и характеристики, получаемых ксерогелей.

По сравнению с используемыми в настоящее время способами получения ультрадисперсных порошков (плазменными, химическими, гидротермальными) разработанный способ получения ультрадисперсных порошков использует на 30 % меньше энергии, требует меньшего количества оборудования и вспомогательных веществ и не сопровождается образованием отходов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Домкин К.И., Гусев А.М. Маркетинговые исследования мирового рынка нанопорошков // Тр. междунар. симп. «Надежность и качество». 2011. Т. 2. С. 152-154.
- 2 Диаграммы состояния силикатных систем. Справ. / Торопов Н.А., Барзаковский В.П., Лапин В.В. и др. Л.: Наука, 1972. Т. 4. 448 с.
- 3 Richer A. Phase Equilibria and Crystal Chemistry in the System  $CaO - Al_2O_3 - Y_2O_3$  // Journal of Phase Equilibria and Diffusion. 2010. Vol. 31, No. 2. P. 157-163.
- 4 Vartanyan M., Voytovich I., Gorbunova I., Makarov N. Preparation and Structural Characterization of Complex Oxide Eutectic Precursors from Polymer-Salt Xerogels Obtained by Microwave-Assisted Drying // Materials. 2020. No. 13(8). Art. No. 1808. <https://doi.org/10.3390/ma13081808>

УДК 544.77.022:678:544.032.2

Дабизжа Ольга Николаевна, кандидат химических наук, доцент; Dabizha Olga Nikolaevna  
Михайлова Татьяна Алексеевна, магистрант; Mikhailova Tatyana Alekseevna  
Шилова Ольга Алексеевна, доктор химических наук, профессор; Shilova Olga Alekseevna  
Забайкальский государственный университет  
Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН

## **СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ПОЛИАКРИЛАМИД-ЖЕЛАТИНОВЫХ СМЕСЯХ**

### **STRUCTURE FORMATION IN MECHANICALLY ACTIVATED POLYACRYLAMIDE-GELATIN MIXTURES**

Аннотация. В работе рассматриваются смеси полиакриламида с желатином, полученные с использованием механической обработки в лабораторном виброистирателе ИВЧ-3. Изучено влияние дозы подведенной механической энергии и соотношения полимеров на структуру образцов методами инфракрасной спектроскопии и оптической микроскопии. Цель исследования заключается в усилении взаимодействия между полимерами путем направленного структурообразования с помощью предварительной механической обработки смеси.

Abstract. The paper deals with mixtures of polyacrylamide with gelatin, obtained using mechanical processing by a laboratory vibratory attritor IVCh-3. The influence of the dose of the mechanic energy and the proportions of polymers on the structure of samples by the method of infrared spectroscopy and optical microscopy was studied. The aim of the study is to enhance the interaction between polymers by directional structure formation with the help of preliminary mechanical processing of the mixture.

Ключевые слова: полиакриламид, желатин, инфракрасная спектроскопия, полимерные пленки, виброистиратель.

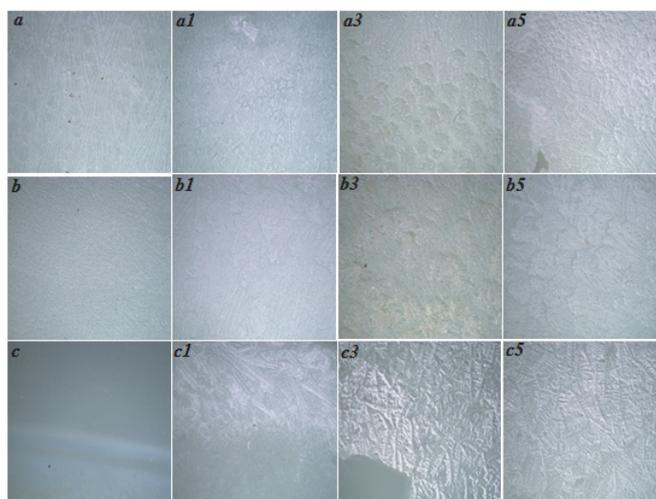
Keywords: polyacrylamide, gelatin, infrared spectroscopy, polymer films, vibratory attritor.

Высокомолекулярные соединения используются в качестве носителей активного компонента в лекарственной форме, а также вспомогательных веществ [1]. Желатин представляет собой перспективную матрицу и, благодаря совместимости с большинством лекарственных веществ, широко используется в медицине [2], в том числе в виде пленок. В настоящей работе исследовали пленки смесей полиакриламида (лот № 130617, Китай) с пищевым желатином (ГОСТ 11293-89, Россия), полученные с применением механической обработки для усиления процессов структурообразования.

Методом вискозиметрии определили, что средние молекулярные массы полиакриламида и желатина составили  $5,5 \cdot 10^6$  и  $1,5 \cdot 10^4$  соответственно. Порошки этих полимеров смешивали в соотношениях 1:1 (а), 2:1 (б), 1:2 (с) мас. ч. и подвергали механообработке в течение 1, 3 и 5 минут в вибрационном истирателе ИВЧ-3. При этом доза подведенной механической энергии составляла  $D = 0,72; 2,16; 3,60$  кДж/г соответственно, а отношение масс стальных размольных тел и смесового порошка – 32 : 1. Водные растворы полимерных смесей  $5 \text{ г}/100 \text{ см}^3$  оставляли на 12 часов для набухания, проводили их термостатирование в течение 3-4 часов при  $65 \text{ }^\circ\text{C}$  при периодическом перемешивании. Маркировка образцов включает буквенное и числовое обозначения соотношения полимеров и длительности механической обработки в минутах. Пленки получали методом полива.

ИК-спектры полимерных пленок регистрировали в области волновых чисел от 400 до  $4000 \text{ см}^{-1}$  с помощью инфракрасного Фурье-спектрометра SHIMADZU FTIR-8400S. Относительные интенсивности полос поглощения вычисляли как отношение их длины до нулевой линии к длине полосы поглощения с максимальной интенсивностью при  $3400\text{-}3200 \text{ см}^{-1}$ . Морфологию полимерных пленок изучали с помощью ZOOM стереомикроскопа Meiji Techno серии RZ (Япония) с общим увеличением  $150\times$ .

На рисунке 1 приведены оптические изображения полимерных пленок.



a, b, c – пленки, полученные из 5 г/дл полимерных растворов с соотношением полиакриламид: желатин 1:1, 2:1, 1:2 мас. ч. соответственно; 0, 1, 3, 5 – длительность механообработки смеси, мин;  
Рисунок 1 – Оптические изображения полиакриламид-желатиновых пленок, увеличение  $\times 150$  крат

Выявлено, что предварительная механическая обработка полимерных смесей изменяет морфологию поверхности, начиная с дозы 2,16 кДж/г. Оптические изображения полимер-полимерных композиций свидетельствуют о формировании конденсационной структуры, элементом которой является сетка.

ИК-спектры исследуемых полиакриламид-желатиновых пленок, полученных из механически обработанных полимерных смесей ( $D = 0,72$  кДж/г), отличаются, как правило, эффектом bathochromного сдвига – сдвигом характеристических полос поглощения в сторону больших частот (от 1 до 19  $\text{см}^{-1}$ ) и снижением пропускания (от 2 до 26 %) (таблица 1).

Таблица 1 – Частоты и относительные интенсивности некоторых полос поглощения в ИК-спектрах образцов

| Образцы | $\nu_{\text{N-H}}, \text{см}^{-1}$ | $I/I_0$ | $\nu_{\text{C-H}}, \text{см}^{-1}$ | $I/I_0$ | Образцы | $\nu_{\text{N-H}}, \text{см}^{-1}$ | $I/I_0$ | $\nu_{\text{C-H}}, \text{см}^{-1}$ | $I/I_0$ |
|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|---------|------------------------------------|---------|------------------------------------|---------|
| желатин | 3080                               | 0,73    | 2955                               | 0,68    | b1      | 3075                               | 0,58    | 2953                               | 0,50    |
| ПАА     | 3196                               | 0,97    | 2945                               | 0,78    | b3      | 3075                               | 0,79    | 2940                               | 0,72    |
| a       | 3077                               | 0,62    | 2942                               | 0,56    | b5      | 3069                               | 0,74    | 2942                               | 0,66    |
| a1      | 3080                               | 0,87    | 2940                               | 0,80    | c       | 3067                               | 0,88    | 2938                               | 0,83    |
| a3      | 3078                               | 0,57    | 2951                               | 0,49    | c1      | 3075                               | 0,78    | 2957                               | 0,73    |
| a5      | 3080                               | 0,64    | 2957                               | 0,55    | c3      | 3078                               | 0,73    | 2951                               | 0,65    |
| b       | 3074                               | 0,71    | 2940                               | 0,68    | c5      | 3071                               | 0,72    | 2957                               | 0,65    |

Анализ полос поглощения в ИК-спектрах показал, что эти эффекты усиливаются с повышением содержания желатина в составах образцов и свидетельствуют о наноразмерных образованиях в их структуре посредством участия групп N-H, C-H, C=O. Смещения амидных полос поглощения указывают и на конформационные изменения макромолекул желатина при взаимодействии с полиакриламидом.

Следовательно, механическая обработка полиакриламид-желатиновых смесей ( $D = 0,72 \div 3,60$  кДж/г) вызывает изменение конформаций макромолекул и формирование наноразмерных образований, что подтверждается синим сдвигом характеристических полос поглощения и изменением их относительной интенсивности в ИК-спектрах полимерных пленок.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бочков П.О., Колыванов Г.Б., Литвин А.А., Жердев В.П., Шевченко В.В. Влияние высокомолекулярных вспомогательных веществ на оптимизацию фармакокинетических свойств лекарственных препаратов // Фармакокинетика и фармакодинамика. 2016. № 1. С. 3 – 11.

2 Yasmin R., Mohsin Sh., Saeed Ahmad Kh., Roshan A. Gelatin nanoparticles: a potential candidate for medical applications // Nanotechnology Reviews. V. 6. N. 2. 2017. P. 191-207. DOI: <https://doi.org/10.1515/ntrev-2016-0009>.

УДК 541.49:548.736

Девясилова Полина Сергеевна, студентка; Devyasilova Polina Sergeevna  
Проценко Александра Николаевна, кандидат химических наук, доцент;  
Protsenko Alexandra Nikolaevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПЛЕКСА МЕДИ(II) С ЦИС-2,6-ДИМЕТИЛПИПЕРАЗИНОМ

## SYNTHESIS, STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE COPPER(II) COMPLEX WITH CIS-2,6-DIMETHYLPIPERAZINE

Аннотация. Данная работа посвящена получению координационного соединения меди(II) с органической молекулой цис-2,6-диметилпиперазином (L) состава  $(H_2L)[CuBr_4] \cdot (H_2L)Br_2$ . Установлен состав и структура комплекса.

Abstract. This work is devoted to the preparation of a coordination compound of copper(II) with an organic molecule cis-2,6-dimethylpiperazine (L) of the composition  $(H_2L)[CuBr_4] \cdot (H_2L)Br_2$ . The composition and structure of the complex has been established.

Ключевые слова: цис-2,6-диметилпиперазин, синтез, ИК-спектроскопия, структура, комплекс, медь.  
Keywords: cis-2,6-dimethylpiperazine, synthesis, IR spectroscopy, structure, complex, copper.

Катализаторы являются необходимым расходным материалом для более чем 95 % промышленных технологий нефтепереработки и нефтехимии. В нефтепереработке характерны высокие темпы роста потребления катализаторов. В процессах изомеризации углеводородов нормального строения в настоящее время ведутся поиски получения катализаторов низкотемпературного процесса. Одними из таких катализаторов являются новые комплексные соединения меди(II) с азотсодержащими органическими катионами ионного типа. Целью данной работы является синтез и идентификация нового комплекса бромиды меди(II) с цис-2,6-диметилпиперазином.

### Материалы и методы:

Для синтеза использовали цис-2,6-диметилпиперазин (х.ч.) (рисунок 1), CuO (х.ч.), HBr(конц), C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH (ректификат).

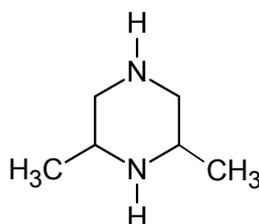


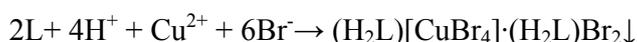
Рисунок 1 – Структура цис-2,6-диметилпиперазина

Рентгеноструктурный анализ (РСА) комплекса проведен по стандартной методике на автоматическом четырех кружном дифрактометре Bruker-Nonius X8 Apex, оснащенный двухкоординатным CCD детектором, при температуре 150(2) К с использованием излучения молибденового анода ( $\lambda=0,71073 \text{ \AA}$ ) и графитового монохроматора.

ИК-спектры поглощения соединений получены авторами на FTIR-спектрометре IRAffinity-1S (Shimadzu) в интервале от 400 до 4000  $\text{cm}^{-1}$  в KBr

### Результаты и обсуждения

Комплекс  $(H_2L)[CuBr_4] \cdot (H_2L)Br_2$  был получен путем соединения спиртового раствора органического катиона (L) и подкисленного в HBr(конц) раствора оксида меди(II) в соотношении катион – металл 2:1 по реакции:



По данным рентгеноструктурного анализа (РСА) в кристаллической структуре комплекса наблюдается чередование положительно заряженных органических молекул как с неорганическими анионами  $[CuBr_4]^{2-}$ , так и с ионом брома. Между ними реализуется сеть водородных связей NH...Cl дважды протонированного гетероцикла [1-3]. Анион  $[CuBr_4]^{2-}$  представляет собой искаженный тетрадр. В целом структура типична для двойных солей (рисунок 2).

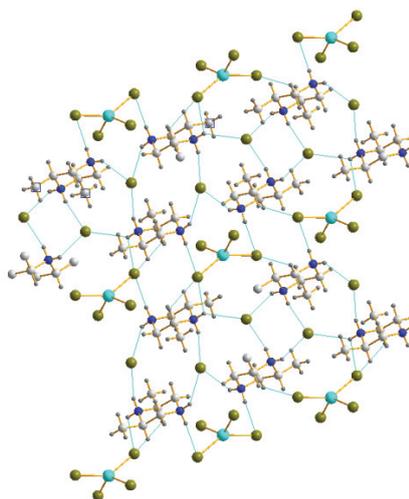


Рисунок 2 – Кристаллическая структура комплекса  $(H_2L)[CuBr_4] \cdot (H_2L)Br_2$

В ИК-спектре органического катиона (рисунок 3) при  $3200\text{ см}^{-1}$  присутствует полоса колебания  $\nu(N-H)$  гетероцикла. В спектре бромидного комплекса (рисунок 4) в этой же области не наблюдается дублета, что свидетельствует о том, что протонирование прошло по двум атомам азота в гетероцикле [4]. В ИК-спектрах комплексов полосы, отнесенные к гетероциклу, смещены в область более низких частот  $\sim 20\text{ см}^{-1}$  относительно соответствующих полос спектре основания из-за протонирования атомов азота.

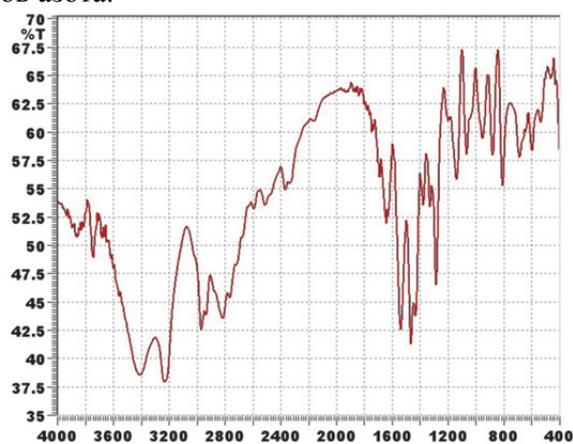


Рисунок 3 – ИК-спектр цис-2,6-диметилпиперазина (L)

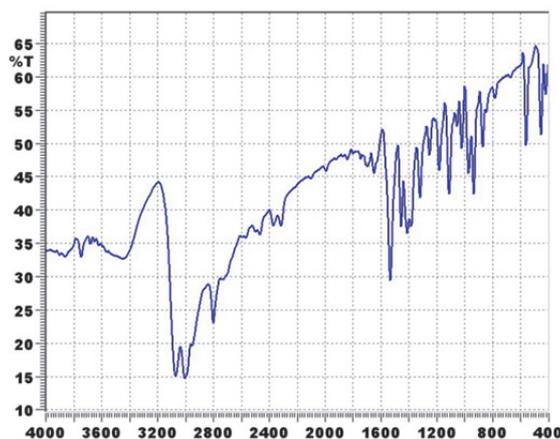


Рисунок 4 – ИК-спектр комплекса  $(H_2L)[CuBr_4] \cdot (H_2L)Br_2$

В результате работы было получено новое координационное соединение бромида меди(II) с органической молекулой цис-2,6-диметилпиперазином. С помощью РСА определена структура соединения, показано, что протонирование гетероцикла происходит по двум атомам азота одновременно. Что также подтверждается методом ИК-спектроскопии. Структура комплекса  $(H_2L)[CuBr_4] \cdot (H_2L)Br_2$  типична для двойных солей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Kovalchukova O.V., et al., Synthesis, structure, geometrical, and spectral characteristics of the  $(HL_n)_2[CuCl_4]$  complexes. Crystal and molecular structure of bis(2-methylimidazolium)tetrachlorocuprate(II) //Russian Journal of Coordination Chemistry. 2008. Т. 34. №. 11. С. 830-835.

2 Kovalchukova O.V., Features of structure, geometrical, and spectral characteristics of the  $(HL)_2[CuX_4]$  and  $(HL)_2[Cu_2X_6]$  (X= Cl, Br) Complexes //Current Trends in X-Ray Crystallography. – InTech, 2011.

3 Protsenko A. N., Shakirova O. G., Kuratieva N. V., Synthesis and the crystal structures of double complexes of copper(II) and cobalt(II) with tris(3,5-dimethylpyrazol-1-yl)methane //Journal of Molecular Structure. 2019. Т. 1175. С. 782-787.

4 Srinivasan B. R., et al., Bis (piperazin-1-ium) tetrasulfidometalates: Solid state synthesis, thermal studies and structural characterization //Polyhedron. 2009. Т. 28. №. 7. С. 1379-1385.

УДК 538.97:544.022.342.3

Дудин Андрей Николаевич, аспирант; Dudin Andrey Nikolaevich

Юрина Виктория Юрьевна, аспирант; Yurina Viktoria Yuryevna

Нещименко Виталий Владимирович, доктор физико-математических наук, доцент;

Neshchimenko Vitaly Vladimirovich

Амурский государственный университет

## ОБРАЗОВАНИЕ ПАР ФРЕНКЕЛЯ В ZnO, SiO<sub>2</sub> И Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ

### FORMATION OF FRENKEL PAIRS IN ZnO, SiO<sub>2</sub>, AND Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> UNDER THE ACTION OF ELECTRON IRRADIATION

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию процессов электронного столкновения, с мишенями вида: оксид цинка, диоксид кремния и оксид алюминия. Рассчитаны сечения образования радиационных дефектов. Исследована зависимость темпа генерации пар Френкеля от энергии бомбардирующих электронов.

Abstract. This work is devoted to the study of transformation processes with targets of the following types: zinc oxide, silicon dioxide, and aluminum oxide. Cross sections of formations of radiation defects are calculated. The dependence of the Frenkel vapor generation rate on the energy of incident electrons is studied.

Ключевые слова: дефекты, полупроводник, пары Френкеля, сечения, оксид цинка, диоксид кремния, оксид алюминия.

Keywords: defects, semiconductor, Frenkel pairs, sections, zinc oxide, silicon dioxide, aluminum oxide.

Облучение материалов, как правило приводит к дефектообразованию сопровождаемое появлением в запрещенной зоне полупроводников локальных энергетических уровней. Возникающие радиационные дефекты принимают вид центров компенсации или рекомбинации неравновесных носителей заряда. В следствии чего, в проводниках возникают различного рода изменения, влияющие на его характеристики и свойства.

В процессе радиационного дефектообразования выделяю две фазы: генерация первичных точечных дефектов, представляющих собой пару Френкеля (т.е. совокупность вакансии и междоузельного атома) и формирование вторичных дефектов [1]. На первом этапе, в результате взаимодействия атомов кристаллической решетки с бомбардирующими частицами, происходит образование ПВА (первично выбитые атомы). При получении остаточной энергии ПВА порождают каскад смещений в полупроводнике. На втором этапе происходит взаимодействие первичных дефектов с изначальными дефектами и примесями, связанными с неидеальной структурой кристаллических тел. Результат данных взаимодействий, приводит к формированию стабильных радиационных дефектов.

В настоящей работе изучалось воздействие радиационного излучение в виде электронов, на материалы, используемые в качестве пигментов терморегулирующих покрытий космических аппаратов.

В процессе столкновения электронов с мишенью происходит рассеяние, связанное главным образом с кулоновским взаимодействием. Для электрона с энергией в 1 МэВ выполняется условие необходимости применения релятивистского описания рассеяния, имеющее следующий вид:

$$\frac{E_k}{E_0} = \frac{1.602 \times 10^{-13}}{0.82 \times 10^{-13}} = 1.96 > 1. \quad (1)$$

В данном случае очевидно, что нерелятивистские законы рассеяния Резерфорда неприменимы, т.к. рассматриваемые частицы с энергией в 1 МэВ, имеют скорость, близкую к скорости света (0.941 с). Аналитическое рассмотрение релятивистского кулоновского рассеяния было проведено Моттом [2], а также Мак-Кинли и Фешбахом [3]. Данным авторами, были получены общие формулы для энергетической зависимости сечения образования смещений, которые демонстрируют рост значения сечения процесса от нуля, по мере увеличения энергии бомбардирующих частиц, до значений граничной энергии и становятся постоянным. Сечения рассеяния оцениваются по упрощенной формуле Мак-Кинли – Фешбаха:

$$\sigma_d = \left( \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \left( \frac{2\pi Z^2 e^4}{E_d M c^2} \right) = \frac{140 Z^2}{A E_d}, \quad (2)$$

где  $E_d$  – пороговая энергия смещения атомов из узла решетки;  
 $M$  – масса;  
 $Z$  – заряд атома;  
 $A$  – массовое число.

Значение пороговой энергии смещения  $E_d$  помимо различий связанных с структурным характером, зависит от кристаллографического направления вдоль которого происходит бомбардировка исходной кристаллографической структуры, и имеет следующие значения: ZnO – для атома цинка составляет 40-70 эВ, для кислорода – 47-57 эВ [4-6]; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – для атома алюминия составляет 60-90 эВ, для кислорода 42-160 эВ [7]; SiO<sub>2</sub> – для атома кремния составляет 25-75 эВ, для кислорода – 25-50 эВ [7, 8]. Для расчетов сечения образования радиационных дефектов (таблица 1), мы использовали наиболее часто используемые значения пороговой энергии в литературе: ZnO – для атома цинка 52 эВ, для кислорода – 57 эВ [4]; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – для атома алюминия 50 эВ, для кислорода 100 эВ [9]; SiO<sub>2</sub> – для атома кремния 33 эВ, для кислорода – 16.5 эВ [9, 10].

Оценим значения средней энергии  $\langle E_{ПВА} \rangle$ , которую бомбардирующие частицы передают ПВА мишени. Распределение количества первично выбитых из равновесных состояний атомов, осуществляется по обратно квадратичному закону. В соответствии с этим, для вычисления средней энергии, применима формула для упругого резерфордовского рассеяния [11]:

$$\langle E_{ПВА} \rangle = \left[ \frac{E_d E_{max}}{(E_{max} - E_d)} \right] \times \ln \left( \frac{E_{max}}{E_d} \right), \quad (3)$$

где  $E_{max}$  – максимальная энергия передаваемая атомам проводника:

$$E_{max} = \frac{2E_e(E_e + 2m_e c^2)}{M c^2} = \frac{E_e(E_e + 1.022)}{(469A)}. \quad (4)$$

При равенстве энергий  $E_{max} = E_d$ , соотношение (4) определяет граничную энергию электрона  $E_{гр}$ , выше которой происходит генерация пар Френкеля.

Таблица 1 – Сечения образования радиационных дефектов при электронном облучении

| Сечения<br>рассеяния | ZnO  |      | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> |     | SiO <sub>2</sub> |      |
|----------------------|------|------|--------------------------------|-----|------------------|------|
|                      | Zn   | O    | Al                             | O   | Si               | O    |
| $\sigma_d, б$        | 37.1 | 10.8 | 17.5                           | 5.6 | 29.6             | 33.9 |

В таблице 2 представлены значения максимальной и средней энергии ПВА в зависимости от энергии бомбардирующих электронов. Можно заметить, что при облучении электронами, начиная с энергий в 1 МэВ, средняя энергия ПВА превосходит пороговую энергию смещения, что сопоставимо с энергетическим порогом образования дефектов. Следовательно, можно заключить, что энергетический порог в 1 МэВ достаточен, для образования одиночных пар Френкеля. Исключение составляет только атомы кислорода в соединении Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Рост энергии бомбардирующих электронов, демонстрирует увеличение среднего числа смещенных атомов  $\nu$ , приходящихся на каждый первично выбитый атом. В таблице 2 представлены значения  $\nu$ , оцененные по модифицированной Зигмундом [12] формуле Кинчина – Пиза [13]:

$$\nu = \langle E_{ПВА} \rangle / 2.5 E_d. \quad (5)$$

Исходя из представленных табличных данных и формул (2) и (3), можно сделать вывод о прямой зависимости величин  $\langle E_{\text{ПВА}} \rangle$  и  $\nu$ , которые растут по мере увеличения энергии электронов, что не скажешь о сечении образования дефектов не зависящей от нее.

Концентрация смещенных атомов при облучении дозой  $\Phi$  рассчитываются по формуле:

$$N_d = N_0 \sigma_d \nu \Phi, \quad (6)$$

где  $N_0$  – концентрация атомов.

Отношения концентрации смещенных атомов  $N_d$  к дозе облучения  $\Phi$  является величиной темпа генерации пар Френкеля и имеет вид

$$\eta_{FR} = N_0 \sigma_d \nu. \quad (7)$$

Исходя из формулы (7), темп генерации пар Френкеля при бомбардировки электронами с энергией в 1 МэВ будет составлять, для ZnO  $1.45 \text{ см}^{-1}$ ; для  $\text{Al}_2\text{O}_3$   $0.86 \text{ см}^{-1}$ ; для  $\text{SiO}_2$   $2.95 \text{ см}^{-1}$ .

Таблица 2 – Зависимость темпа генерации пар Френкеля от энергии бомбардирующих электронов

| ZnO                     |                   |                                          |       |                                   |                |                   |                                          |       |                                   |
|-------------------------|-------------------|------------------------------------------|-------|-----------------------------------|----------------|-------------------|------------------------------------------|-------|-----------------------------------|
| Zn                      |                   |                                          |       |                                   | O              |                   |                                          |       |                                   |
| $E_e$ ,<br>МэВ          | $E_{max}$ ,<br>эВ | $\langle E_{\text{ПВА}} \rangle$ ,<br>эВ | $\nu$ | $\eta_{FR}$ ,<br>$\text{см}^{-1}$ | $E_e$ ,<br>МэВ | $E_{max}$ ,<br>эВ | $\langle E_{\text{ПВА}} \rangle$ ,<br>эВ | $\nu$ | $\eta_{FR}$ ,<br>$\text{см}^{-1}$ |
| 0.5                     | 24.8              | 35.1                                     | 0.27  | 0.66                              | 0.5            | 101.5             | 75.0                                     | 0.53  | 0.24                              |
| 1                       | 65.9              | 58.4                                     | 0.45  | 1.09                              | 1              | 269.6             | 112.3                                    | 0.79  | 0.36                              |
| 1.5                     | 123.3             | 77.6                                     | 0.59  | 1.45                              | 1.5            | 504.4             | 140.1                                    | 0.98  | 0.45                              |
| 2                       | 197.1             | 94.1                                     | 0.72  | 1.76                              | 2              | 805.9             | 162.5                                    | 1.14  | 0.53                              |
| 2.5                     | 287.1             | 108.5                                    | 0.83  | 2.03                              | 2.5            | 1174.1            | 181.2                                    | 1.27  | 0.59                              |
| 3                       | 393.5             | 121.3                                    | 0.93  | 2.26                              | 3              | 1608.9            | 197.4                                    | 1.38  | 0.64                              |
| 4                       | 655.1             | 143.1                                    | 1.10  | 2.67                              | 4              | 2678.6            | 224.2                                    | 1.57  | 0.73                              |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ |                   |                                          |       |                                   |                |                   |                                          |       |                                   |
| Al                      |                   |                                          |       |                                   | O              |                   |                                          |       |                                   |
| $E_e$ ,<br>МэВ          | $E_{max}$ ,<br>эВ | $\langle E_{\text{ПВА}} \rangle$ ,<br>эВ | $\nu$ | $\eta_{FR}$ ,<br>$\text{см}^{-1}$ | $E_e$ ,<br>МэВ | $E_{max}$ ,<br>эВ | $\langle E_{\text{ПВА}} \rangle$ ,<br>эВ | $\nu$ | $\eta_{FR}$ ,<br>$\text{см}^{-1}$ |
| 0.5                     | 60.1              | 54.7                                     | 0.44  | 0.46                              | 0.5            | 101.5             | 100.7                                    | 0.40  | 0.10                              |
| 1                       | 159.8             | 84.5                                     | 0.68  | 0.71                              | 1              | 269.6             | 157.6                                    | 0.63  | 0.15                              |
| 1.5                     | 298.9             | 107.4                                    | 0.86  | 0.90                              | 1.5            | 504.4             | 201.8                                    | 0.81  | 0.19                              |
| 2                       | 477.6             | 126.0                                    | 1.01  | 1.06                              | 2              | 805.9             | 238.2                                    | 0.95  | 0.23                              |
| 2.5                     | 695.8             | 141.8                                    | 1.13  | 1.19                              | 2.5            | 1174.1            | 269.2                                    | 1.08  | 0.26                              |
| 3                       | 953.6             | 155.6                                    | 1.24  | 1.31                              | 3              | 1608.9            | 296.2                                    | 1.18  | 0.28                              |
| 4                       | 1587.5            | 178.5                                    | 1.43  | 1.50                              | 4              | 2678.6            | 341.5                                    | 1.37  | 0.33                              |
| $\text{SiO}_2$          |                   |                                          |       |                                   |                |                   |                                          |       |                                   |
| Si                      |                   |                                          |       |                                   | O              |                   |                                          |       |                                   |
| $E_e$ ,<br>МэВ          | $E_{max}$ ,<br>эВ | $\langle E_{\text{ПВА}} \rangle$ ,<br>эВ | $\nu$ | $\eta_{FR}$ ,<br>$\text{см}^{-1}$ | $E_e$ ,<br>МэВ | $E_{max}$ ,<br>эВ | $\langle E_{\text{ПВА}} \rangle$ ,<br>эВ | $\nu$ | $\eta_{FR}$ ,<br>$\text{см}^{-1}$ |
| 0.5                     | 60.1              | 43.9                                     | 0.53  | 0.81                              | 0.5            | 101.5             | 35.8                                     | 0.87  | 1.26                              |
| 1                       | 159.8             | 65.6                                     | 0.79  | 1.22                              | 1              | 269.6             | 49.1                                     | 1.19  | 1.73                              |
| 1.5                     | 298.9             | 81.7                                     | 0.99  | 1.52                              | 1.5            | 504.4             | 58.3                                     | 1.41  | 2.05                              |
| 2                       | 477.6             | 94.7                                     | 1.15  | 1.76                              | 2              | 805.9             | 65.5                                     | 1.59  | 2.30                              |
| 2.5                     | 695.8             | 105.6                                    | 1.28  | 1.96                              | 2.5            | 1174.1            | 71.4                                     | 1.73  | 2.51                              |
| 3                       | 953.6             | 114.9                                    | 1.39  | 2.14                              | 3              | 1608.9            | 76.3                                     | 1.85  | 2.69                              |
| 4                       | 1587.5            | 130.5                                    | 1.58  | 2.43                              | 4              | 2678.6            | 84.5                                     | 2.05  | 2.97                              |

Не стоит забывать, что при движении в проводнике электрон теряет изначальную энергию под действие тормозного излучения, при этом происходит уменьшения темпа генерации пар Френкеля. Поэтому, среднее количество дефектов в слое полного поглощения, будет несколько ниже полученных значений. Но, для полупроводников, имеющих малые значения толщины, потери электроном будут незначительны и количество дефектов будет определяться как произведение темпа генерации пар Френкеля  $\eta_{FR}$  на толщину образца  $d$ .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Углов, В.В. Радиационные эффекты в твердых телах / В.В. Углов. – Минск: Высшая школа, 2016. –188 с.
- 2 Mott, N.F. The scattering of fast electrons by atomic nuclei / N.F. Mott // Proceedings of the Royal Society of London. –1929. –V.124. –P.425-442.
- 3 McKinley, W.A. The Coulomb Scattering of Relativistic Electrons by Nuclei / W.A. McKinley, H. Feshbach // Phys. Rev. –1948. –V.74. –P.1759-1766.
- 4 Lorenz, K. Damage formation and annealing at low temperatures in ion implanted ZnO / K. Lorenz, E. Alves, E. Wendler, O. Bilani, W. Wesch, M. Hayes // Applied physics letters. –2005. –V.87. –P.191904-191907.
- 5 Meese, J.M. Oxygen displacement energy in ZnO / J.M. Meese, D.R. Locker // Sol. St. Comm. –1972. –V.11, No.11. –P.1547-1550.
- 6 Locker, D.R. Displacement thresholds in ZnO / D.R. Locker, J.M. Meese // IEEE Trans. Nucl. Sci. –1972. –V.19, No.6. –P.238-242.
- 7 Cowen, B. J., El-Genk, M. S. Directional dependence of the threshold displacement energies in metal oxides / Modelling Simul. Mater. Sci. Eng. –2017. –V.25. –P. 085009-085019.
- 8 Holmström E., Kuronen A., Nordlund K. Threshold defect production in silicon determined by density functional theory molecular dynamics simulations / E. Holmström, A. Kuronen, K. Nordlund // Phys. Rev. B. –2008. –V.78. –P. 045202-045208.
- 9 Рау, Э.И. Электронно-лучевая зарядка диэлектриков, предварительно облученных ионами и электронами средних энергий / Э.И. Рау, А.А. Татаринцев, Е.Ю. Зыкова, И.П. Иваненко, С.Ю. Купреенко, К.Ф. Миннебаев, А.А. Хайдаров // Физика твердого тела. – М., 2017. – Том. 59., Вып. 8. – С. 1504-1513.
- 10 Levy, P. Color Centers and Radiation-Induced Defects in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> // Phys. Rev. –1961. – V.123. –P. 1226-1233.
- 11 Dienes, G.J. Radiation Effects in Solids / G.J. Dienes, G.H. Vineyard. – New York: Interscience Publishers, 1957. – 226 p.
- 12 Ziegler, J.F. The stopping and range of ions in solid / J.F. Ziegler, J.P. Biersack, U. Littmark. – New York: Pergamon, 1985. – 256 p.
- 13 Kinchin, G.H. The displacement of atoms in solids by radiation / G.H. Kinchin, R.S. Pease // Rep. Prog. Phys. – 1955. – Vol. 18. – P. 1-14.

УДК 541.49; 544.6

Духовников Кирилл Петрович, студент; Dukhovnikov Kirill Petrovich  
Шакирова Ольга Григорьевна, доктор технических наук, профессор;  
Shakirova Olga Grigorievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ИЗУЧЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА(II) С N-ГЕТЕРОЦИКЛАМИ

### STUDY OF A GALVANIC CELL BASED ON IRON(II) COMPLEXES WITH N-HETEROCYCLES

Аннотация. Проведено температурное исследование гальванического элемента на основе комплекса  $[\text{Fe}(\text{HC}(\text{pz})_3)_2]^{2+}$ , обладающего феноменом спин-кроссовера (SCO). Показано, что семейство SCO-комплексов перспективно к использованию в термоэлектрохимических ячейках.

Abstract. A temperature study of a galvanic cell based on the  $[\text{Fe}(\text{HC}(\text{pz})_3)_2]^{2+}$  complex with the spin crossover phenomenon (SCO) has been carried out. It is shown that the family of SCO-complexes is promising for use in thermoelectrochemical cells.

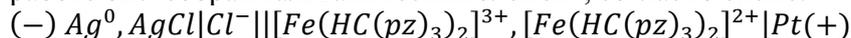
Ключевые слова: комплексные соединения, железо(II), трис(пиразол-1-ил)метан, гальванический элемент, термоэлектрохимическая ячейка.

Keywords: complex compound, iron(II), tris(pyrazol-1-il)methane, galvanic cell, thermoelectrochemical cell.

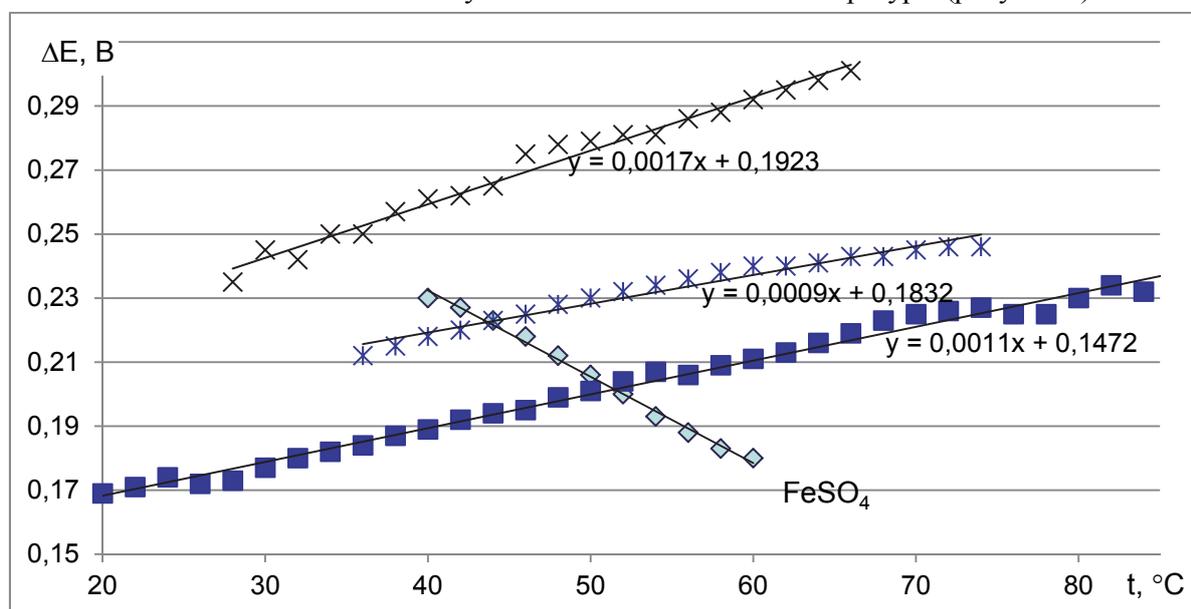
Электрoхимию комплексов начали изучать лишь в последнее десятилетие и, оказалось, что они обладают достаточно большим значением коэффициента Зеебека  $S_e$  (~ 1-2 мВ·К<sup>-1</sup>, т.е. примерно в 5-10 раз выше, чем у термоэлектрических материалов на основе полупроводников), что делает их весьма перспективными материалами – кандидатами для применения в качестве термоэлектрoхимических ячеек (TECs).

В некоторых комплексах железа(II) наблюдается явление изменения спинового состояния под воздействием внешних условий (изменение температуры, давления, облучение светом и др). При изменении мультиплетности центрального атома металла в комплексе изменяются все основные молекулярные параметры соединения: расстояния металл – лиганд, валентные углы, структура электронных уровней, колебательные частоты. Следовательно, при помощи химического дизайна соединений можно добиться увеличения термоэлектрoхимического показателя качества TECs.

В данной работе был собран гальванический элемент, согласно схеме:



Собранный гальванический элемент выдерживали в термостате при нагревании / охлаждении в течение 30 мин и измеряли его электродвижущую силу (ЭДС). Затем, нагрев / охлаждение прекращали и при изменении температуры на 2°С вновь измеряли ЭДС. Потенциометрические исследования в интервале температур от 20 до 90 °С выявили прямолинейную зависимость ЭДС гальванических элементов на основе изучаемых комплексов от температуры (рисунок 1).



(■) –  $[Fe(HC(pz)_3)_2](C_{10}H_7SO_3)_2$ ; (×) –  $[Fe(HC(pz)_3)_2](C_{12}H_{25}SO_4)_2$ ;

(Ж) –  $[Fe(HC(pz)_3)_2](CF_3SO_3)_2$ ; (◇) –  $FeSO_4$

Рисунок 1 – Потенциометрия водных растворов комплексов и соли  $FeSO_4$  (при концентрации  $10^{-5}$  -  $10^{-6}$  М и скорости нагрева 1°С/мин на Pt vs Ag/AgCl)

Измерения электродвижущей силы (ЭДС) гальванического элемента и ее температурного коэффициента позволяют определить ряд важнейших термодинамических характеристик химической реакции, протекающей в гальваническом элементе:  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  и коэффициент Зеебека.

Для окислительно-восстановительной ионной пары электролита  $[Fe^{II/III}(HC(pz)_3)_2]$  найдены высокие значения  $S_e=0,9-1,7$  мВ·К<sup>-1</sup> в зависимости от внешнесферного аниона.

Авторы работы [1] сообщают, что выходная мощность установки с использованием подобной ячейки на основе комплексов кобальта находится в диапазоне 0,05–0,25 мВт·м<sup>-2</sup>.

Таким образом, показано, что семейство SCO-комплексов перспективно к использованию с целью достижения максимального показателя качества TECs. Направленный дизайн SCO-комплексов позволяет одновременно увеличивать коэффициент Зеебека и ионную проводимость.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Abraham T. J., Macfarlane D.R., Pringle J.M. Seebeck coefficients in ionic liquidseprospects for thermo-electrochemical cells // Chem. Commun. 2011. V. 47. P. 6260-6262.

УДК 665.71.03

Ефанова Альвина Олеговна, студент; Efanova Alvina Olegovna

Богданов Илья Александрович, инженер-исследователь, аспирант Отделения химической инженерии ИШПР ТПУ; Bogdanov Ilya Alexandrovich

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ ДИЗЕЛЬНОЙ ФРАКЦИИ В КАЧЕСТВЕ УСИЛИТЕЛЯ ДЕЙСТВИЯ ДЕПРЕССОРНОЙ ПРИСАДКИ В СОСТАВЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

### THE USE OF A HIGH-PARAFFIN DIESEL FRACTION AS AN ACTION ENHANCER OF A DEPRESSANT ADDITIVE IN THE COMPOSITION OF DIESEL FUEL

Аннотация. В работе исследовано влияние различных концентраций высокопарафинистой дизельной фракции в составе дизельного топлива на эффективность действия депрессорной присадки. Установлена концентрация высокопарафинистой дизельной фракции, при которой действие депрессорной присадки наиболее эффективно.

Abstract. The influence of various concentrations of high-paraffin diesel fraction in the composition of diesel fuel on the effectivities of the depressant additive is investigated. The concentration of high-paraffin diesel fraction at which the action of a depressant additive is most effective has been established.

Ключевые слова: дизельное топливо, депрессорная присадка, низкотемпературные свойства.

Keywords: diesel fuel, depressant additive, low-temperature properties.

На сегодняшний день для получения низкозастывающих дизельных топлив активно применяется добавление депрессорных присадок. При этом на эффективность действия присадки значительное влияние оказывает состав топлива, для которого она применяется, так усилить действие депрессора можно путем введения в топливную композицию утяжеляющего компонента [1].

В качестве образцов для проведения исследования низкотемпературных свойств, согласно требованиям [2], в работе были взяты топливные смеси, в состав которых входили: дизельное топливо; депрессорная присадка, в концентрации, согласно рекомендациям производителя и высокопарафинистая дизельная фракция, концентрация которой в смесях составляла 0, 1, 3, 5 и 10 % об. соответственно.

Результаты определения температуры помутнения исследуемых образцов представлены на Рисунке 1.

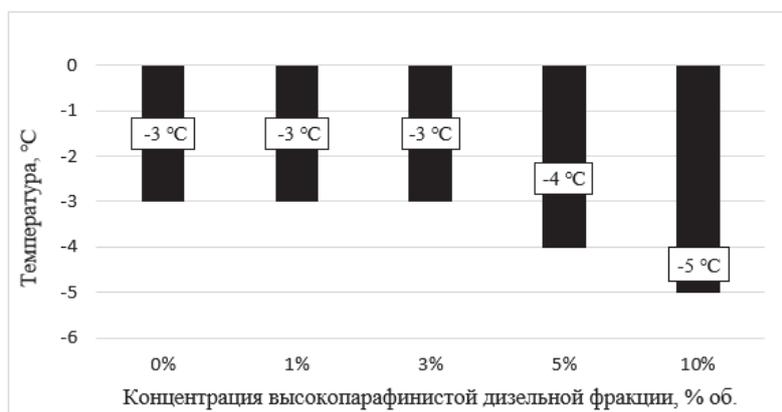


Рисунок 1 – Температура помутнения исследуемых образцов

Согласно полученным результатам, с увеличением концентрации высокопарафинистой дизельной фракции в составе топливной смеси наблюдается улучшение температуры помутнения. Данный показатель снижается с -3 °C до -5 °C.

Результаты определения предельной температуры фильтруемости исследуемых образцов представлены на Рисунке 2.

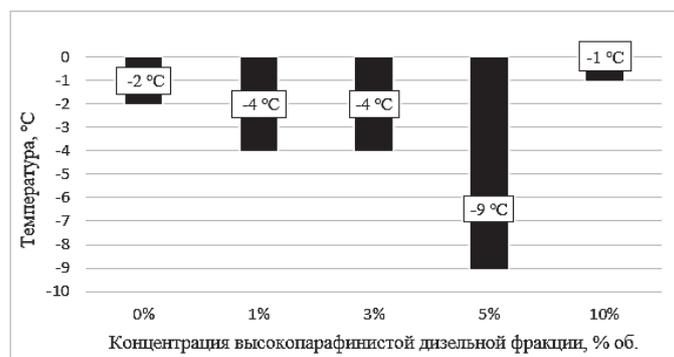


Рисунок 2 – Предельные температуры фильтруемости исследуемых образцов

Из данных, представленных на Рисунке 2 видно, что максимальное снижение предельной температуры фильтруемости относительно смеси образца дизельного топлива и депрессора без добавления утяжеляющего компонента составило 7 °C (снижение с -2 до -9 °C) при концентрации высокопарафинистой дизельной фракции 5 % об. Дальнейшее увеличение концентрации высокопарафинистой дизельной фракции является нецелесообразным. Результаты определения температуры застывания исследуемых образцов представлены на Рисунке 3.

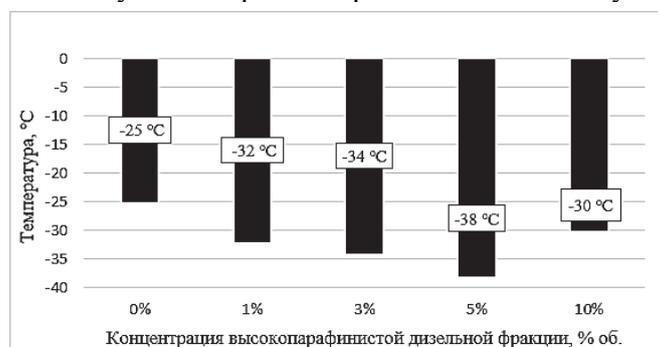


Рисунок 3 – Температуры застывания исследуемых образцов

По результатам определения температуры застывания исследуемых образцов наблюдается улучшение данного показателя при добавлении высокопарафинистой дизельной фракции в концентрации до 5 % об. включительно. Максимальное снижение температуры застывания составило 13 °C относительно смеси без утяжеляющего компонента. Дальнейшее увеличение концентрации высокопарафинистой дизельной фракции ведет к ухудшению температуры застывания. Данный эффект связан с тем, что утяжеляющий компонент имеет положительные низкотемпературные свойства. Добавление большого количества высокопарафинистой дизельной фракции, несмотря на усиление эффективности действия присадки негативно сказывается на анализируемых свойствах.

Таким образом, установлено, что добавление малых концентраций высокопарафинистой дизельной фракции для повышения эффективности действия присадки, является целесообразным. Наилучшими характеристиками обладает исследуемая смесь, концентрация высокопарафинистой дизельной фракции в которой составляет 5 % об.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90156.*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Богданов И. А., Алтынов А. А., Морозова Я. П., Киргина М. В. Исследование влияния узких дизельных фракций на эффективность действия депрессорных присадок // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. – 2020. – № 9. – С. 27-33.

2 ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия. – М.: Стандартинформ, 2014. – 12 с.

УДК 66.087.4:661.311.12

Иншакова Ксения Александровна, аспирант; Inshakova Kseniya Aleksandrovna  
Бродский Владимир Александрович, кандидат химических наук;  
Brodsky Vladimir Aleksandrovich

Кладовщикова Ольга Игоревна, аспирант, Kladovshchikova Olga Igorevna  
Яворский Александр Русланович, студент; Yavorsky Aleksandr Ruslanovich  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

## **ВЛИЯНИЕ ФЛОКУЛЯНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАЛОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА (III), АЛЮМИНИЯ (III) И ХРОМА (III) ИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСТВОРА СУЛЬФАТА МАГНИЯ**

### **INFLUENCE OF FLOCCULANTS ON THE EFFICIENCY OF ELECTROFLOTATION EXTRACTION OF SLIGHTLY SOLUBLE IRON(III), ALUMINUM(III), AND CHROMIUM(III) COMPOUNDS FROM A TECHNOLOGICAL SOLUTION OF MAGNESIUM SULPHATE**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию влияния вводимых флокулянтов в технологический раствор сульфата магния на эффективность электрофлотационного извлечения малорастворимых соединений железа, алюминия и хрома. Были исследованы флокулянты катионного, анионного и неионного типов. Выявлено, что добавление флокулянта анионного типа позволяет достичь степени электрофлотационного извлечения по всем трем компонентам до 98-99% уже на десятой минуте проведения процесса.

Abstract. This work is devoted to the investigation of the effect of flocculants introduced into the technological solution of magnesium sulfate on the efficiency of electroflotation extraction of poorly soluble compounds of iron, aluminum and chromium. Flocculants of cationic, anionic and nonionic types were studied. It was revealed that the addition of an anionic-type flocculant makes it possible to achieve the degree of electroflotation extraction for all three components up to 98-99% already at the tenth minute of the process.

Ключевые слова: электрофлотация, флокулянты, сульфат магния, удобрение, тяжелые металлы.  
Keywords: electroflotation, flocculants, magnesium sulphate, amendment, heavy metals.

Сульфат магния является одним из востребованных магниевых удобрений, который получают при переработке серпентинитомagnesита путем растворения в серной кислоте. В результате этого взаимодействия кроме целевого продукта сульфата магния образуются сульфаты железа, алюминия и хрома, которые загрязняют целевой продукт. Соединения с железом являются основными загрязняющими компонентами [1, 2].

Известно, что в процессах водоочистки с целью повышения эффективности извлечения дисперсной фазы широкое применение нашли флокулирующие добавки. В качестве метода извлечения используется электрофлотация [3, 4].

Задача работы заключалась в изучении влияния флокулянтов различной природы на извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  из технологического раствора  $MgSO_4$  методами электрофлотации и фильтрации с целью получения более качественного продукта – раствора  $MgSO_4$ , для дальнейшего производства в качестве удобрения.

Эксперименты проводились в модельном технологическом растворе  $MgSO_4$  (100 г/л), содержащим примеси  $Fe^{3+}$  (50 мг/л),  $Al^{3+}$  (10 мг/л) и  $Cr^{3+}$  (10 г/л).

На первом этапе работы проведены исследования по определению оптимального pH раствора и объемной плотности тока для совместного извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  из технологического раствора  $MgSO_4$ .

Выявлено, что при достижении pH раствора равное 6 ионы металлов  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  переходят в малорастворимую форму. При pH более 7 соединения алюминия начинают переходить в растворимую форму. Таким образом, оптимальное значение pH раствора для извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  составляет 6,5 – 7.

При определении оптимальной плотности тока электрофлотационного извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  установлено, что при плотности тока 0,4 и 0,6 А/л по истечению 30 минут проведения процесса степень извлечения всех трех примесей не превышает

10%. Проведение последующей фильтрации раствора, в процессе с установленной плотностью тока 0,4 А/л, позволяет повысить степень извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$  до 99%, соединений  $Al^{3+}$  - 80% и соединений  $Cr^{3+}$  - 86%, что значительно выше, чем при установленной плотности тока 0,6 А/л.

На втором этапе работы изучено влияние флокулянтов на эффективность электрофлотационного извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  из технологического раствора сульфата магния. Рассмотрено введение флокулянтов различной природы: анионного типа – Praestol 2540, катионного типа – Praestol 854 и неионного типа – Praestol 2500. Концентрация вводимых добавок составляет 5 мг/л, время проведения процесса – 30 минут.

На рисунке 1 представлены полученные результаты степени извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  из технологического раствора  $MgSO_4$  методом электрофлотации в присутствии флокулянтов различных типов.

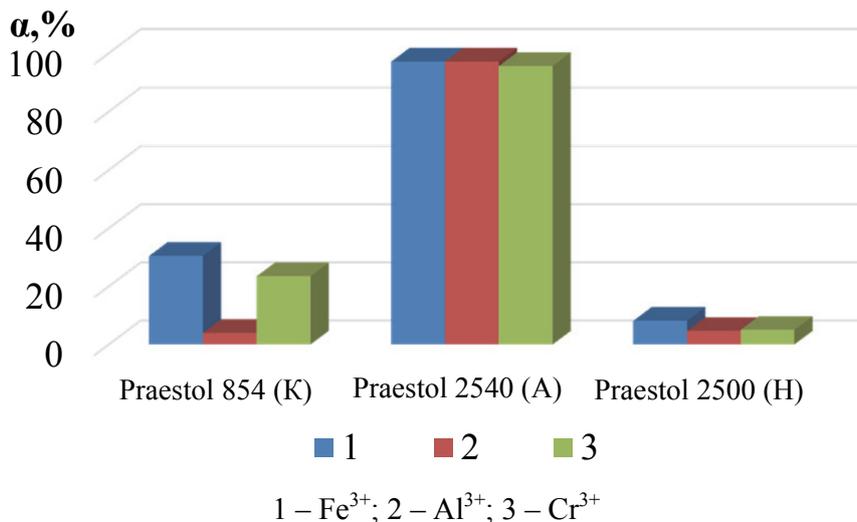


Рисунок 1 – Степень извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  из технологического раствора  $MgSO_4$  методом электрофлотации в присутствии флокулянтов различных типов: Praestol 2540 (A), Praestol 854 (K), Praestol 2500 (H),  $i_v = 0,4$  А/л, pH = 6,5 – 7

Проведен дополнительный ряд экспериментов электрофлотационного извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  из технологического раствора  $MgSO_4$  с последующей фильтрацией. Полученные данные представлены на рисунке 2.

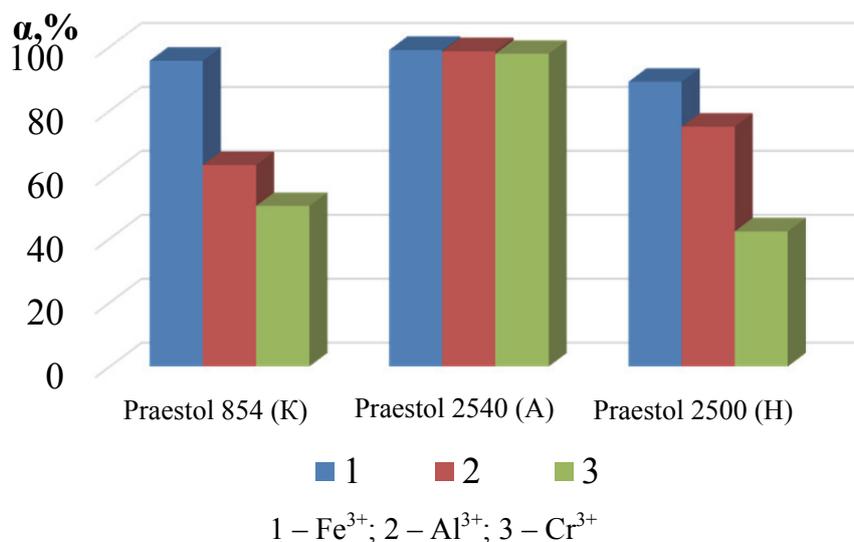


Рисунок 2 – Степень извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  из технологического раствора  $MgSO_4$  методом электрофлотации с последующей фильтрацией в присутствии флокулянтов различных типов: Praestol 2540 (A), Praestol 854 (K), Praestol 2500 (H),  $i_v = 0,4$  А/л, pH = 6,5 – 7

Установлено, что при введении флокулянтов катионного типа Praestol 854 и неионного типа Praestol 2500, степень извлечения по всем трем компонентам не превышает 10 – 30% (рисунок 1). При добавлении в модельный раствор флокулянта анионного типа Praestol 2540 степень извлечения малорастворимых соединений  $Fe^{3+}$  и  $Al^{3+}$  достигает 98%, а малорастворимых соединений  $Cr^{3+}$  – 96%, и это уже на десятой минуте проведения электрофлотационного процесса извлечения примесей.

При проведении последующей фильтрации увеличивается степень извлечения примесей с использованием катионного и неионного флокулянтов (Praestol 854 и Praestol 2500) до диапазона от 42 до 95% по всем трем извлекаемым примесям (рисунок 2). Однако, в присутствии флокулянта анионного типа – Praestol 2540, показатели степени извлечения увеличиваются еще больше, до 99%.

Сравнение полученных данных при использовании катионного, анионного и неионного флокулянтов для процесса электрофлотационного извлечения малорастворимых  $Fe^{3+}$ ,  $Al^{3+}$  и  $Cr^{3+}$  из технологического раствора  $MgSO_4$  позволяет сделать вывод о том, что увеличение эффективности электрофлотационного извлечения происходит в присутствии флокулянта анионного типа и за короткий промежуток времени проведения процесса.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Широян Д. С., Громова И. В., Элжиркаев Р. А. Изучение возможности переработки серпентинито-магнезитового сырья Халиловского месторождения на сульфат магния // Успехи в химии и химической технологии. – 2014. – Т. 28, №. 5 (154). – С. 122–125.

2 Иншакова К.А., Бродский В.А. Электрофлотационное извлечение гидроксида железа (III) из концентрированного раствора сульфата магния //Материалы XXVII Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов-2020". – 2020. – С. 1386

3 N.D. Tzoupanos, A.I. Zouboulis, Coagulation–flocculation processes in water/wastewater treatment: the application of new generation of chemical reagents //6th IASME/WSEAS international conference on heat transfer, thermal engineering and environment (HTE'08). – 2008. – P. 309–317.

4 Brodskiy V.A., Zhukov D.Yu., Malkova Yu.O., Kolesnikov V.A. The pH and medium composition impact on the efficiency of electroflotation-based extraction of slightly soluble iron, chromium and manganese compounds from water solutions and physical-chemical properties of these compounds //CIS Iron and Steel Review. – 2021. – V 21, Is.: 1. – P. 75–81.

УДК 620.22

Картонова Любовь Владимировна, кандидат технических наук, доцент;

Kartonova Lyubov Vladimirovna

Шабалдин Иван Владимирович, студент; Shabaldin Ivan Vladimirovich

Барков Артём Михайлович, студент; Barkov Artyom Mikhailovich

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

#### ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ УПРОЧНЯЕМЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВОВ

#### FEATURES OF HEAT TREATMENT OF HARDENABLE ALUMINUM DEFORMABLE ALLOYS

Аннотация. Обсуждаются вопросы влияния термической обработки на свойства деформируемых алюминиевых сплавов, упрочняемых термической обработкой, особенности технологических процессов термообработки указанной группы сплавов.

Abstract. The issues of the influence of heat treatment on the properties of deformable aluminum alloys hardened by heat treatment, the features of technological processes of heat treatment of this group of alloys are discussed.

Ключевые слова: термическая обработка, алюминиевые деформируемые сплавы.

Keywords: heat treatment, deformable aluminum alloys.

Алюминиевые деформируемые сплавы, упрочняемые термической обработкой, получили наиболее широкое применение в промышленности. Это объясняется тем, что они в себе сочетают малую плотность с достаточной высокой прочностью. Сплавы указанной группы используются в различных отраслях, особенно в авиастроении, для изготовления полуфабрикатов путём пластического деформирования и их последующей обработки.

В таблице 1 представлены химический состав наиболее применяемых промышленных сплавов данной группы.

Таблица 1 – Химический состав наиболее применяемых алюминиевых деформируемых сплавов

| Марка сплава | Содержание элементов (остальное Al), % |           |           |                                        | Упрочняющие фазы                                                                                                                                             |
|--------------|----------------------------------------|-----------|-----------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|              | Cu                                     | Mg        | Mn        | Прочие                                 |                                                                                                                                                              |
| Д1           | 3,5-4,8                                | 0,4-0,8   | 0,4-1,0   | -                                      | CuAl <sub>2</sub> ,<br>S-фаза (Al <sub>2</sub> CuMg)                                                                                                         |
| Д16          | 3,8-4,9                                | 1,2-1,8   | 0,3-0,9   | -                                      |                                                                                                                                                              |
| В95          | 1,4-2                                  | 1,8-2,8   | 0,2-0,6   | 0,1-0,25 Cr, 7,6-8,6 Zn                | MgZn <sub>2</sub> , S-фаза<br>T-фаза (Al <sub>2</sub> Mg <sub>3</sub> Zn <sub>3</sub> )                                                                      |
| В96          | 2,2-2,8                                | 2,5-3,2   | 0,2-0,5   | 0,1-0,25 Cr, 5-7 Zn                    |                                                                                                                                                              |
| АК4          | 1,9-2,5                                | 1,4-1,8   | до 0,2    | 0,5-1,2 Si, 0,8-1,3 Ni                 | Mg <sub>2</sub> Si, S-фаза,<br>θ-фаза (CuAl <sub>2</sub> ), Al <sub>12</sub> Mn <sub>2</sub> Cu,<br>Al <sub>9</sub> FeNi, Al <sub>6</sub> Cu <sub>3</sub> Ni |
| АК4-1        | 1,9-2,5                                | 1,4-1,8   | до 0,2    | 0,8-1,3 Fe, 0,8-1,3 Ni,<br>0,02-0,1 Ti |                                                                                                                                                              |
| АД31         | до 0,1                                 | 0,4-0,9   | -         | 0,3-0,7 Si                             | Mg <sub>2</sub> S                                                                                                                                            |
| АВ           | 0,1-0,5                                | 0,45-0,49 | 0,15-0,35 | 0,5-1,2 Si                             |                                                                                                                                                              |
| Д18п         | 2,2-3                                  | 0,2-0,5   | до 0,2    | -                                      | Mg <sub>2</sub> Si, CuAl <sub>2</sub> , ω-фаза<br>(Al <sub>x</sub> Mg <sub>5</sub> Cu <sub>5</sub> Si <sub>4</sub> )                                         |
| АК6          | 1,8-2,6                                | 0,4-0,8   | 0,4-0,8   | 0,7-1,2 Si                             |                                                                                                                                                              |

Следует понимать, что такие сплавы в равновесном состоянии при цеховой температуре имеют двухфазную структуру. Для получения требуемых свойств в данных сплавах применяют отжиг, закалку и старение. [1]

Упрочняемые алюминиевые деформируемые сплавы, как правило, подвергают рекристаллизационному отжигу (полному или неполному) и отжигу с целью разупрочнения.

Рекристаллизационный отжиг чаще всего применяют в качестве промежуточной операции. При этом деформированный сплав нагревают до температуры выше температуры начала первичной рекристаллизации, время выдержки – 0,5-2 часа.

Отжиг с целью разупрочнения проводится в случае, когда требуется разупрочнить изделие, упрочненное закалкой и старением. При этом температура отжига выбирается так, чтобы добиться полного распада пересыщенного твердого раствора за непродолжительное время в пределах 1-2 часа [2].

Кроме этого, перед пластической деформацией слитки подвергают гомогенизации для повышения однородности структуры и увеличения пластичности. Оптимальная температура закалки – 450-560 °С, время выдержки варьируется 4-36 часов.

Упрочнение достигается закалкой с последующим старением. Целью закалки является получение неравновесной структуры пересыщенного твердого раствора, что даст возможность упрочнения изделий за счет последующего старения. При выборе температуры закалки руководствуются, что она должна обеспечить как можно более полное растворение интерметаллидов. И для некоторых сплавов очень важно жестко соблюдать рекомендуемые режимы нагрева под закалку. Так для дуралюминов в зависимости от состава сплава температура закалки в пределах 495-525°С.

Как известно, распад твердого раствора в закаленном алюминиевом сплаве протекает самопроизвольно. Поэтому в ряде случаев не требуется специальный нагрев, а достаточно простого вылеживания, то есть в естественных условиях (естественное старение). Однако для активации диффузионных процессов достаточно часто применяют искусственное старение. Так в сплавах системы (Al-Cu-Mn) лишь при нагреве до 100-200°С можно обеспечить подготовку сплава к распаду и начальные стадии распада.

Следует иметь в виду, что значение предела прочности в естественно состаренных и искусственно состаренных практически не отличают. Однако, например, в дуралюминах при искусственном старении наблюдается увеличение предела текучести при снижении характеристик пластичности. К тому же искусственное старение приводит к более стабильному состоянию сплавов.

На структуру состаренного сплава влияет не только температура нагрева и скорость охлаждения во время закалки, но и наличие примесей, пластическая деформация перед закалкой и после закалки и ряд других факторов.

Искусственное старение условно подразделяют на полное, неполное старение и перестаривание. Полное старение позволяет достигнуть максимальной прочности. При неполном старении можно добиться сохранения характеристик пластичности при высокой прочности за счет более короткой выдержки при меньших температурах.

При более высоких температурах старения или вследствие более длительного времени выдержки происходит агломерация частиц выделяющейся фазы, что приводит к потере прочности. Однако в ряде случаев для предотвращения снижения механических свойств перестаривание выполняется умышленно.

Проведенный анализ нормативных и справочных документов, включая производственные инструкции, позволил выявить оптимальные режимы упрочняющей обработки. В таблице 2 приведены свойства наиболее применяемых промышленных сплавов до упрочняющей термической обработки, рекомендованные режимы термической обработки и свойства после этой обработки.

Так для сплавов нормальной прочности (Д1, Д16) рекомендуется выполнять закалку с нагревом в пределах 485-510 °С, охлаждение производят в воде, далее проводят либо естественное старение при комнатной температуре в течение 94 часов, либо искусственное старение при 185-195 °С в течение ~68 часов. Такая термообработка позволит повысить удельную прочность до показателей, близких к легированной стали.

Таблица 2 – Механические свойства промышленных термоупрочняемых алюминиевых сплавов

| Марка сплава | Механические свойства до ТО |                      |              | Режимы ТО                                                                                               | Механические свойства после ТО |                      |              |
|--------------|-----------------------------|----------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------|
|              | $\sigma_b$ , МПа            | $\sigma_{0,2}$ , МПа | $\delta$ , % |                                                                                                         | $\sigma_b$ , МПа               | $\sigma_{0,2}$ , МПа | $\delta$ , % |
| Д1           | 380                         | 220                  | 12           | Закалка 495-510 °С, вода, естественное старение в течение 94 ч.                                         | 490                            | 320                  | 14           |
| Д16          | 450                         | 320                  | 19           | Закалка 485-503 °С, вода, старение 185-195 °С в течение 68 ч.                                           | 540                            | 400                  | 11           |
| В95          | 520                         | 440                  | 13           | Закалка 460-470 °С, вода, старение при 135-145 °С в течение 16 ч.                                       | 580                            | 540                  | 8            |
| В96          | 615                         | 595                  | 8            | Закалка 460-475 °С, вода, ступенчатое старение: при 120 °С в течение 3 часов, при 160 °С в течение 3 ч. | 650                            | 630                  | 6            |
| АК4          | 360                         | 260                  | 3            | Закалка 525-535 °С, вода, старение 180-190 °С в течение 10 ч.                                           | 397                            | 297                  | 4            |
| АК4-1        | 360                         | 280                  | 3            | Закалка 530-535 °С, вода, старение 195 °С в течение 12 ч.                                               | 380                            | 310                  | 6            |
| АД31         | 160                         | 150                  | 10           | Закалка 520-530 °С, вода, старение 160-170 °С в течение 10-12 ч.                                        | 250                            | 200                  | 12           |
| АВ           | 250                         | 160                  | 23           | Закалка 515-525 °С, вода, старение 160-170 °С в течение 10-12 ч.                                        | 360                            | 300                  | 12           |
| Д18п         | 160                         | 60                   | 25           | Закалка 495-505 °С, вода, естественное старение в течение 96 ч.                                         | 300                            | 70                   | 24           |
| АК6          | 420                         | 310                  | 10           | Закалка 515-525 °С, вода, старение 150-165 °С в течение 4-12 ч.                                         | 480                            | 380                  | 11           |

Высокопрочные алюминиевые сплавы (В95, В960) следует закалывать с температуры 460-470 °С, используя холодную или горячую воду в качестве охлаждающей среды, далее необходимо провести старение в течение 16 часов при 135-145 °С. Следует отметить, что хорошие результаты дает ступенчатое старение: первая стадия – при температуре 120°С в течение 3 часов, вторая стадия – 160 °С в течение того же времени.

В настоящее время в качестве жаропрочных сплавов широко применяются сплавы АК4 и АК4-1, также как и дуралюмины, они относятся к системе Al-Cu-Mg, но отличаются повышенным содержанием железа, кремния и никеля, что приводит к выделению избыточного количества твердых фаз. Закалку таких сплавов следует вести с 525-535 °С с охлаждением в воде, (холодной или горячей), далее выполняют искусственное старение в течение 10-12 часов при температуре

180-195 °С. В результате такой обработки достигается увеличение предела прочности и предела текучести. Следует отметить, что применяемые на практике повышенные температуры старения позволяют достигнуть высокий предел прочности при пониженной пластичности и приемлемой коррозионной стойкости.

Для коррозионностойких алюминиевых сплавов (АД31, АД33, АВ) оптимальной считается закалка с температуры 515-530 °С в воду с последующим старением при температуре 160-170 °С в течение 10-12 часов. Данные сплавы уступают в сравнении с вышеуказанными сплавами по прочности, но имеют лучшую пластичность.

Для сплавов (Д18П, АК6, АК8), обладающих повышенной пластичностью, рекомендуется закалка с температуры 495-525 °С (в зависимости от марки) в воде с последующим либо естественным старением в течение 96 часов, либо искусственным старением при температуре 150-165 °С в течение 4-12 часов.

Проведенный анализ применяемых в промышленных условиях режимов упрочняющей термической обработки позволил выявить оптимальные режимы. Кроме того, в материалах статьи также обращено внимание на некоторые особенности термообработки алюминиевых деформируемых сплавов, упрочняемых термической обработкой, что имеет практическое применение.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Картонова Л. В. Теория и технология термической обработки/ Л. В. Картонова, В. А. Кечин; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2020. – 128 с. – ISBN 978-5-9984-1156-4.

2 Колачев Б.А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов/ Б.А. Колачев, В.А. Ливанов, В.И. Елагин В.И. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: «МИСИС», 2001. – 414 с. – ISBN 5-8763-027-8.

УДК 620.022

Ковалев Максим Игоревич, студент; Kovalev Maxim Igorevich

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук; Protsenko Alexander Evgenievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛЬВОЛИЗА ЭПОКСИ-КОМПОЗИТОВ В СРЕДЕ ЭТИЛОВОГО СПИРТА

#### INVESTIGATION OF EPOXY COMPOSITES SOLVOLYSIS IN THE ETHANOL MEDIUM

Аннотация. В данной работе приводятся теоретические исследования возможности растворения различных смол на эпоксидной основе. Представлены данные экспериментального исследования сольволиза в среде этилового спирта.

Abstract. In this paper, theoretical studies of the possibility of dissolving various epoxy-based resins are presented. The data of an experimental study of solvolysis in an ethanol medium are presented.

Ключевые слова: сольволиз, утилизации полимерных композитов, деполимеризации матриц, растворения полимерных матриц на эпоксидной основе.

Keywords: solvolysis, utilization of polymer composites, depolymerization of matrices, dissolution of epoxy-based polymer matrices.

На сегодняшний день, композиты являются популярными и часто применяемыми материалами. Многие из таких материалов легче и прочнее наиболее подходящих по своим физическим свойствам металлических сплавов.

Композиционные материалы, а также материалы из углеродного волокна и эпоксидной смолы используются в передовых инженерных системах, таких как космические аппараты, самолеты, авто и конструкции роботов, благодаря их высокой удельной жесткости и высокой удельной прочности. Большой объем потребления полимерных композитов промышленностью способствует накоплению значительного количества техногенных отходов. Вследствие этого, перед современными исследователями стоит задача разработка методов переработки отработанного изделия на основе отвержденных полимерных связующих.

Один из наиболее перспективных способов утилизации полимерных композитов – сольволиз [1]. В данной работе поставлена цель проверить возможность деполимеризации матриц различной природы в присутствии этилового спирта.

Наиболее эффективно сольволиз протекает в веществах способных к взаимному растворению. Таким образом, с использованием расчета параметра растворимости по возможности растворения в этиловом спирте продукта отверждения эпоксивинилэфирного связующего Derakane 411-350 и эпоксидного олигомера на основе дифенилолпропана и эпихлоргидрина.

В состав Derakane 411-350 ( $\rho = 1,046 \text{ г/см}^3$ ) входит олигомер с метилметакрилатными концевыми звеньями, представленный на рисунке 1 [2]. Также в состав этого связующего входит стирол, который полимеризуется совместно с олигомером по радикальному механизму в присутствии метилэтилкетона пероксида.

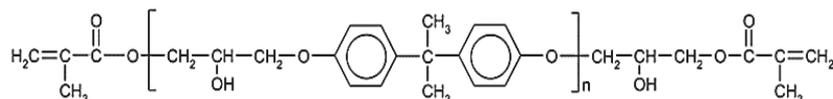


Рисунок 1 – диметакрилатный олигомер на основе эпихлоргидрина и дифенилолпропана

Эпоксидный олигомер ( $\rho = 1,21 \text{ г/см}^3$ ) полученный в результате взаимодействия дифенилолпропана и эпихлоргидрина (рисунок 2) отверждается аминами, например, диэтилентриамином.

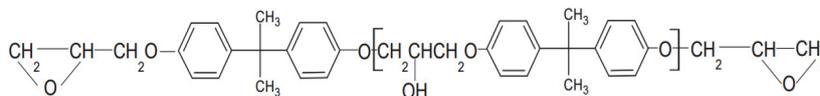


Рисунок 2 – Эпоксидный олигомер, полученный поликонденсацией эпихлоргидрина и дифенилолпропана

В обоих олигомерах можно выделить идентичный повторяющийся сегмент, который является продуктом поликонденсации эпихлоргидрина и дифенилолпропана с молекулярной массой 284 г/моль.

Для определения растворимости  $\delta_{II}$  необходимо воспользоваться формулой Смолла (1):

$$\delta_{II} = \frac{\sum \gamma \cdot \rho_{II}}{M_0} \quad (1)$$

где  $\sum \gamma$  - сумма мольных констант взаимодействия атомных группировок, входящих в элементарное звено,  $(\text{кал/см}^3)^{0,5}$ ;  $M_0$  - молекулярная масса мономерного звена, г/моль;  $\rho$  – плотность полимера, г/см<sup>3</sup>.

Сумма мольных констант взаимодействия атомных группировок определяется по табличным данным [3] и для рассматриваемого сегмента равна 2421  $(\text{кал/см}^3)^{0,5}$ . Таким образом, параметр растворимости составит 8,9  $(\text{кал/см}^3)^{0,5}$  для эпоксивинилэфирного связующего и 10,2  $(\text{кал/см}^3)^{0,5}$  для эпоксидного связующего.

Так как в состав связующего Derakane 411-350 входит стирол, который принимает участие в отверждении и образует блоки, связывающие отдельные олигомеры в пространственную сетку, то необходимо рассчитать также его параметр растворимости. Молекулярная масса элементарного звена полистирола составляет 104 г/моль. Сумма мольных констант взаимодействия атомных группировок  $\sum \gamma = 896 (\text{кал/см}^3)^{0,5}$ . Подставив данные значения в формулу (1) с учетом того, что плотность полистирола 1,1 г/см<sup>3</sup>,  $\delta_{\text{стирола}} = 9,5 (\text{кал/см}^3)^{0,5}$ .

Параметр растворимости этилового спирта определяется по формуле

$$\delta = \left( \frac{L_e - RT}{V_{\text{см}}} \right)^{0,5},$$

где  $T$  - температура кипения жидкости, К;  $L_e$  – скрытая теплота парообразования, кал/моль;  $V_{\text{см}}$  – мольный объем, см<sup>3</sup>/моль.

По формуле Гильдебранда определяется параметр  $L_e$ :

$$L_e = 23,7 \cdot T + 0,02 \cdot T^2 - 2950. \quad (2)$$

Подставив все значения всех переменных, получается:

$$\delta_{\text{этанол}} = \left( \frac{23,7 \cdot 351,4 + 0,02 \cdot 351,4^2 - 2950 - 1,987 \cdot 351,4}{46,1/0,79} \right)^{0,5} = 11.$$

В результате сравнения параметров растворимости этанола и сегментов полимерной матрицы, установлено, что элементарный сегмент олигомеров, являющийся продуктом поликонденсации эпихлоргидрина и дифенилолпропана, может растворяться.

Разность параметров растворимости для эпоксивинилэфирного олигомера и спирта составила  $2,1 \text{ (кал/см}^3)^{0,5}$ , что близко к 2, а для эпоксидного олигомера  $0,8 \text{ (кал/см}^3)^{0,5}$ , что свидетельствует о большей вероятности растворения.

Также немало важным условием растворения является соответствие природы растворителя и растворяемого вещества. Этанол и элементарное звено олигомеров являются полярными, что удовлетворяет условию растворимости.

Предсказать и вычислить растворимость в настоящее время не представляется возможным. Это можно объяснить сложностью взаимодействия частиц в растворе, а также отсутствием общей теории жидкого состояния. Тем не менее, многие наблюдаемые зависимости, связанные с растворимостью, объяснимы.

При этом стирол, входящий в продукт отверждения эпоксивинилэфирного связующего, является неполярным веществом, что нивелирует возможность растворения несмотря на то, что разность параметров растворения стирола и этанола составляет  $1,5 \text{ (кал/см}^3)^{0,5}$ .

В экспериментальной практике растворимость при обычных условиях также будет осложнять тот факт, что спирт хорошо растворяется в воде и поглощает ее. Присутствие воды будет снижать растворимость рассматриваемых полимеров в спирте, так как параметр растворимости воды равен  $21,4 \text{ (кал/см}^3)^{0,5}$ , а параметр растворимости смеси растворителей определяется в соответствии с принципом аддитивности.

При проведении экспериментальных исследований по деполимеризации полимерных композитов на основе эпоксидного и эпоксивинилэфирного связующих. Полное удаление матрицы удалось достичь только для эпоксидного пластика при температуре  $280 \text{ }^\circ\text{C}$  в изохорных условиях. Композит на основе связующего Derakane 411-350 набух. Прирост массы составил 5,16%

Таким образом, частично экспериментально подтверждены данные о возможности растворения полимерных матриц на эпоксидной основе композиционных материалов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Keith M.J. et al. Recycling a carbon fibre reinforced polymer with a supercritical acetone/water solvent mixture: Comprehensive analysis of reaction kinetics // Polym. Degrad. Stab. Elsevier Ltd, 2019. Vol. 161. P. 225–234.

2 Xu L., Drzal L.T. Improvement of adhesion between vinylester resin and carbon fibers // Proc. 13th Int. Conf. Compos. Mater. 2013. P. 1–10.

3 Бобылёв В. Н. Физические свойства наиболее известных химических веществ: Справочное пособие / В. Н. Бобылёв; РХТУ им. Д. И. Менделеева. –М., 2003. –24 с.

УДК 656.56:658.58

Комарицын Сергей Олегович, заместитель начальника межрегионального отдела по надзору за объектами нефтегазового и общепромышленного комплекса Дальневосточного управления Ростехнадзора; Komaritsyn Sergey Olegovich

Шакирова Ольга Григорьевна, доктор химических наук, доцент; Shakirova Olga Grigorievna  
Дальневосточное управление Ростехнадзора

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩЕГО В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРАТНЫХ ПРОБОК, НА МАТЕРИАЛЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ**

#### **THE STUDY OF THE EFFECT OF INTERNAL PRESSURE RESULTING FROM THE FORMATION OF HYDRATE PLUGS ON THE MATERIALS OF TECHNOLOGICAL PIPELINES USED IN THE PETROCHEMICAL COMPLEX**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию воздействия гидратных пробок на технологические трубопроводы и последствий их воздействия.

Abstract. This work is devoted to the study of the impact of hydrate plugs on technological pipelines and the consequences of their impact.

Ключевые слова: гидрат природного газа, гидратная пробка, технологический трубопровод.

Keywords: natural gas hydrate, hydrate plug, process pipeline.

Углеводородный газ с примесью паров воды при определенных условиях образует твердые соединения, именуемые гидратами. Газогидраты могут существовать в широком спектре давлений и температур. Например, газогидрат метана формируется при давлении от  $2 \cdot 10^{-8}$  до  $2 \cdot 10^3$  МПа и температуре от 70 до 350 К. Газовые гидраты (рис. 1) это соединения, представляющие собой молекулы газа, заключенные в ячейках, состоящих из молекул воды, удерживаемых водородной связью [1].

Активное развитие и освоение месторождений газа Сибири и Дальнего Востока, а также развитие предприятий нефтегазоперерабатывающего комплекса в указанных регионах России, где преобладают низкие температуры атмосферного воздуха на протяжении нескольких месяцев в году, создают благоприятные условия для образования гидратов в технологических трубопроводах (рис. 2).

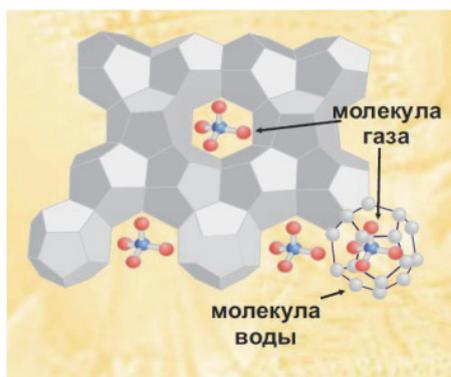


Рисунок 1 – Структура газового гидрата

Начало образования гидратов происходит на стенках труб с последующим их разрастанием, что приводит к снижению пропускной способности трубопровода и в дальнейшем полному перекрытию трубопровода [2]. В зависимости от размеров гидратов они оказывают различное давление на стенки трубопровода, что может негативно сказаться на эксплуатации этого трубопровода в дальнейшем.



Рисунок 2 - Образование гидратов в технологических трубопроводах

В настоящее время существует несколько способов предотвращения образования гидратных пробок в технологических трубопроводах, однако полностью исключить их образование не представляется возможным ввиду различных причин [3]. Разработанные методы обнаружения гидратных пробок показывают свою эффективность [4, 5].

На сегодняшний день актуальным является исследование влияния гидратных пробок на технологические трубопроводы, определение изменений в структуре сталей разных марок после воздействия на них гидратных пробок и возможности безопасной эксплуатации технологических трубопроводов после обнаружения гидратных пробок, и их устранения. Разработка метода неразрушающего контроля технологических трубопроводов после воздействия на них гидратных пробок позволит установить возможность дальнейшей безопасной эксплуатации технологических трубопроводов, которая не приведет к развитию аварийной ситуации и нанесению ущерба.

Для разработки вышеуказанного способа предлагается использовать прибор определения внутренних напряжений в ферромагнитном металле или сплаве на основе метода регистрации шумов Баркгаузена. Метод основан на регистрации акустических или магнитных шумов, регистрируемых в процессе множественных упругих колебаний доменных стенок, возникающих при повороте доменов в ферромагнетиках, вызванных приложением к ним переменного магнитного

поля. Данный метод позволит определять возможность дальнейшей безопасной эксплуатации технологического трубопровода в короткие сроки и без проведения разрушающих методов контроля. Применение указанного метода также не несет дополнительных затрат и не требует вывода технологического трубопровода из эксплуатации на долгое время.

Всё это позволит минимизировать затраты предприятий при проведении диагностирования технологических трубопроводов при создании в них гидратных и иных пробок, а также приведет к снижению количества аварийных ситуаций на технологических трубопроводах, подвергшихся воздействию гидратных пробок.

Разработанный метод можно также применять при устранении парафиновых пробок, которые образуются в технологических трубопроводах нефтеперерабатывающих производств.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трофимук А.А., Черский Н.В., Царев В.П. Газовые гидраты – новый источник углеводородов / Природа, 1979, №1, с. 18-27.

2 Аксютин О.Е., Меньшиков С.Н., Лапердин А.И. Условия образования и методы борьбы с гидратами на газовом промысле Ямсовейского месторождения / Обзор информ. М.: Газпром экспо, 2010, 88 с.

3 Жданова Н.В., Халиф А.Л. Осушка углеводородных газов / М.: Химия, 1984, 192 с.

4 Плешаков В.В., Шурпо А.Н., Егорушкин Е.А. Магнитошумовой метод контроля остаточных напряжений в поверхностном слое деталей / Вестник Брянского государственного технического университета. 2014, №4(44), с. 92-99.

5 Дегтярев Б.В., Бухгалтер Э.Б. Борьба с гидратами при эксплуатации газовых скважин в северных районах. М.: Недра, 1976. 198 с.

УДК 66.092-977

Люхо Илья Андреевич, студент; Lyukho Ilya Andreevich

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент; Protsenko Alexander Evgenievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА И ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ЭПОКСИВИНИЛЭФИРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

#### STUDY OF THE PROCESS AND PRODUCTS OF PYROLYSIS OF AN EPOXY VINYL ESTER BINDER

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию процесса термической деструкции эпоксивинилэфирного связующего при атмосферном давлении, а также рассмотрение влияния температурного фактора на протекание процесса. Также в работе рассматривается состав продуктов пиролиза, их применимость в промышленности и возможность реализации подобных процессов на предприятиях.

Abstract. This work is devoted to the study of the process of thermal destruction of an epoxy vinyl ester binder at atmospheric pressure, as well as the consideration of the influence of the temperature factor on the course of the process. The paper also considers the composition of pyrolysis products, their applicability in industry and the possibility of implementing such processes in enterprises.

Ключевые слова: связующее, эпоксивинилэфир, пиролиз.

Keywords: binder, epoxy vinyl ether, pyrolysis.

От момента открытия до наших дней пластмассы стали одним из наиболее популярных материалов, вытесняя другие продукты своей ценой и уникальными свойствами. Постоянно открываются новые составы и вещества, позволяющие получать пластик, обладающий все большим ассортиментом полезных свойств. Наиболее перспективной отраслью полимерной промышленности является производство полимерных композиционных материалов (далее – ПКМ) [1]. Пластмассы уже активно применяются в пищевой промышленности, машиностроении, строительстве, авиации, медицине и т.д.

При производстве полимерных композиционных материалов, используются следующие компоненты пластических масс:

- Наполнители, отвечающие за физико-механические свойства изделий;
- Пластификаторы, придающие полимеру эластичность;

- Стабилизаторы;
- Красители;
- Смазывающие вещества и т.д.

Наиболее важным компонентом является связующее, которое после отверждения становится матрицей, позволяющей удержать все компоненты вместе, и образует единое целое. Оно влияет на все свойства будущей продукции. Существует большое количество полимерных связующих, но широкое применение получили поликонденсационные, фенолформальдегидные и кремнийорганические соединения, а также соединения полимеризационного типа: полиэтилен, полипропилен, полистирол.

ПКМ и изделий из них имеют длительный срок службы, однако со временем полимерные матрицы подвергаются действию внешних агрессивных факторов, таких как ионизирующие излучения, гидролиз и др., в результате чего стареют и теряют свои физико-механические свойства [2]. Современное общество требует более бережного отношения к экологии, вследствие чего повышается требования к регулированию количества не перерабатываемых отходов.

ПКМ является гетерогенным материалом и при правильных условиях может стать сырьевой базой для получения востребованных соединений для органического синтеза и наполнителей [3].

В работе [4] был предложен метод рециклинга стеклоткани методом пиролиза, однако не рассматривался состав продуктов термодеструкции матрицы.

Данная работа направлена на исследование непосредственно продуктов, получаемых в процессе пиролиза отвержденного эпоксивинилэфирного связующего марки Derakane 411-350.

Экспериментальные исследования выполнялись на установке (Рисунок 1). С целью установления границ режима проведения эксперимента образец отвержденного связующего исследовался методом синхронного термического анализа на приборе Netzsch STA 409 PC Luxx. По данным термограммы, представленной на рисунке 2 термодеструкция начинается при 350 °С.

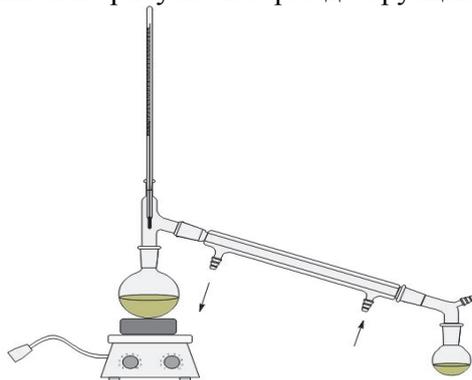


Рисунок 1 – Схема лабораторной установки.

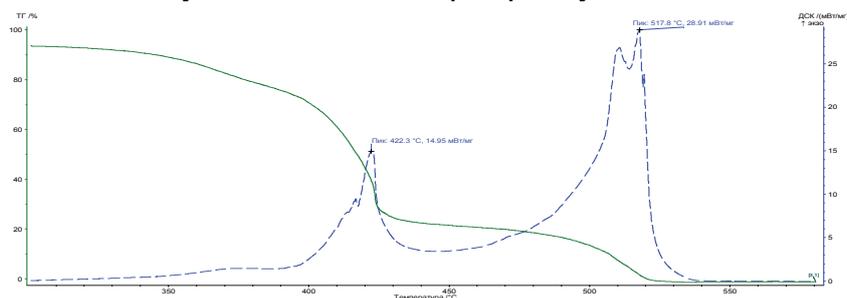


Рисунок 2 – Термограмма Derakane Momentum 411 связующего

Перед осуществлением процесса пиролиза сырье нарезается на небольшие кусочки и укладывается в колбу (рис. 1).

В диапазоне температур до 350 °С происходит отделение легколетучих компонентов полимерной матрицы (стирол, вода, растворители), которые были удалены с помощью газоотводного клапана. Свыше 350 °С начинается активная фаза термодеструкции, которая сопровождалась выделением белого горючего газа. При дальнейшем повышении температуры началось каплеобразование. Наибольшая интенсивность процесса наблюдалась при 420 °С, что подтверждается данными синхронного термического анализа, представленным на рисунке 2. По окончании процесса получился ряд продуктов распада связующего в колбе приемнике состоящих из трех фаз, имеющих окраску от желтого до коричневого цвета. В изначальной емкости остался только кокс.

Анализ продуктов пиролиза проводился методами синхронного термического анализа и хроматомасс-спектрометрией. По данным синхронного термического анализа (рисунок 3) в диапазоне температур до 300 °С происходит удаление 90 % полученных продуктов за счет испарения. Оставшиеся 10 % возгораются при 400 °С, о чем свидетельствует экзотермический пик на кривой ТГ.

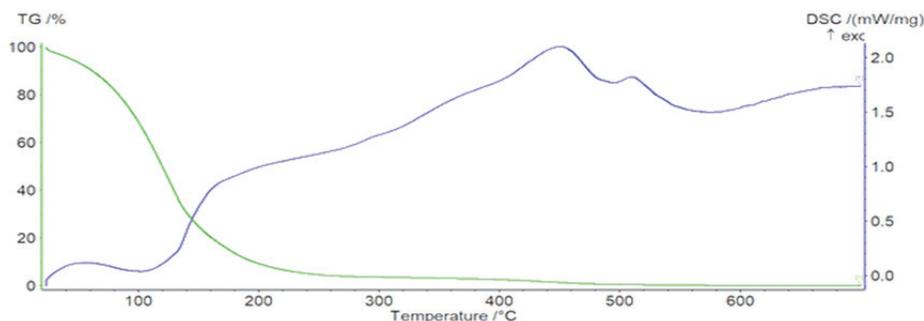


Рисунок 3 – Термограмма пиролизной жидкости

Химический состав прожуктов пиролиза оценивался с использованием хроматомасс-спектрометра Shimadzu GCMS-QP 2010 Ultra. Однако ввиду того, что используемая колонка Restek Rxi-5MS работает только в диапазоне температур до 350 °С, пиролизная жидкость перегонялась в ротационном испарителе под вакуумом и температурой 200 °С.

Хроматограмма отогнанной составляющей пиролизной жидкости представлена на рисунке 4. Количественный и качественный состав по данным масс-спектрометрии представлен в таблице 1.

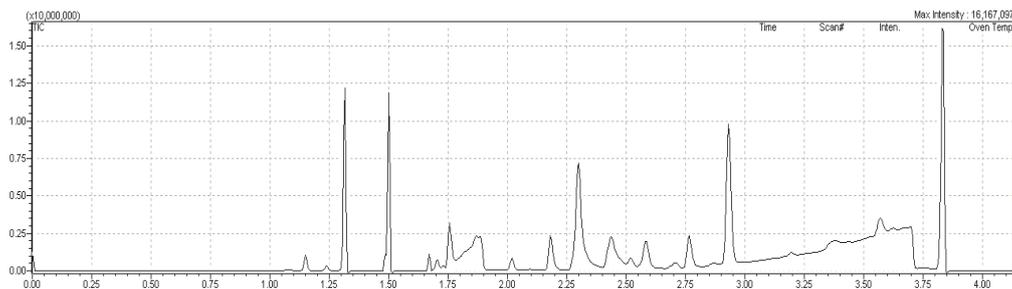


Рисунок 4 – Хроматограмма легкой фракции продуктов деструкции

Таблица 1 – Состав продуктов деструкции

| №  | Время удержания | Содержание | Вещество                  |
|----|-----------------|------------|---------------------------|
| 1  | 3,832           | 12,86      | Толуол                    |
| 2  | 2,298           | 12,04      | Метилбензойная кислота    |
| 3  | 2,930           | 10,84      | Метилметакрилат           |
| 4  | 1,868           | 8,84       | Уксусная кислота          |
| 5  | 3,698           | 7,69       | Пропионовая кислота       |
| 6  | 1,314           | 7,56       | Ацетон                    |
| 7  | 1,500           | 7,03       | Пропен-2-ол-1             |
| 8  | 3,569           | 6,48       | 2-этилдиоксолан-1,3       |
| 9  | 2,436           | 5,16       | 1-метокси-2-гидрокипропан |
| 10 | 3,624           | 3,75       | 2,6-диметилгептадиен-1,5  |
| 11 | 1,756           | 3,71       | 2-бутанон                 |
| 12 | 2,582           | 2,82       | 2,2,3-триметилоксэтанол-3 |
| 13 | 2,764           | 2,58       | Аллилацетат               |
| 14 | 2,181           | 2,53       | 2-Метилдиоксолан-1,3      |
| 15 | 2,518           | 1,06       | Хлорпропанон-2            |
| 16 | 3,381           | 0,87       | Пентен-3-он-2             |
| 17 | 1,704           | 0,83       | Амилацетат                |
| 18 | 1,149           | 0,81       | Ацетальдегид              |
| 19 | 2,018           | 0,72       | Метилпропионат            |
| 20 | 2,707           | 0,66       | 2-изобутоксипропионат     |
| 21 | 1,238           | 0,55       | Этанол                    |
| 22 | 2,860           | 0,29       | Фуран                     |
| 23 | 3,195           | 0,25       | Винилбутират              |

Ряд компонентов может быть использован в топливной промышленности в качестве компонентов топлив и масел. Преимущественно выделяющийся толуол является одним из компонентов топлива [5] наряду с этанолом [6]

и фураном [7]. Подавляющее число остальных веществ используются в качестве растворителей либо как готовые вещества для различных отраслей промышленности [8].

Таким образом при пиролизе в результате термодеструкции эпоксивинилэфирного связующего, используемого в качестве матрицы при производстве ПКМ получается смесь продуктов, состоящая из 4 фракций: газообразная, легкая белая, средняя желтая, тяжелая коричневая. В реакторе остается кокс, который составляет около 20 % от общей массы загрузки. Наблюдается потеря около 16 % массы исходной смеси в газообразование. Толуол, спирты и фуран, входящие в состав пиролизной жидкости при выделении из смеси допустимо использовать в топливной промышленности. Остальные вещества так же найдут применение в других отраслях

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Киселев Б.А., Стеклопластики, конструкционные материалы. т. 1-3, М., 2007. 213-214 с.
- 2 Kablov E.N. et al. Climatic aging of composite aviation materials: III. Significant aging factors - ProQuest // Russ. Metall. 2012. Vol. 2012, № 4. P. 323–329.
- 3 Хрульков А.В. и др. Эффективность утилизации композиционных материалов. 2020. Vol. 6, № 24. P. 69–74.
- 4 Protsenko A.E., Pimenova E.D., Petrov V. V. Recycling of glass fibers sheets from thermoset reinforced plastic using thermolysis method // IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng. 2020. Vol. 734, № 1. P. 012185.
- 5 Knop, V., Loos, M., Pera, C. and Jeuland, N., A linear-by-mole blending rule for octane numbers of n-heptane/iso-octane/toluene mixtures. Fuel, 115 (2014), pp.666-673.
- 6 Anderson, J.E., DiCicco, D.M., Ginder, J.M., Kramer, U., Leone, T.G., Raney-Pablo, H.E. and Wallington, T.J., High octane number ethanol–gasoline blends: Quantifying the potential benefits in the United States. Fuel, 97 (2012), pp.585-594.
- 7 Pintor, D.L. and Cho, S., Effects of the stability of 2-methyl furan and 2, 5 dimethyl furan on the autoignition and combustion characteristics of a gasoline-like fuel. Fuel, 312 (2022), p.122990.
- 8 Чалмерс Л., Химические средства в быту и промышленности, М.: «Химия», 1969. -530с.

УДК 620.022

Маркевич Надежда Витальевна, студент; Markevich Nadezhda Vitalievna

Желевская Дарья Денисовна, студент; Zhelevskaya Darya Denisovna

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук; Protsenko Alexander Evgenievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КООРДИНАЦИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ $L_2[CuBr_4]$ НА ПРИМЕРЕ РЕАКЦИИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ЭПОКСИВИНИЛЭФИРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО

#### STUDY OF THE CATALYTIC ACTIVITY OF THE COORDINATION COMPOUND $L_2[CuBr_4]$ ON THE EXAMPLE OF THE EPOXYVINYL ETHER BINDER CURING REACTION

Аннотация: В данной работе рассматривается возможность использования координационного соединения меди(II) состава  $L_2[CuBr_4]$ , где L – 2,3,5-трифенилтетразоий, в качестве катализатора отверждения эпоксивинилэфирного связующего марки Derakane 411-350 в присутствии метилэтилкетона пероксида. Представлены экспериментальные данные исследования времени желатинизации, отверждения и энергия активации процесса.

Abstract: This article discusses the question of what catalyst is most suitable for improving the performance properties of the polymer.

Ключевые слова: отверждение, время желатинизации, катализатор, комплекс меди(II).

Keywords: curing, gelatinization time, catalyst, complex of copper(II).

Полимеры, за счет своих богатых свойств, нашли применение в огромных сферах промышленности, таких как машиностроение, текстильная промышленность, аграрное производство и медицина, автомобилестроение и, по большей части, быту. Полимерные материалы в жизнедеятельности человека несут огромное значение.

Эпоксивинилэфирная смола обширно используется с целью изготовления полимерных композиционных материалов. Один из основных недостатков данного материала считается наличие сложной отверждающей системы, состоящей из нескольких пероксидных соединений. К плюсам можно причислить, что подобные композиты характеризуются значительной стойкостью к механическим и термическим нагрузкам [3].

Эпоксивинилэфирные смолы с успехом применяются в качестве клеевых продуктов, лакокрасочных материалов, для формирования всевозможных корпусов лодок, разных компонентов для автомобилей, и также в качестве связующих для разнообразных композиционных материалов.

Для того, чтобы придать эпоксидным олигомерам важные эксплуатационные свойства – проводят их отверждение, если быть точнее: создают в них трехмерную пространственную, сшитую структуру. Это может быть получено при введении катализаторов, которые гарантируют, в определенных условиях, образование трехмерно-сетчатой структуры с химическими связями между макромолекулами.

Применение разнообразных типов катализаторов делает возможным получение эпоксидных композитов с громадным набором различных физико-механических и физико-химических свойств – от эластичных до жестких, отличающихся высокой прочностью, не теряющих своих прочностных показателей при постоянном влиянии повышенных температур.

В работе для отверждения эпоксивинилэфирного олигомера применялось новое соединение  $L_2[CuBr_4]$  [1]. Так как данное соединение слабо растворяется в связующем следует подобрать растворитель. Данные исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1– Растворимость  $L_2[CuBr_4]$  в различных органических растворителях

| Растворитель |        |                 |          |       |
|--------------|--------|-----------------|----------|-------|
| Стирол       | Толуол | Тетрагидрофуран | Димексид | Тгф+Д |
| -            | -      | -               | -        | +     |

Наилучшей растворяющей способностью, из рассматриваемых, обладала смесь тетрагидрофурана и димексида в соотношении 1:1. Использовался раствор содержащий 4 % комплексного соединения.

Все компоненты отверждаемой системы отмеряли на аналитических весах в соответствии с рецептурой, представленной в таблице 2.

Таблица 2– Рецептура

| Вещество                           | Количество, масс. ч. |
|------------------------------------|----------------------|
| Раствор катализатора $L_2[CuBr_4]$ | 5                    |
| Пероксид                           | 2                    |
| Олигомер                           | 100                  |

После смешения компонентов проводился анализ времени желатинизации. Данный параметр считается критическим, так как устанавливает время, на протяжении которого жидкий полимер поддерживает способность к переработке в вязкотекучем состоянии после введения в него соединений, вызывающих отверждение. Также оценивалось время полного затвердевания. Полученные данные занесены в таблицу 3.

Таблица 3 – Время протекания реакций

| Содержание раствора катализатора (в системе отверждения, %) | Время, мин    |             |
|-------------------------------------------------------------|---------------|-------------|
|                                                             | желатинизации | отверждения |
| 0,4                                                         | 46            | 118         |
| 0,04                                                        | 360           | 480         |

По окончанию синтеза была произведена проверка на твердость по Шору, шкала D. В таблице 4 представлены экспериментальные данные.

Таблица 4 – Показания твердости

| Содержание раствора катализатора L <sub>2</sub> [CuBr <sub>4</sub> ] (в системе отверждения, %) | Твердость образцов |      |      |      |      |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|------|------|------|------|---------|
|                                                                                                 | 1                  | 2    | 3    | 4    | 5    | среднее |
| 0,4                                                                                             | 0,86               | 0,84 | 0,83 | 0,84 | 0,83 | 0,84    |
| 0,04                                                                                            | 0,74               | 0,74 | 0,75 | 0,74 | 0,76 | 0,75    |

В результате теоретических и экспериментальных исследований было отмечено, что смесь, полученная в результате отверждения в присутствии 2 масс. ч. катализатора L<sub>2</sub>[CuBr<sub>4</sub>] обладает наибольшей твердостью.

С целью установления каталитической активности соединения L<sub>2</sub>[CuBr<sub>4</sub>] определялась энергия активации по методу Киссенджера [2] на приборе синхронного термического анализа Netzsch STA 409 PC Luxx при скоростях динамического нагрева 2, 5, 10 °С. По данным кинетического анализа, представленным в таблице 5, строилась зависимость Киссенджера (рисунок 1).

Таблица 5 – Данные кинетического анализа

| Температура (Т),К | Скорость нагрева (v), К/мин | ln(v/T <sup>2</sup> ) | 1000/T |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------|--------|
| 356,3             | 2,5                         | -10,8                 | 2,8    |
| 371,8             | 5                           | -10,2                 | 2,7    |
| 381               | 10                          | -9,6                  | 2,6    |

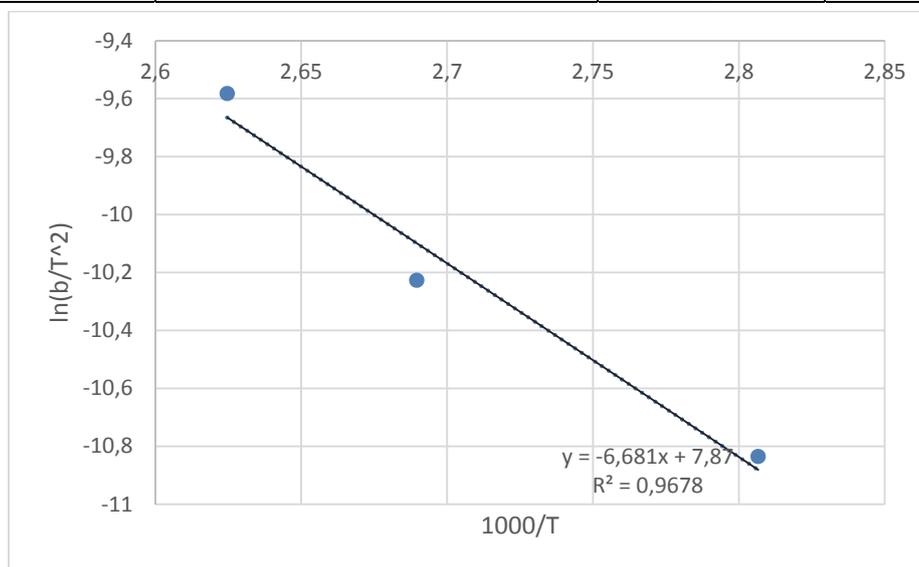


Рисунок 1– Зависимость Киссенджера

По полученной диаграмме, определяется тангенс угла наклона прямой, по которому находится энергия активации по формуле:

$$E_a = -R \cdot \text{tg}(\alpha)$$

где  $\text{tg}(\alpha)$  – тангенс угла наклона кривой,

R – универсальная газовая постоянная 8,314, Дж/(К·моль)

Таким образом, энергия активации данной системы составила 55,5 кДж/моль. Энергия активации непредускоренной системы отверждения составляет 79,9 кДж/моль. Соответственно соединение L<sub>2</sub>[CuBr<sub>4</sub>] в растворе диметилсульфоксида и тетрагидрофурана может быть использовано в качестве катализатора, умеренно ускоряющего процесс отверждения эпоксивинилэфирного связующего.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Проценко А. Н., Шакирова О. Г. Получение и характеристика кристаллических галокупратов (II) 2, 3, 5-трифенилтетразолия //Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – №. 1 (118). – С. 116-121.

2 Slopiecka K., Bartocci P., Fantozzi F. Thermogravimetric analysis and kinetic study of poplar wood pyrolysis // Appl. Energy. Elsevier, 2012. Vol. 97. P. 491–497.

3 Мостовой А.С. Разработка составов, технологии и определение свойств микро- и наноуполненных эпоксидных композитов функционального значения //Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А. - 2014. - С. 9-12.

УДК 665.753.4.038.64

Морозова Яна Павловна, магистрант, инженер-исследователь; Morozova Yana Pavlovna  
Богданов Илья Александрович, аспирант, инженер-исследователь; Bogdanov Ilya Aleksandrovich  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЦЕТАНА И ГЕПТАДЕКАНА В СОСТАВЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ДЕПРЕССОРА**

### **STUDY OF THE INFLUENCE OF THE CETAN AND HEPTADECANE CONTENT IN THE COMPOSITION OF DIESEL FUEL ON THE EFFICIENCY OF THE DEPRESSOR ACTION**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию влияния вовлечения различных концентраций таких n-парафиновых углеводородов, как цетан и гептадекан (n-парафины средней молекулярной массы) в состав дизельного топлива на эффективность действия депрессорной присадки. Показано, что вовлечение цетана в количестве 5 % об. одновременно с использованием депрессора позволяет значительно улучшить предельную температуру фильтруемости образца дизельного топлива.

Abstract. This work is devoted to the study of the influence of the involvement of various concentrations of such n-paraffin hydrocarbons as cetane and heptadecane (n-paraffins of average molecular weight) in the composition of diesel fuel on the effectiveness of the depressant additive. It is shown that the involvement of cetane in the amount of 5 % vol. simultaneously with the use of a depressant can significantly improve the cold filter plugging point of a diesel fuel sample.

Ключевые слова: дизельное топливо, углеводородный состав, n-парафины, депрессорная присадка.

Keywords: diesel fuel, hydrocarbon composition, n-paraffins, depressant additive.

Объемы потребления дизельного топлива (ДТ) растут с каждым годом. В большей степени этому росту способствует использование дизеля в качестве топлива для работы грузовой техники и технологического оборудования. На данный момент наблюдается интенсивный рост потребления именно зимней и арктической марок ДТ, который связан с освоением северных и арктических территорий.

Для достижения низкотемпературных свойств, соответствующих требованиям стандартов, наиболее эффективно вводить в ДТ присадки, улучшающие данные характеристики – низкотемпературные (депрессорные) присадки. Эффективность действия депрессорных присадок в наибольшей степени зависит от углеводородного состава ДТ. Было установлено, что основной группой углеводородов, влияющей на эффективность действия депрессоров, являются парафиновые углеводороды, причем интенсивность их влияния на эффективность действия присадки зависит от их структуры [1-3]. Важными являются такие характеристики парафинов, как молекулярная масса, длина нормальной парафиновой цепи до разветвления, молекулярно-массовое распределение, а в большей степени их содержание в топливе, ведь n-парафины сами по себе характеризуются положительными температурами застывания ( $T_z$ ), что ухудшает низкотемпературные свойства топлив. Поэтому важным является вопрос оптимальной концентрации n-парафинов в топливе.

Таким образом, целью работы является исследования влияния содержания цетана и гептадекана (n-парафины средней молекулярной массы) в составе дизельного топлива на эффективность действия депрессорных присадок.

Объектом исследования в работе выступили два образца прямогонного ДТ – ДТ1 и ДТ2, депрессорная присадка (Ad), а также два n-парафиновых индивидуальных углеводорода – n-гексадекан (цетан) с формулой  $C_{16}H_{34}$  и n-гептадекан с формулой  $C_{17}H_{36}$ .

На первом этапе работы была экспериментально определена предельная температура фильтруемости (ПТФ) образцов ДТ с добавлением и без добавления депрессорной присадки. ПТФ определялась согласно методике, представленной в [4]. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты определения ПТФ образцов ДТ1 и ДТ2 с добавлением и без добавления депрессора

| Образец | ПТФ, °С | Образец | ПТФ, °С |
|---------|---------|---------|---------|
| ДТ1     | 2       | ДТ2     | -7      |
| ДТ1/Ad  | -2      | ДТ2/Ad  | -7      |
| Δ ДТ1   | ↓4      | Δ ДТ2   | 0       |

Исходя из результатов, представленных таблице 1, видно, что добавление депрессорной присадки улучшает ПТФ образца ДТ1 и не оказывает влияния на ПТФ образца ДТ2.

Далее были приготовлены смеси ДТ с присадкой и wybranными n-парафиновыми углеводородами. Для полученных смесей ДТ/Ad/цетан и ДТ/Ad/гептадекан аналогично была определена ПТФ. Изменение ПТФ смесей относительно ПТФ смесей ДТ/Ad представлены на рисунках 1 и 2.

Исходя из результатов, представленных на рисунке 1 видно, что добавление цетана в концентрации 1, 3 и 5 % об. к смеси ДТ1/Ad снижает эффективность действия присадки в отношении ПТФ (ПТФ повышается на 1 °С), однако при концентрации цетана 10 % об. наблюдается положительный эффект (ПТФ снижается на 1 °С). Добавление гептадекана к смеси ДТ1/Ad повышает эффективность действия присадки (ПТФ снижается на 1-5 °С), наибольший положительный эффект наблюдается при концентрации гептадекана 10 % об.

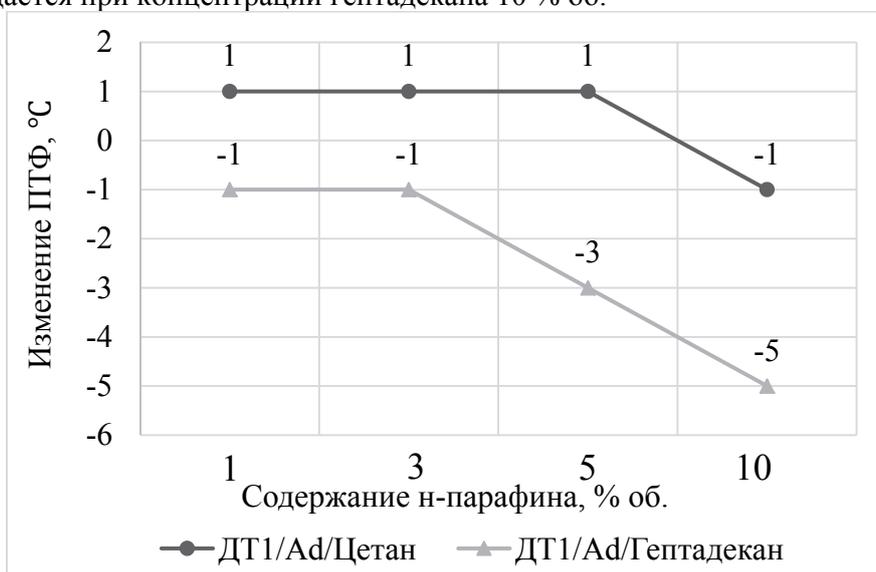


Рисунок 1 – Изменение ПТФ смесей ДТ1/Ad/цетан и ДТ1/Ad/гептадекан относительно свойств смеси ДТ1/Ad

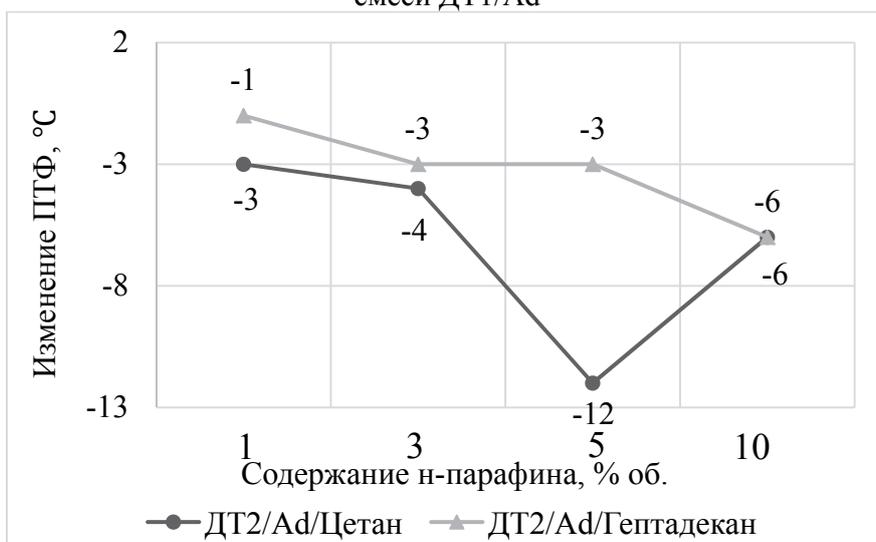


Рисунок 2 – Изменение ПТФ смесей ДТ2/Ad/цетан и ДТ2/Ad/гептадекан относительно свойств смеси ДТ2/Ad

Исходя из результатов, представленных на рисунке 2 видно, что добавление цетана и гептадекана повышает эффективность действия присадки (ПТФ снижается на 3-12 °С и 1-6 °С соответственно). Также видно, что при концентрации цетана в 5 % об., а гептадекана – 10 % об. наблюдается наибольший положительный эффект.

Более выраженный эффект добавления н-парафиновых углеводородов средней молекулярной массы к образцу ДТ2, по сравнению с образцом ДТ1, объясняется, вероятно, более легким составом образца ДТ2, наличием недостаточного числа центров начальной кристаллизации, которые необходимы для запуска действия присадки, что также объясняет отсутствие эффекта действия присадки на ПТФ без добавления н-парафинов. Добавление цетана позволяет сформировать начальные центры кристаллизации и усилить действие присадки.

Таким образом, установлены закономерности влияния добавления н-парафиновых углеводородов средней молекулярной массы (на примере цетана и гептадекана) на эффективность действия депрессорной присадки для образцов ДТ различного состава. Показано, что на эффективность действия депрессорной присадки для образца ДТ1 добавление цетана не оказывает значительного эффекта, а добавление 5 % об. гептадекана приносит наибольший положительный эффект. Также показано, что для образца ДТ2 в отношении ПТФ наблюдается значительное улучшение эффективности действия присадки (на 12 °С) при добавлении цетана в концентрации 5 % об.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90156.*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Энглин Б.А. Применение жидких топлив при низких температурах. М.: Химия, 1980. 208 с.
- 2 Богданов И.А., Алтынов А.А., Белинская Н.С., Киргина М.В. Исследование влияния состава прямогонных дизельных топлив на эффективность действия низкотемпературных присадок // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2018. № 11. С. 37-42.
- 3 Богданов И.А., Морозова Я.П., Никонова Н.П., Алтынов А.А., Белинская Н.С., Киргина М.В. Расширение сырьевой базы производства дизельных топлив вовлечением тяжелой дизельной фракции и использованием низкотемпературных присадок // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно-технические достижения и передовой опыт. 2020. № 3. С. 10-16.
- 4 ГОСТ 22254-92. Топливо дизельное. Метод определения предельной температуры фильтруемости на холодном фильтре. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200007956> (дата обращения 10.02.2020).

УДК 678.743.41

Никитина Айгылаана Васильевна, студент; Nikitina Aigylaana Vasilievna  
Охлопкова Айталиа Алексеевна, доктор технических наук, профессор; Okhlopkova Aitalina Alekseevna  
Васильев Андрей Петрович, ведущий инженер; Vasilev Andrey Petrovich  
Северо-Восточный федеральный университет

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОРАЗМЕРНОГО НИТРИДА БОРА НА СВОЙСТВА ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА**

#### **THE STUDY OF THE INFLUENCE OF NANOSIZED BORON NITRIDE ON THE PROPERTIES OF POLYTETRAFLUOROETHYLENE**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию влияния наноразмерного нитрида бора (h-BN) на физико-механические и триботехнические свойства политетрафторэтилена (ПТФЭ). Показано, что деформационно-прочностные свойства композитов с малым массовым содержанием (1-3 мас.%) сохраняются на уровне исходного полимера. Износостойкость полимерных нанокомпозитов достигает наименьшего значения при 4 мас.% содержании наполнителя при сохранении коэффициента трения на уровне ненаполненного полимера. Полученные результаты показывают перспективность использования наноразмерного нитрида бора в качестве наполнителя ПТФЭ и разработки материалов для узлов трения на их основе.

Abstract. This work is devoted to the investigation the effect of nanosized boron nitride (h-BN) on the mechanical and tribological properties of polytetrafluoroethylene (PTFE). It is shown that the deformation-strength properties at a low mass content (1-3 wt.%) are retained at the level of the initial polymer. The wear resistance of polymer nanocomposites reaches the lowest value at 4 wt.% filler content while maintaining the friction coefficient at the level of the unfilled polymer. The results showed the promise of using nanosized boron nitride as a PTFE filler and developing materials for friction units.

Ключевые слова: политетрафторэтилен, нитрид бора, физико-механические свойства, триботехнические свойства.

Keywords: polytetrafluoroethylene, boron nitride, mechanical properties, tribological properties.

**Введение.** В настоящее время большое внимание уделяется проблеме создания высокопроизводительных полимерных нанокомпозитов (ПНК), которые обладают улучшенными свойствами, значительно отличающимися от свойств отдельных компонентов [1]. Наполнителями в ПНК служат частицы с размером от 1 до 100 нм по крайней мере в одном измерении [2]. Наноразмерные частицы из-за высокой удельной доли поверхности и некомпенсированности связей значительного количества атомов уже при малом степени содержания (0,1-5,0 мас.%) приводят к существенному изменению ряда свойств полимера [3]. Политетрафторэтилен (ПТФЭ) характеризуется широким диапазоном рабочих температур (-269 °С до +260 °С), высокой химической стойкостью, а также самосмазывающимися свойствами. К недостаткам ПТФЭ относят низкую износостойкость и псевдотекучесть (крип), что сужает диапазон его применения. Введение наполнителя в ПТФЭ приводит к улучшению износостойкости и снижению крипа по сравнению с исходным полимером [4-6]. В последние десятилетия большой интерес представляют наноразмерные частицы в качестве наполнителей ПТФЭ [7, 8]. Из этих работ видно, что введение наноразмерных частиц в ПТФЭ приводит к повышению износостойкости материала при небольшом изменении коэффициента трения. Тем не менее, в литературе большинство исследований направлено на изучение триботехнических характеристик, а по описанию результатов механических испытаний ПТФЭ не так много [9]. В связи с этим актуальным остается комплексное исследование физико-механических и триботехнических свойств ПНК на основе ПТФЭ и наноразмерных наполнителей. Нитрид бора (BN) является ближайшим изоэлектронным аналогом углерода и образует многочисленные полиморфные модификации. Подобно углероду BN имеет слоистую графитоподобную гексагональную модификацию кристаллической решетки и две алмазоподобные. Гексагональный графитоподобный BN (h-BN) состоит из системы плоских параллельных слоев, располагающихся точно друг над другом [10]. Благодаря высокой теплопроводности, низкому коэффициенту теплового расширения и диэлектрическим свойствам h-BN используется в качестве наполнителя полимеров, в том числе для модификации ПТФЭ [11, 12].

Цель работы – исследование влияния h-BN на физико-механические и триботехнические свойства ПТФЭ.

**Методы и методики исследования.** Полимерной матрицей служил ПТФЭ марки ПН («ГалоПолимер», Россия) со средним размером частиц 90 мкм. В качестве наполнителя использовали наноразмерный h-BN («Carbonfox», Россия). Некоторые характеристики коммерческого нанопорошка h-BN (информация от поставщика): гексагональная кристаллическая структура; средний размер частиц 70 нм; чистота материала: > 99,5%; низкий коэффициент трения (от 0.15 до 0.7); высокая термическая стабильность (1000 °С). Образцы для исследования получали известным методом: прессование при комнатной температуре и спекание в программируемой печи [7]. Физико-механические характеристики образцов определяли по ГОСТ 11262 на испытательной машине Autograf AGS-J («Shimadzu», Япония). Плотность образцов оценивали по ГОСТ 15139. Рентгеноструктурный анализ (РСА) проводили на рентгеновском дифрактометре «D8 ADVANCE» марки ARL X'Tra («Thermo Fisher Scientific», Швейцария). Триботехнические характеристики и твердость (ГОСТ 4670) исследовали на универсальной трибомашине UMT-3 («CETR», США). Схема трения «палец-диск».

**Результаты исследования.** В таблице 1 представлены результаты исследования физико-механических свойств ПТФЭ и ПНК в зависимости от состава и содержания наполнителя.

Таблица 1 – Физико-механические свойства ПТФЭ и ПНК

| Образец             | $\sigma_{pm}$ , МПа | $\epsilon_{pp}$ , % | H, Н/мм <sup>2</sup> | $\rho$ , г/см <sup>3</sup> |
|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|
| Исходный ПТФЭ       | 26                  | 424                 | 23                   | 2,16                       |
| ПТФЭ + 1 мас.% h-BN | 24                  | 532                 | 29                   | 2,17                       |
| ПТФЭ + 2 мас.% h-BN | 27                  | 431                 | 30                   | 2,17                       |
| ПТФЭ + 3 мас.% h-BN | 22                  | 385                 | 23                   | 2,17                       |
| ПТФЭ + 4 мас.% h-BN | 19                  | 300                 | 23                   | 2,15                       |
| ПТФЭ + 5 мас.% h-BN | 19                  | 373                 | 25                   | 2,16                       |

Примечание:  $\sigma_{pm}$  - прочность при растяжении,  $\epsilon_{pp}$  – относительное удлинение при разрыве, H - твердость,  $\rho$  - плотность.

Как видно из таблицы 1, деформационно-прочностные свойства ПНК при содержании 1-3 мас.% сохраняются на уровне исходного ПТФЭ. При увеличении содержания наполнителя на 4-5 мас.% приводит к снижению прочности при растяжении на 25%, а относительного удлинения при разрыве на 13-30% относительно исходного полимера. Твердость композитов повысилась при содержании 1-2 мас.%, в остальных композитах сохраняется на уровне исходного ПТФЭ. Плотность всех композитов остается на одном уровне и не изменяется от значения ненаполненного полимера.

На рисунке 1 представлены рентгеновские дифрактограммы ПТФЭ и ПНК с h-BN, полученные методом РСА.

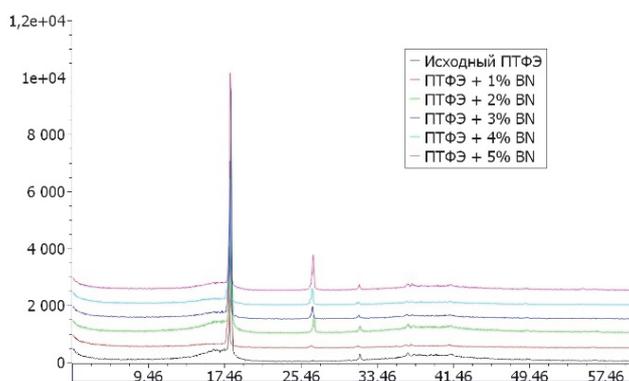
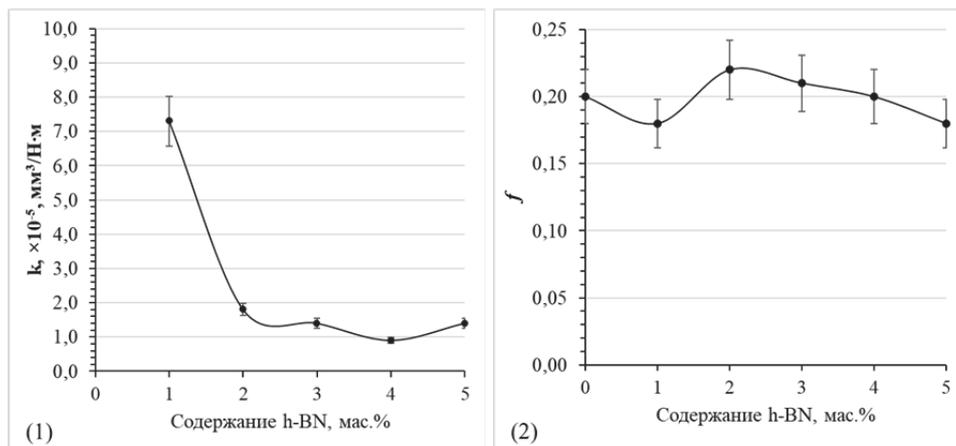


Рисунок 1 – Рентгенодифрактограммы ПТФЭ и ПНК

Как видно из рисунка 1, рентгенодифрактограммы типичны для ПТФЭ, основной кристаллический пик находится в области  $2\theta \sim 18^\circ$  с гало аморфной фазы  $10-30^\circ$ , а также кристаллические пики  $2\theta \sim 31^\circ, 37^\circ, 41^\circ$  с аморфной областью от  $30^\circ$  до  $50^\circ$  [13]. В области  $2\theta \sim 27^\circ$  проявляется новый пик в ПНК при добавлении наноразмерного нитрида бора. Выявленный новый пик в ПНК является характерным для графитоподобного BN [14]. Видно, что интенсивность данного пика в ПНК увеличивается с повышением содержания наполнителя.

Зависимости триботехнических характеристик ПТФЭ от содержания h-BN, показаны на рисунке 2.



1 – интенсивность изнашивания; 2 – коэффициент трения

Рисунок 2 – Зависимость триботехнических характеристик ПНК от массового содержания наполнителя

Как видно из рисунка 2, интенсивность изнашивания ПНК снижается с увеличением содержания наполнителя достигая максимума при содержании 4 мас.% h-BN. При дальнейшем увеличении содержания h-BN в ПТФЭ от 4 до 5 мас.% приводит к некоторому снижению интенсивности изнашивания, что, возможно, связано с агломерацией частиц наполнителя, так подобные результаты наблюдались в других работах [11, 12]. Отличительной характеристикой полимерной матрицы ПТФЭ является низкий коэффициент трения при сухом трении. Видно, что ПНК независимо от массового содержания наполнителя h-BN сохраняется на уровне исходного полимера.

**Выводы.** В работе показано, что введение наноразмерного h-BN в ПТФЭ при малом степени наполнения (1-3 мас.%) приводит к сохранению деформационно-прочностных характеристик ПНК. При содержании 1-2 мас.% h-BN в ПНК приводит к повышению твердости материала, а плотность композитов не изменяется относительно ненаполненного ПТФЭ. Методом РСА выявлено наличие нового пика, относящееся к нитриду бора. Интенсивность изнашивания ПНК снижается с увеличением содержания h-BN достигая наименьшего значения при 4 мас.%. Коэффициент трения всех ПНК остается на уровне исходного ПТФЭ независимо от содержания наполнителя.

Благодарности: Работа выполнена при поддержке МНИВО РФ по ГЗ № FSRG-2020-0017.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Справочник по технологии наночастиц / Перевод с англ.; ред. Масуо Хосокава, Кийоши Ноги, Макио Наито, Тойоказу Йокояма. М.: Научный мир, 2013. 730 с.
- 2 Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях / В.А. Струк, Л.С. Пинчук, Н.К. Мышкин и др. – Долгопрудный: Интеллект, 2010. – 536 с.
- 3 Polymer nanocomposites: towards multi-functionality / Dasari Aravind, Zhong-Zhen Yu, and Yiu-Wing Mai – Springer, 2016. – 311 p.
- 4 Tanaka K., Kawakami S. Effect of various fillers on the friction and wear of polytetrafluoroethylene- based composites // *Wear*. 1982. № 2 (79). С. 221–234.
- 5 Пугачев А. К., Росляков О. А. Переработка фторопластов в изделия. Технология и оборудование. Л. : Химия, 1987. 168 с.
- 6 Охлопкова А. А., Виноградов А. В., Пинчук Л. С. Пластики, наполненные ультрадисперсными неорганическими соединениями. Гомель : ИММС НАНБ, 1999. 162 с.
- 7 Охлопкова А. А. [и др.]. Исследование влияния оксида алюминия на структуру и свойства ПТФЭ // *Фундаментальные исследования*. 2014. Т. 12. №. 12. С. 2557-2562.
- 8 Krick B. A. [и др.]. Ultralow wear fluoropolymer composites: Nanoscale functionality from microscale fillers // *Tribology International*. 2016. (95). С. 245–255.
- 9 Mazur K. [и др.]. Mechanical Behavior and Morphological Study of Polytetrafluoroethylene (PTFE) Composites under Static and Cyclic Loading Condition // *Materials*. 2021. № 7 (14). С. 1712.
- 10 Перевислов С. Н. Структура, свойства и области применения графитоподобного гексагонального нитрида бора // *Новые огнеупоры*. 2019. №. 6. С. 35-40.
- 11 Chen H. [и др.]. Enhanced thermal conductivity and wear resistance of polytetrafluoroethylene via incorporating hexagonal boron nitride and alumina particles // *Journal of Applied Polymer Science*. 2022. Т. 139. №. 3. С. 51497.
- 12 Zimmermann-Ptacek J. [и др.]. Thermal, dielectric, and mechanical properties of h-BN-filled PTFE composites // *Journal of Applied Polymer Science*. 2018. Т. 135. №. 44. С. 46859.
- 13 Васильев А. П. [и др.] Влияние модифицированного серицита на свойства и структуру политетрафторэтилена // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2020. Т. 25. №. 2.
- 14 Türkez H. [и др.]. Synthesis, characterization and cytotoxicity of boron nitride nanoparticles: emphasis on toxicogenomics // *Cytotechnology*. 2019. Vol. 71, № 1. P. 351–361.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОРСКИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

### **PROSPECTS FOR THE USE OF ANTICORROSION POLYMERIC IN THE PROTECTION OF OFFSHORE HYDRAULIC STRUCTURES**

Аннотация. Определены основные причины коррозии стальной арматуры, эксплуатируемой в агрессивной среде. Выявлены недостатки существующих мер первичной и вторичной защиты. Представлено обоснование использования антикоррозионных покрытий при строительстве морских гидротехнических сооружений для выполнения требований долговечности.

Abstract. The main causes of corrosion of steel reinforcement operated in an aggressive environment are determined. Shortcomings of existing measures of primary and secondary protection are revealed. The rationale for the use of anti-corrosion coatings in the construction of offshore hydro-technical structures to meet the durability requirements is presented.

Ключевые слова: коррозия арматуры, долговечность, защита от коррозии.

Keywords: rebar corrosion, durability, corrosion protection.

Решение проблемы коррозионных разрушений, а также вопросы защиты от коррозии железобетонных конструкций занимают одно из важнейших мест при проектировании, возведении и эксплуатации морских гидротехнических сооружений.

На сегодняшний день самой опасной и распространенной причиной разрушения конструкций из железобетона является коррозия стальной арматуры.

Общеизвестно, что арматура в железобетоне находится в пассивном состоянии, контактируя с поровой жидкостью с  $pH > 11,8$ . Хлориды, концентрация которых в морской воде достигает по приблизительным оценкам 30 г/л (88-89% от общей солености) [1], поступают в тело бетона за счет капиллярного подсоса и диффузии, тем самым создавая условия для протекания электрохимических реакций: анодного процесса растворения и катодного процесса деполяризации. Разрушение защитного слоя (депассивация) приводит к интенсификации коррозионных процессов, следствием которых являются образование ржавчины, коррозионное растрескивание, отслаивание защитного слоя бетона, потеря работоспособности конструкции [2].

Теоретико-методические основы теории защиты стальной арматуры от коррозии заложены в трудах С.Н. Алексеева, А.А. Гвоздева, Ф.М. Иванова, В.М. Москвина, И.Л. Розенфельда, Н.Д. Томашева, В.Я. Ярмаковского. На сегодняшний день в российских нормах [6] установлена классификация сред по степени агрессивности, приведены рекомендации по выбору средств первичной (выбор оптимального состава бетона и технологии производства работ) и вторичной (обработка поверхности) защиты железобетонных сооружений от коррозии. В зарубежных нормативных документах закрепились тенденции на проектирование зданий и сооружений с учетом требований долговечности, обеспечении защиты каждого конструктивного элемента против соответствующих агрессивных воздействий окружающей среды [3].

В то же время анализ результатов обследований [4] случаев преждевременной потери несущей способности конструкций позволяет сделать вывод о несоответствии технологии бетонирования отечественным стандартам, влекущем за собой повышенную водонепроницаемость поверхностного слоя, а также недостаточность или полное отсутствие мер первичной защиты.

Самыми распространенными методами защиты железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях атмосферно-солевой коррозии являются:

1) подбор оптимального состава бетона, обеспечивающего эффективный уровень коррозионной стойкости (ограничение максимума водоцементного отношения, увеличение плотности, применение цементов с пониженным содержанием алюминатных материалов, использование водоредуцирующих добавок);

2) соблюдение расчетно-конструктивных требований, таких как обеспечение проектной толщины защитного слоя бетона, ограничение ширины раскрытия трещин;

- 3) выбор наиболее рациональных габаритов и формы поперечного сечения конструкций, уменьшающих поверхность контакта с морской средой;
- 4) применение арматуры, соответствующей условиям эксплуатации (термически упроченная арматура повышенной стойкости, высокопрочная проволока, композитная арматура);
- 5) придание морозостойкости бетону конструкции (использование воздухововлекающих и пластифицирующих добавок, теплозащита поверхности);
- 6) введение ингибиторов – химических соединений, уменьшающих скорость коррозии (например, нитрита натрия, хромата калия).

Применение средств вторичной защиты, к которой традиционно относят лакокрасочные покрытия, оклеочную изоляцию пленочными материалами, уплотняющих, кольматирующих пропиток, обработку гидрофобизирующими и биоцидными составами, как показывает практика, считается неэффективным, вследствие их недостаточной стойкости в морской среде и невозможности восстановления [5].

В СП 28.13330.2017 говорится о возможности применения стальной арматуры с защитным антикоррозионным покрытием при наличии «экспериментального подтверждения коррозионной стойкости стальной арматуры с защитным покрытием». Однако в настоящий момент в научно-технической, учебно-методической и нормативной литературе практически нет данных о возможности защиты полимерными покрытиями арматурной стали, подверженной атмосферно-солевой коррозии при различных напряженно-деформированных состояниях.

Протекание процесса коррозии арматуры напрямую зависит от защитного слоя бетона, а также критической концентрации хлоридов. Уточнение последнего показателя затруднено влиянием ряда факторов, включая различия в способе твердения, возрасте конструкций, качестве поверхности стали, климатических показателей окружающей среды. Исследователи определяют критическую концентрацию хлоридов  $C_{кр}$  (кг/м<sup>3</sup>) на основе экспериментальных данных обследований: 0,7 (Lewis D.A., 1962 г.), 0,77 (Berman H.A., 1972 г.), 0,6-0,9 (Clear K.C., Hay R.E., 1973 г.), 0,66 (Stratfull R.F., Spellman D.L., 1975 г.), 1,33 (Brown R.D., 1982 г.) [7].

Целесообразность применения антикоррозионных полимерных покрытий определяется путем сравнения приведенных значений с имеющимися данными компании-изготовителя (таблица 1).

Таблица 1 – Антикоррозионное полимерное покрытие

| Наименование    | Описание материала                                | Метод контроля                                                                                                                | Результат                                                 |
|-----------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Scotchkote™ 413 | эпоксидное покрытие, наносимое методом сплавления | проницаемость к хлоридам: испытание FHWA-RD-74-18 [8], 45 дней при 24 °С, использован 3-молярный раствор (CaCl <sub>2</sub> ) | $C_{\text{хлориды}} < 2,24 \times 10^{-5}$<br>(моль/литр) |

Принцип действия антикоррозионных полимерных покрытий (рисунок 1) заключается в создании условий, при которых миграция положительных зарядов по поверхности арматуры (выполняющую роль катода при депассивации) становится невозможным, препятствуя протеканию активных коррозионных процессов.

Применение подобных покрытий хорошо зарекомендовало себя в антикоррозионной защите арматуры железобетонных конструкций объектов транспортной инфраструктуры (мосты, эстакады, тоннели), объектов химического производства, стальных трубопроводов, сооружений водоочистки.

К преимуществам применения антикоррозионных полимерных покрытий для защиты арматуры железобетона морских гидротехнических сооружений можно отнести: стойкость к высоким концентрациям хлоридов, содержащихся в морской воде, высокую прочность на сдвиг, длительный срок эксплуатации, обеспечение защиты в широком диапазоне температур, устойчивость к катодному отслаиванию, устойчивость к таким агрессивным явлениям как антигололедные соли, соляная пыль, кислотные дожди.

Толщина антикоррозионного слоя, равная нескольким миллиметрам, говорит о низком расходе полимерного материала, позволяющем достичь значительный экономический эффект, по сравнению с применением полимерной арматуры (базальтопластиковой и др.).

В дальнейшем рекомендуется применение численных методов моделирования для прогнозирования долговечности конструкций морских гидротехнических сооружений с антикоррозионными полимерными покрытиями.

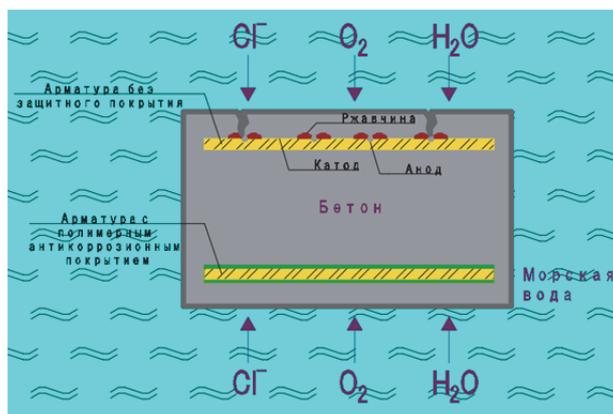


Рисунок 1 – Применение полимерных антикоррозионных покрытий для защиты конструкций МГТС

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алексеев, С.Н. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С. Модры, П. Шисль. – Под ред. Ф.М. Иванова. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.

2 Овчинникова, Т.С. Коррозия и антикоррозионная защита железобетонных мостовых конструкций / Овчинникова, Т.С., Маринин А.Н., Овчинников И.Г. // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2014. - №5 (24). – С. 1-25.

3 Алмазов, В.О. Проектирование железобетонных конструкций по евронормам / В.О. Алмазов. – М., 2011.

4 Карпенко, Н.И. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций / Н.И. Карпенко, С.Н. Карпенко, В.Н. Ярмаковский, В.Т. Ерофеев // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – №1. – С. 93–102.

5 Москвин, В.М. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В. М. Москвин, Ф. М. Иванов, С. И. Алексеев, Е. А. Гузеев; Под общ. ред. В.М. Москвина. – М.: Стройиздат, 1980. – 536 стр.

6 СП 28.13330.2017 Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85. – М., Минстрой России, 2017. – 74 с.

7 Шалый Е.Е., Леонович С.Н., Ким Л.В. Долговечность морских сооружений при комбинированной коррозии железобетона // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Материалы. Конструкции. Технологии. – 2018. – № 1(5). – С. 65-72.

8 Clifton, J.R.; Beehgly, H.F.; and Mathey, R.G., "Non-Metallic Coatings for Concrete Reinforcing Bars," Report No. FHWA-RD-74-18, Federal Highway Administration, Washington, DC, February 1974.

УДК 621.9:519.8

Проценко Александра Николаевна, кандидат химических наук, доцент;

Protsenko Alexandra Nikolaevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## СТРУКТУРА, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА ТЕТРАХЛОРОКУПРАТОВ С N-ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ КАТИОНАМИ

## STRUCTURE, STRUCTURE, PROPERTIES OF TETRACHLOROCUPRATES WITH N-HETEROCYCLIC CATIONS

Аннотация. Данная работа посвящена синтезу тетрагалогенидных комплексов меди(II) с N-гетероциклическими катионами. Комплексы идентифицированы современными физико-химическими свойствами. Определена каталитическая активность комплексов на примере реакции изомеризации алканов нормального строения.

Abstract. This work is devoted to the synthesis of copper(II) tetrahalide complexes with N-heterocyclic cations. The complexes are identified by modern physical and chemical properties. The catalytic activity of the complexes was determined using the example of the isomerization reaction of normal alkanes.

Ключевые слова: синтез, медь, координационные соединения, каталитическая активность.

Keywords: synthesis, copper, coordination compounds, catalytic activity.

Тетрагалогенидные комплексы меди(II) с азотсодержащими гетероциклическими основаниями анионного типа имеют интересное кристаллическое строение. Анион  $[CuHal_4]^{2-}$  может представлять собой квадрат, тетраэдр или более сложную структуру – тригональную пирамиду или октаэдр. Благодаря наличию такого разнообразия в строении, комплексы способны проявлять мультифункциональные свойства: биологические, оптические, термохромные и каталитические [1-3].

В настоящее время в нефтеперерабатывающей апромышленности ведутся поиски получения новых катализаторов низкотемпературной изомеризации легких бензиновых фракций с целью получения высокооктановых компонентов автомобильных топлив. Тетрагалогенидные комплексы меди(II) уже зарекомендовали себя как эффективные каталитические системы в органическом синтезе. Использование катализаторов на основе тетрагалогенидных комплексов меди(II) с азотсодержащими гетероциклическими основаниями позволит получить высокоэффективные каталитические системы для нефтеперерабатывающей промышленности.

В качестве органических соединений в работе использовались азотсодержащие гетероциклические соединения – производные тетразола, пиразола, пиридина и пиперазина. Новые комплексы меди(II) были выделены из подкисленных этанольных растворов соответствующих солей металла(II) с азотсодержащими гетероциклическими катионами. Стехиометрическое соотношение металл : основание 1 : 2 и 1 : 1.

Соединения были идентифицированы и исследованы современными физико-химическими методами анализа: элементный анализ (ЭА), ИК-спектроскопия (ИК), спектроскопия диффузного отражения (СДО), термогравиметрия (ТГ).

Кристаллическая структура комплексов определена прямым методом РСА. Структура комплексов стабилизируется за счет водородных связей между ионами хлора и атомами водорода органических катионов. В состав комплексов также могут входить молекулы кристаллизационной воды. Они же способны определять геометрию координационного полиэдра. Молекула воды связывает сеть водородных связей ионы  $SiCl_4$  друг с другом, стабилизируя при этом структуру всего комплекса и придавая геометрию – тетраэдр или плоский квадрат неорганической части (рисунок 1, 2).

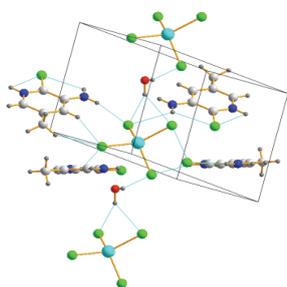


Рисунок 1 – Геометрия неорганического аниона – тетраэдр

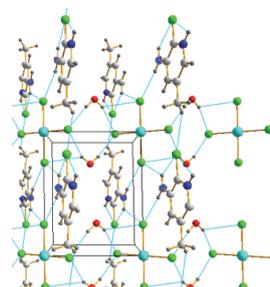


Рисунок 2 – Геометрия неорганического аниона – плоский квадрат

Каталитическая активность комплексов была изучена на примере реакции изомеризации гептана нормального строения. В качестве катализатора использовался комплекс хлорида меди(II) с 2,3,5-трифенилтетразолием хлористым (рисунок 3). Эксперимент проводился в реакторе периодического действия при нагреве образца от 80 до 150 °С в интервале времени от 1 до 5 часов.

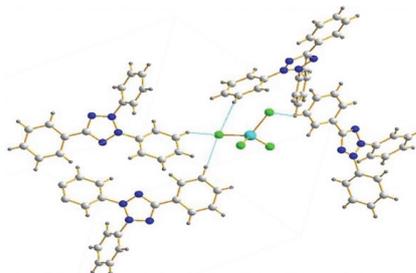
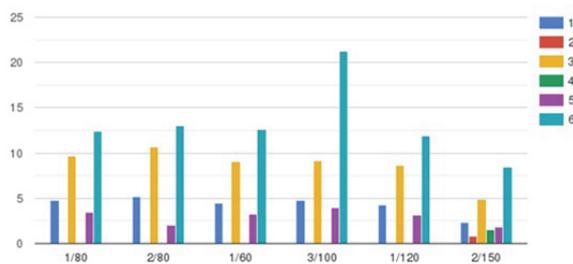


Рисунок 3 – Кристаллическая структура комплекса меди(II) с 2,3,5-трифенилтетразолием



1 – 2-метилгексан, 2 – 2,3-диметилпентан, 3 – 3-метилгексан, 4 – 5-метилгексан; 5 – 1,2-диметилциклопентан; 6 - метилциклогексан  
Рисунок 4 – Содержание полученных продуктов реакции

Эксперимент показал, что в результате процесса образуется четыре основных продукта реакции: 2-метилгексан, 3-метилгексан, 1,3-диметилциклопентан и метилциклогексан (рисунок 2). Также обнаружено, что в результате эксперимента осуществляется сразу два процесса: изомеризация и каталитическая дегидроциклизация гептана. Суммарный выход всех продуктов реакции достигает 40 %. В зависимости от температурного режима и времени процесса происходит образование в большей степени изомерных компонентов или же набород соединений циклического ряда.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Kovalchukova O.V., et al., Synthesis, structure, geometrical, and spectral characteristics of the  $(HL_n)_2[CuCl_4]$  complexes. Crystal and molecular structure of bis(2-methylimidazolium)tetrachlorocuprate(II) // Russian Journal of Coordination Chemistry. 2008. Т. 34. №. 11. С. 830-835.

2 Protsenko A. N., Shakirova O. G., Kuratieva N. V., Synthesis and the crystal structures of double complexes of copper(II) and cobalt(II) with tris(3,5-dimethylpyrazol-1-yl)methane // Journal of Molecular Structure. 2019. Т. 1175. С. 782-787.

3 Zhang, L., Ling, Y., Li, J., & Gao, H., Supramolecular self-assembly of two Cu(II) complexes with 1,2,4-triazole derivatives: syntheses, crystal structures and magnetic properties // Structural Chemistry. 2008. 19(6). С. 911-916

УДК 620.178.3

Сапожник Ксения Романовна, аспирант; Sapozhnik Ksenya Romanovna

Башков Олег Викторович, доктор технических наук, доцент; Bashkov Oleg Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ**

#### **DEVELOPMENT OF AN ULTRASOUND FATIGUE TEST UNIT**

Аннотация. В работе предложена конструкция ультразвуковой установки, предназначенной для проведения усталостных испытаний. Экспериментально подтверждена работоспособность предлагаемой конструкции, описаны мероприятия по организации лабораторного испытания и приведены результаты, полученные в ходе работы.

Abstract. The work proposes the construction of an ultrasonic installation designed for carrying out fatigue tests. The operability of the proposed design was experimentally validated, the measures for organizing the laboratory test were described and the results obtained during the work were given.

Ключевые слова: ультразвук, усталостные испытания, концентратор, образец.

Keywords: ultrasound, fatigue tests, horn, sample.

Одной из важнейших задач промышленности является обеспечение повышения надежности и безопасности работы тех деталей машин, которые испытывают на себе воздействие циклических нагрузок, так как именно усталостные разрушения в 80 % случаев являются причиной выхода из строя технологических конструкций [1]. Процессы разрушения материалов в условиях усталостного нагружения, характеризующиеся суммарным количеством циклов нагружения  $N_6 \leq 10^7$ , изучены достаточно, однако случаи аварийных ситуаций в железнодорожной, транспортной промышленности, связанные с накоплением в деталях более  $10^9$  циклов нагружения, поставили вопрос о необходимости изучения явлений, соответствующих гигацикловой (сверхмногоцикловой) усталости [2].

Традиционно используемые для усталостных испытаний сервогидравлические машины, обеспечивающие максимальную частоту испытаний до 1000 Гц, в гигацикловом диапазоне оказываются неэффективны в силу большой длительности испытаний. Альтернативой им могут выступать ультразвуковые (УЗВ) усталостные машины [3].

Данные по исследованиям гигацикловой усталости с использованием УЗВ машин довольно ограничены, в силу высокой стоимости коммерческого оборудования для создания вибраций высокой интенсивности, а также отсутствия стандартизированной процедуры проведения исследований.

В данной работе предлагается конструкция ультразвукового устройства для испытаний на усталость, работающего на частоте 20600 Гц (экспериментальная частота), и освещаются мероприятия по организации лабораторного испытания материалов.

*Принцип работы установки.* Электрические колебания ультразвуковой частоты от генератора типа ИЛ-10 подаются на магнестрикционный преобразователь. К магнестрикционному преобразователю крепится колебательная система, состоящая из ступенчатого концентратора с катеноидальным переходом, усиливающего эффективность входного УЗВ сигнала, и испытуемого образца. Колебательная система конструируется таким образом, чтобы обеспечить условие резонанса, для чего определяются форма и первоначальные геометрические размеры звеньев системы и характеристики их напряженного состояния в программно-инженерном комплексе Abaqus[4-5] (рис. 1).

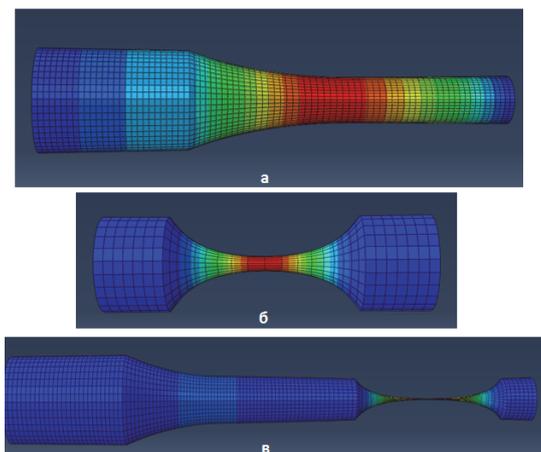


Рисунок 1 – Результаты определения собственной частоты и напряженно-деформированного состояния: а) концентратора; б) образца; в) колебательной системы

Концентратор и образцы изготавливаются из нормализованной стали 45 (Модуль Юнга,  $E = 209,5$  ГПа; коэффициент Пуассона,  $\mu = 0,31$ ; плотность,  $\rho = 7364$  кг/м<sup>3</sup>). Получение экспериментальных значений резонансной частоты системы и значимых выходных параметров ультразвуковых колебаний осуществляются с помощью высокоскоростного лазерного виброметра Polytec HCV-2000. На протяжении всего испытания температура образцов контролируется бесконтактным интерферометром.

Для облегчения построения и изготовления концентратора и образцов целесообразно использовать не катеноидальное, а радиальное скругление, однако в [6] отмечалось, что подобные изменения в профиле могут вызывать изменения в величине прикладываемых к структуре напряжений. Результаты сравнения характеристик концентратора для катеноидального и радиального профилей при соблюдении условия равенства частоты

$f = 20,6$  кГц или одинаковой длины  $l = 0,1215$  м (соотношение ступеней концентратора при всех условиях составляет 1:1:1) представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение концентраторов при различных скруглениях профиля

|                                                                                            | Коэффициент усиления |                | Амплитуда напряжения (условная), Па |                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------------|-------------------------------------|----------------------|
|                                                                                            | Радиальное           | Катеноидальное | Радиальное                          | Катеноидальное       |
| При одинаковой частоте<br>$f = 20600$ Гц<br>( $l_{кат} = 0,1215$ м; $l_{рад} = 0,12216$ м) | 3,56                 | 3,55           | $4,15 \cdot 10^{12}$                | $4,16 \cdot 10^{12}$ |
| При одинаковой длине $l = 0,1215$ м<br>( $f_{кат} = 20,6$ кГц; $f_{рад} = 20,71$ кГц)      | 3,559                | 3,550          | $4,17 \cdot 10^{12}$                | $4,16 \cdot 10^{12}$ |

Согласно результатам приведенных расчетов, очевидно, что в случае концентратора значительных изменений в значениях коэффициента усиления при смене конфигурации профиля сечения не происходит, изменение составляет всего 0,01. Размер концентратора при изготовлении с радиальным сечением незначительно увеличивается ( $\Delta l = 6,6 \cdot 10^{-4}$  м). Т.к. для концентратора

оптимальные условия конструирования заключаются в уменьшении напряжений и увеличении коэффициента усиления, то при соблюдении условия равенства частоты для двух профилей (т.к. частота обеспечивается установкой и её варьирование затруднено) наиболее целесообразным является использование именно *радиального* скругления.

Результаты сравнения характеристик образца для катеноидального и радиального профилей при соблюдении условия одинаковой частоты

$f = 20016$  Гц или одинаковой длины  $l = 0,044$  м и  $l = 0,042$  (соотношение ступеней образца при всех условиях составляет 1:1:1:1) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение концентраторов при различных скруглениях профиля

|                                                                                                                  | Максимальные напряжения в центре образца (условные) |                      | Разница в величинах  |                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------------|
|                                                                                                                  | Радиальное                                          | Катеноидальное       | $\Delta\sigma$ , Па  | Собственная частота $\Delta f$ , Гц |
| При одинаковой частоте<br>$f = 20016$ Гц<br>( $l_{\text{кат}} = 0,044$ м; $l_{\text{рад}} = 0,0447662$ м)        | $3,46 \cdot 10^{13}$                                | $3,49 \cdot 10^{13}$ | $0,03 \cdot 10^{13}$ | -                                   |
| При одинаковой частоте<br>$f = 20600$ Гц<br>( $l_{\text{кат}} = 0,0426085216$ м; $l_{\text{рад}} = 0,0433577$ м) | $3,53 \cdot 10^{13}$                                | $3,52 \cdot 10^{13}$ | $0,01 \cdot 10^{13}$ | -                                   |
| При одинаковой длине $l = 0,044$ м<br>( $f_{\text{кат}} = 20016$ Гц; $f_{\text{рад}} = 20361$ Гц)                | $3,43 \cdot 10^{13}$                                | $3,49 \cdot 10^{13}$ | $0,06 \cdot 10^{13}$ | 345                                 |
| При одинаковой длине $l = 0,042$ м<br>( $f_{\text{кат}} = 20926$ Гц; $f_{\text{рад}} = 21225$ Гц)                | $3,55 \cdot 10^{13}$                                | $3,59 \cdot 10^{13}$ | $0,04 \cdot 10^{13}$ | 299                                 |

По данным для образца видно, что с увеличением его расчетной длины (или длины ступени), разница в создаваемых напряжениях растет соответственно разнице в собственных частотах. Так как изменение частоты существенно влияет на процесс гигацикловых испытаний, в том числе на структурные изменения в материале, а также учитывая, что присоединение образца и концентратора не должно нарушить резонанс всей системы в целом, то необходимо рассчитывать параметры образцов при различной конфигурации профилей при условии соблюдения равенства их частот.

В таком случае максимальные напряжения в центре, обеспечиваются благодаря применению катеноидального скругления, однако разница в величинах напряжений незначительна ( $\Delta\sigma = 0,03 \cdot 10^{13}$  при частоте 20016 Гц). При увеличении частоты до 20600 Гц, большее напряжение демонстрирует профиль с радиальным скруглением.

Таким образом, при предварительном моделировании колебательных систем необходимо определить резонансную частоту всей системы в целом, рассчитать с помощью программно-инженерных комплексов первоначальные конфигурации элементов колебательной системы для получения представления о распределении амплитуд напряжений и смещений в образце так, чтобы конфигурация всей системы соответствовала изначальной резонансной частоте установки. При изготовлении важно учитывать, что расчетные и экспериментальные данные могут отличаться ввиду неучтенных математическими расчетами потерь акустической энергии или влиянием дополнительных условий. При изготовлении элементов колебательной системы целесообразно использовать профиль концентратора с радиальным скруглением, обеспечивающим повышение коэффициента усиления, в случае образца профиль сечения в данных условиях не играл большой роли для достижения максимально возможных амплитуд напряжений в центре.

Работа выполнена при поддержке гранта Президента РФ для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации (проект НШ-452.2022.4).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пачурин, Г. В. Теоретические основы повышения эксплуатационной долговечности штампованных металлоизделий: учеб. пособие / Г.В. Пачурин, А.Н. Гуцин, В.В. Галкин, В.Г. Пачурин. – Н. Новгород : - НГТУ, 2006. – 176 с.

2 Коссов, В. С. Учет гигацикловой усталости сталей при оценке срока службы ответственных деталей железнодорожной техники / В.С. Коссов, В.Н. Огуенко, В.В. Огуенко // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. - 2007. - №19. - С. 165-169.

3 Нгуен, Н.Т. Влияние частот нагружения на сопротивление усталости материалов / Н. Т. Нгуен, В.М. Капралов, Г. С. Коленько // *Материаловедение. Энергетика.* – 2019. - № 2. – С. 68-77.

4 Сапожник, К. Р. Моделирование ультразвуковых колебательных систем / К. Р. Сапожник, М. Д. Кучумова, О.В. Башков // *Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2020. – Ч. 1. – С. 128-131.*

5 Кучумова, М. Д. Разработка метода высокочастотных ультразвуковых циклических испытаний металлических материалов / М. Д. Кучумова, К. Р. Сапожник, О. В. Башков // *Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2020. – Ч. 1. – С. 74-77.*

6 Myung, NohJun Dynamic stress analysis of the specimen gauge portion with a circular profile for the ultrasonic fatigue test / NohJun Myung, Choi Nak-Sam // *International Journal of Fatigue.* – 2016. - № 92. P. 71-75.

УДК 541.49: 548.736

Сычева Александра Алексеевна, студент; Sycheva Alexandra Alekseevna

Проценко Александра Николаевна, кандидат химических наук, доцент; Protsenko Alexandra Nikolaevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СИНТЕЗ КОМПЛЕКСА МЕДИ(II) С 1-(4-ХЛОРФЕНИЛ)ПИПЕРАЗИНОМ**

### **SYNTHESIS OF THE COPPER(II) COMPLEX WITH 1-(4-CHLOROPHENYL)PIPERAZINE**

Аннотация. Показан синтез координационного соединения бромид меди(II) с 1-(4-хлорфенил)пиперазином состава  $(H_2L)[CuBr_4]$ . Соединение было идентифицировано с помощью метода ИК-спектроскопии.

Abstract. A coordination compound of copper(II) bromide with 1-(4-chlorophenyl)piperazine  $(H_2L)[CuBr_4]$  was synthesized. The compound was identified using IR spectroscopy.

Ключевые слова: синтез, кристаллизация, комплекс, медь(II), 1-(4-хлорфенил)пиперазин, комплексообразование, ИК-спектроскопия.

Keywords: synthesis, crystallization, complex, copper(II), 1-(4-chlorophenyl)piperazine, complexation, IR-spectroscopy.

Целью данной работы является синтез соединений меди(II) с азотсодержащим основанием 1-(4-хлорфенил)пиперазином, идентификация полученного соединения методом ИК-спектроскопии и изучение его свойств.

Экспериментальная часть.

Для синтеза соединения был использовано органическое азотсодержащее гетероциклическое соединение 1-(4-хлорфенил)пиперазин (L). Навеску L растворяли в 5 мл этилового спирта. К полученному раствору добавляли растворенный в 2 мл концентрированной HBr оксид меди(II). Стехиометрическое соотношение металл: основание 1:2. После смешивания растворов в течение десяти минут выпадали кристаллы фиолетового цвета. Полученное соединение отфильтровывали, высушивали на воздухе и анализировали с помощью метода ИК-спектроскопии.

Комплекс меди(II) растворим в этаноле, ацетоне. Частично растворим в воде. Не растворяется в сложных эфирах и углеводородах.

При растворении комплекса в различных растворителях происходит изменение цвета раствора. В этаноле раствор становится коричневым, в ацетоне – зеленым, а в воде – мутнеет.

Материалы и методы: для эксперимента были использованы хлорид меди(II) (х.ч.), Бромистоводородная кислота (х.ч.), этанол (ректификат), 1-(4-хлорфенил)пиперазин (х.ч.) (рисунок 1), необходимое лабораторное оборудование.

ИК-спектры поглощения соединений получены авторами на FTIR-спектрометре IRAffinity-1S (Shimadzu) в интервале от 400 до 4000  $cm^{-1}$  в KBr

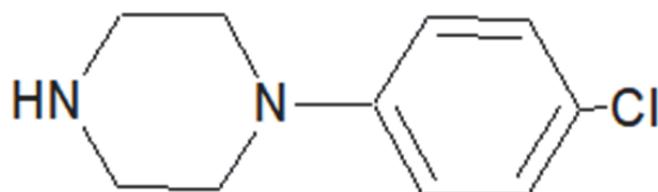


Рисунок 2 – Структура 1-(4-хлорфенил)пиперазина

Результаты и обсуждения

Комплекс был получен по реакции:



В ИК-спектре органического катиона при  $3000 \text{ см}^{-1}$  присутствует полоса колебания  $\nu(N-H)$  гетероцикла. В спектре комплекса в этой же области наблюдается широкая полоса. Это указывает на то, что процесс протонирования прошел для обоих атомов азота в гетероцикле. Наличие двух пиков в спектре комплекса в области  $3400-3600 \text{ см}^{-1}$  дает возможность предположить о присутствии кристаллизационных молекул воды в соединении (рисунок 1, рисунок 2).

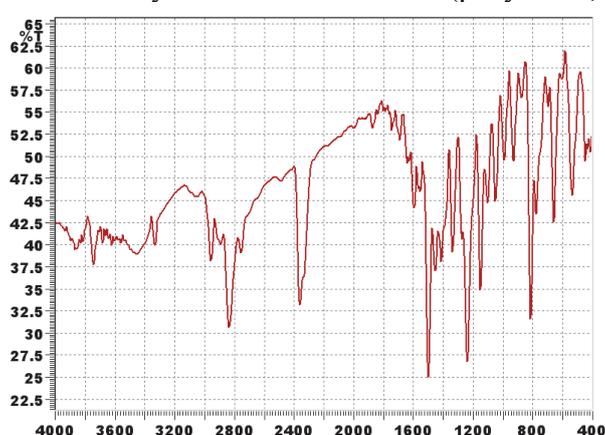


Рисунок 2 – ИК-спектр 1-(4-хлорфенил)пиперазина

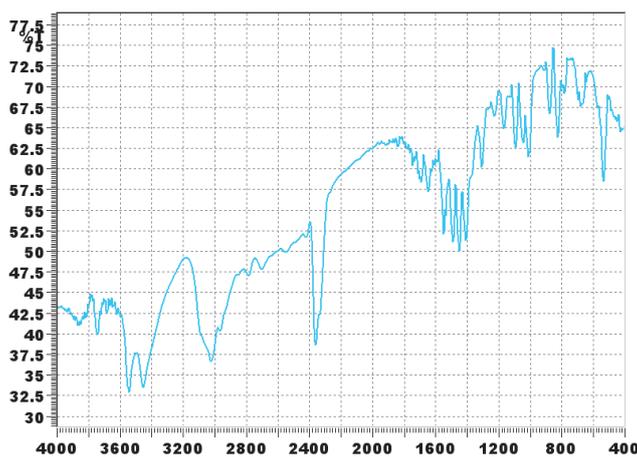


Рисунок 3 – ИК-спектр  $(HL)_2[CuBr_4] \cdot H_2O$

Таким образом были синтезированы комплексы хлорида меди(II) с 1-(4-хлорфенил) пиперазином в кислой среде общей формулой  $(HL)_2[CuBr_4] \cdot H_2O$ . Соединения идентифицированы методом ИК-спектроскопии. Показано, что в состав соединения может входить молекула воды и процесс протонирования проходит по двум атомам азота гетероцикла.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Kovalchukova O.V. Features of structure, geometrical, and spectral characteristics of the  $(HL)_2[CuX_4]$  and  $(HL)_2[Cu_2X_6]$  ( $X= Cl, Br$ ) Complexes //Current Trends in X-Ray Crystallography. – InTech, 2011.

2 Protsenko A. N., Shakirova O. G., Kuratieva N. V. Synthesis and the crystal structures of double complexes of copper(II) and cobalt(II) with tris(3,5-dimethylpyrazol-1-yl)methane //Journal of Molecular Structure. – 2019. – Т. 1175. – С. 782-787.

УДК 541.49+548.736

Терехов Дмитрий Николаевич, студент; Terekhov Dmitry Nikolaevich

Проценко Александра Николаевна, кандидат химических наук, доцент; Protsenko Alexandra Nikolaevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ МЕДИ(II) С 1,2,4-ТРИАЗОЛАМИ

### INVESTIGATION OF COMPLEXATION OF COPPER(II) IONS WITH 1,2,4-TRIAZOLES

Аннотация. В данной работе был описан синтез координационного соединения нитрата меди(II) с 3-амино-1Н-5-карбогидразид-1,2,4-триазолом общей формулой  $[CuL_2(NO_3)_2]$ . Комплекс был идентифицирован методом ИК-спектроскопии, а также были изучены свойства полученного соединения.

Abstract. In this work we described the synthesis of a coordination compound of copper nitrate(II) with 3-amino-1N-5-carbohydrazide-1,2,4-triazole of the general formula  $[CuL_2(NO_3)_2]$ . The complex was identified by infrared spectroscopy and the properties of the obtained compound were studied.

Ключевые слова: координационные соединения, медь, ИК-спектроскопия, синтез, 3-амино-1Н-5-карбогидразид-1,2,4-триазол.

Keywords: coordination compounds, copper, infrared spectroscopy, synthesis, 3-amino-1N-5-carbohydrazide-1,2,4-triazole.

Варианты использования производных триазола многочисленны и разнообразны. В настоящее время производные 1,2,4- триазола нашли свое применение в качестве пестицидов, гербицидов и активаторов роста растений в сельском хозяйстве. В медицине азотсодержащие соединения данного ряда могут быть интересны в качестве компонентов антибактериальных, нейролептических и гипотензивных препаратов. В данной работе производное 1,2,4-триазола рассматривается как перспективный лиганд для синтеза координационного соединения меди(II) [1-5].

Методы и материалы

Для синтеза координационного соединения использовали 3-амино-1Н-5-карбогидразид-1,2,4-триазол (х.ч.) (рисунок 1),  $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$  (х.ч.), этиловый спирт (ректификат), ацетон (ч.д.а.), димексид (ч.д.а.).

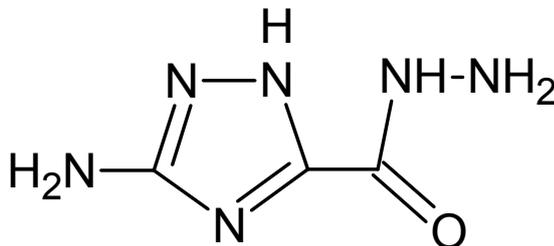


Рисунок 1 – Формула 3-амино-1Н-5-карбогидразид-1,2,4-триазол

Результаты и обсуждения

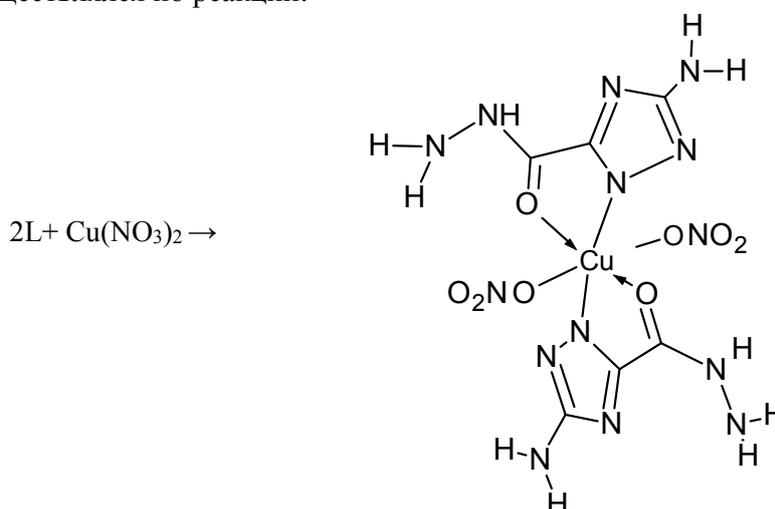
В пробирку с кристаллами  $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$  (0,121 г; моль) прилили 5 мл этилового спирта и перемешивали до полного растворения. Вещество слабо растворялось, поэтому к смеси добавили 5 мл количество ацетона. Аналогичный процесс провели с  $C_3H_6N_6O$  (0,141 г; 0,001 моль). После, содержимое пробирок смешали в круглодонной колбе, образовавшаяся смесь имела яркий голубой цвет. Колбу с реакционной смесью присоединили к обратному холодильнику с хлоркальциевой трубкой. Реактив нагревали при постоянном перемешивании с помощью магнитной

мешалки до температуры кипения. Цвет в последствии перешел из яркого голубого в темный зеленый. Процесс нагревания в общей сложности занял 5 часов. Смесь отфильтровали, при этом осадок зеленого цвета несколько раз промывали этиловым спиртом (рисунок 2). Фильтрат желтый цвета оставили для последующей кристаллизации.



Рисунок 2 – Полученный комплекс  $[\text{Cu}_2(\text{NO}_3)_2]$

Синтез осуществлялся по реакции:



В ИК-спектрах лиганда в области  $1490\text{-}1590\text{ см}^{-1}$  расположены полосы валентных колебаний триазольного кольца (таблица 1). В спектре комплексного соединения на его основе эти же полосы смещены в примерно на  $10\text{ см}^{-1}$  относительно полос в спектре лиганда (рисунок 3). Что свидетельствует о координации атомов азота к металлу. Полосы при  $1682\text{ см}^{-1}$  и  $1656\text{ см}^{-1}$  относятся к валентным колебаниям группы CO. На наличие валентных колебаний аминогруппы указывает дублет при  $3315$  и  $3417\text{ см}^{-1}$ . На спектре комплексного соединения эти полосы объединяются в одну широкую полосу в области  $3400\text{ см}^{-1}$ , что объясняется наличием сети водородных связей. В спектре комплекса присутствует дублет ( $1383$  и  $1307\text{ см}^{-1}$ ) с расстоянием между пиками в  $80\text{ см}^{-1}$ , что доказывает наличие монодентатной группы  $\text{NO}_3$ .

Таблица 1 – ИК-спектры

| Отнесение                | Лиганд          | Комплекс   |
|--------------------------|-----------------|------------|
| Цикл                     | 1496,1537, 1586 | 1486,1580  |
| $\nu(\text{C}=\text{O})$ | 1682            | 1656       |
| $\nu(\text{NH}_2)$       | 3315, 3417      | 3420       |
| $\nu(\text{N-H})$ амид   | 3196,3076, 2965 | 3219       |
| $\nu(\text{NO}_3)$       | -               | 1383, 1307 |

В результате исследования было получено новое координационное соединение меди(II) с органическим лигандом 3-амино-1H-5-карбогидразид-1,2,4-триазолом общей формулой  $[\text{Cu}_2(\text{NO}_3)_2]$ . Соединение было идентифицировано с помощью метода ИК-спектроскопии.

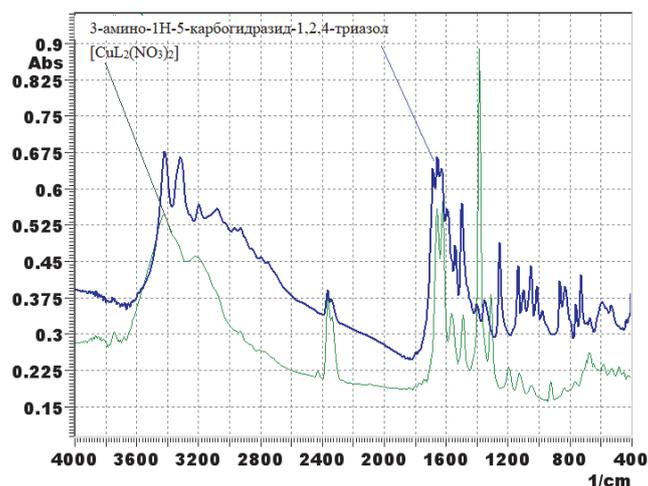


Рисунок 3 – Данные ИК-спектров

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Giancarlo G. L., Flavio B., Augusto C., Dante L., Adriana L.// SYNTH. REACT. INORG. MET.- ORG. CHEM., 18(6), P. 535-550 (1988).
- 2 Шакирова О. Г., Лавренова Л. Г., Куратьева Н. В., Наумов Д. Ю.// Координационная химия, 36(4), с. 275-283 (2010).
- 3 Giancarlo G. L., Flavio B., Augusto C., Dante L., Adriana L. // SYNTH. REACT. INORG. MET.- ORG. CHEM., 18(6), P. 535-550 (1988).
- 4 C. Temple Jr., in: J.A. Montgomery (Ed.), The Chemistry of Heterocyclic Compounds, Vol. 37, Wiley, New York, P. 214-220 (1981).
- 5 Potts K. T., THE CHEMISTRY OF 1,2,4-TRIAZOLES, University of Adelaide, P. 108-121 (1960).

УДК 658.512

Харитонов Дмитрий Викторович, доктор технических наук, доцент; Kharitonov Dmitry Viktorovich  
 Анашкин Дмитрий Александрович; Anashkin Dmitry Aleksandrovich;  
 Блинов Алексей Николаевич; Blinov Aleksei Nikolaevich  
 АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина»  
 Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева  
 КНИТУ-КАИ, ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», Казанский национальный исследовательский  
 технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ

#### ПРОБЛЕМА ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОПК

#### THE PROBLEM OF INTRODUCING MODERN TECHNOLOGIES IN THE DEFENSE INDUSTRY

Аннотация. В работе демонстрируется проблематика внедрения современных технологий в ОПК на примере АО «ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина». Сложившаяся практика внесения изменений в действующие технологии производства изделий в ОПК, затрудняет совершенствование процессов производства. Показано, что внедрение новых технологий невозможно без изменения организации производства и в целом мировоззрения работников. Дополнительными инструментами для ускорения трансформации являются бережливое производство и цифровизация. Abstract. The paper demonstrates the problems of the introduction of modern technologies in the defense industry on the example of JSC "ONPP "Technology" named after A.G. Romashin". The current practice of making changes to the existing production technologies of products in the defense industry makes it difficult to improve production processes. It is shown that the introduction of new technologies is impossible without changing the organization of production and the worldview of workers in general. Lean manufacturing and digitalization are additional tools to accelerate transformation.

Ключевые слова: ОПК, цифровизация, производственная культура, бережливое производство, организация производства.

Keywords: Defense industry, digitalization, industrial culture, lean manufacturing, production organization.

Рассмотрим на примере АО «ОНПП «Технология» им. А.Г.Ромашина проблему внедрения современных технологий в наукоемкие мелкосерийные производства изделий из специальной керамики. История предприятия началась в 1959 году, когда в городе Обнинске стартовало строительство опытно-экспериментального завода технического стекла. Именно на этой площадке было решено приступить к освоению технологии изготовления сложнопрофильных крупногабаритных изделий из кварцевой керамики.

С 2003 года предприятие начинает мелкосерийный выпуск продукции для нужд Российского ОПК. Данный период времени характеризуется запуском нового технологического процесса по изготовлению изделий из разработанного в инициативном порядке материала «Стеклокерамика ОТМ-357» [1]. Новый материал разрабатывался на предприятии как аналог стеклокерамических материалов, применяемых в производстве аналогичной продукции на Украине и в западных странах.

Общая тенденция по увеличению заказа на продукцию из нового материала, послужила катализатором к началу научной деятельности по совершенствованию технологии [2]. Целью научной работы стало повышение производительности без существенного изменения количества оборудования и работников, в рамках существующих производственных площадей.

Ситуация резко изменилась в 2012 году. Новый заказ (см. рис. 1) поставил задачу перед руководством предприятия и производства, в течение нескольких леткратно увеличить количество выпускаемой продукции с одновременным увеличением номенклатуры изделий. При этом продолжить выполнять новые НИОКР.

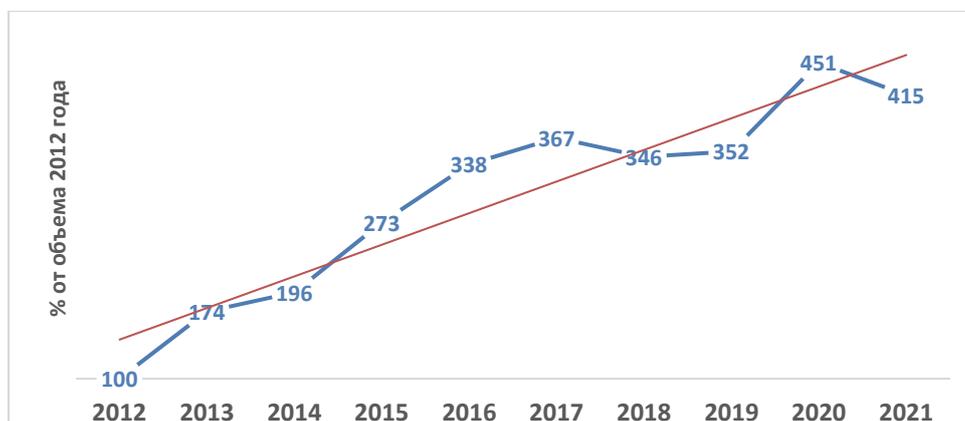


Рисунок 1 – Рост заказа в процентах относительно 2012 года

К 2013 году были закончены работы по совершенствованию технологии изготовления изделий из материала Стеклокерамика ОТМ 357 (разработан и паспортизован материал Стеклокерамика ОТМ-357-О). Внедрение нового материала могло бы позволить существенно сократить трудоемкость, материалоемкость и энергоемкость технологии производства изделий [2]. Из-за специфики производства, на уже производимых серийных изделиях поменять ключевые элементы технологии производства без согласования с заказчиком невозможно. В свою очередь Министерство обороны зачастую не готово идти на изменения, исходя из принципа «не надо трогать устоявшееся производство». В случае обоснования необходимости изменений, затем следует длительный процесс проведения всех необходимых испытаний, которые требуют существенного финансирования.

Еще одним препятствием для внедрения технологических улучшений стал конфликт интересов между задействованными в процессе разработки и производства технологами-разработчиками, конструкторами и производственниками. При этом ответственность за конечный результат размыта между всеми тремя направлениями.

Не маловажную роль при этом имеют и личные амбиции, мировоззрение и инерция мышления, самих работников. Согласование любых изменений в технологии встречало большое количество препятствий: работники затягивали процесс согласования для снятия с себя ответственности; боялись выйти из зоны комфорта; осуществлялось противодействие изменениям из-за нежелания авторов патентов потерять вознаграждение за использования старых запатентованных решений. В итоге патенты иногда тормозили развитие новых технологий и ужесточили борьбу при выборе решений. Дополнительную сложность создавала неоптимальная структура,

при которой в процесс согласования и утверждения изменений включалось большое количество людей, зарплата которых не зависела от общего результата производства. При такой ситуации, изменения были затруднены и подчас приводили к конфликтам.

Руководству производства стало понятно, что необходимо выстраивать новую систему организации производства. Были изучены существующие подходы к организации производственных систем. В конечном итоге было решено развивать производственную систему цеха в рамках концепции бережливого производства (БП) с элементами теории ограничения систем, осуществлять цифровизацию и реорганизовать систему управления.

В ходе сбора объективных данных для проведения изменений было выявлено большое количество проблем, связанных с невозможностью оперативно получить достоверные данные. За десятилетия существования цеха в нем сложилась уникальная производственная культура, при которой очень высок уровень личной безответственности. Были выявлены случаи фактического сокрытия технологических потерь и существенного завышения трудоемкости по ряду операций. В такой ситуации очень быстро формируется «виртуальная картина реальности» и значительная часть работников цеха лично заинтересована в сохранении текущей ситуации. Как следствие сопротивление любым начинаниям по повышению прозрачности протекания процессов и детализации отчетов.

Данная ситуация не уникальна [3] и стала одним из драйверов популярности цифровизации. По своей сути это дополнительный усложняющий общую систему элемент, требующий больших усилий от всех участвующих в процессе трансформации. Зато при адекватности своего функционала и проработанности дает качественно новый инструмент по сбору и анализу оперативной информации. Что радикально упрощает планирование и контроль для руководства.

Еще одним недостатком цифровизации является стоимость ее внедрения. Но для производства ОПК кроме субъективных и финансовых сложностей существует проблема закрытости ряда ключевых параметров производства. Таким образом администрировать работу системы извне просто невозможно. Все данные должны храниться исключительно на сервере, находящемся в зоне с ограниченным допуском. В такой ситуации классический подход – найдем адекватную нашим задачам систему на рынке, купим ее, нам ее развернут, помогут адаптировать и администрировать, уже не работает.

Бережливое производство и цифровизация – это революционные в мировоззренческом плане изменения. Для успешной реализации этих начинаний нужно обязательно найти критическую массу активных людей, которые готовы принять и понять ценность новой парадигмы.

Наглядными итогами проведенной работы по развитию производства являются два показателя:

- энергозатраты на выпуск одного изделия, получаемые в результате деления общих энергозатрат на количество выпущенной продукции за год;
- среднегодовая выработка на одного работника получаемая в результате деления количества произведенной продукции за год на среднесписочную численность работников за текущий период (см. рис. 2).

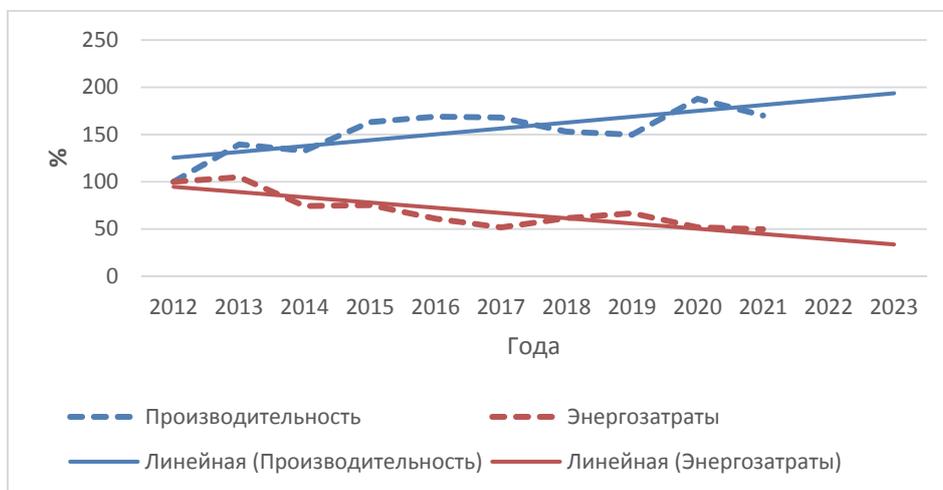


Рисунок 2 – Энергозатраты на производство 1 изделия и производительность на 1 работника (за 100% взят 2012 г.)

Всего в целях разработки новых и совершенствования существующих технологий для производства мелкосерийной наукоемкой керамической продукции было получено более ста патентов и написано более сотни статей в рецензируемых журналах.

В последующих работах мы подробно продемонстрируем проведенную по внедрению современных технологий в ОПК на примере наукоемкого мелкосерийного производства изделий из специальной керамики.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пивинский Ю.Е., Суздальцев Е.И. Кварцевая керамика и огнеупоры: Справочное издание Т. 2. Материалы, их свойства и области применения /Под ред. Пивинского Ю.Е. М.: «Теплоэнергетик». 2008. 464 с.

2 Харитонов Д.В. Диссертация на соискание ученой степени д.т.н.: «Модернизация технологии производства стеклокерамических радиопрозрачных обтекателей скоростных ракет» Обнинск, ОАО «ОНПП «Технология», 2013 – 325с.

3 Добак П.И., Жуков А.Н., Оршанко М.М. Анализ проблем внедрения автоматизированных систем управления // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2016. №12. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-problem-vnedreniya-avtomatizirovannyh-sistem-upravleniya> (дата обращения: 26.01.2022).

УДК 541.49: 548.736

Шуляк Дарья Андреевна, студент; Shulyak Daria Andreevna

Васюренко Никита Константинович, студент; Vasyurenko Nikita Konstantinovich

Проценко Александра Николаевна, кандидат химических наук, доцент;

Protsenko Alexandra Nikolaevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА МЕДИ(II) С 1-(4-ХЛОРФЕНИЛ)ПИПЕРАЗИНОМ**

#### **SYNTHESIS AND CRYSTAL STRUCTURE OF THE COPPER(II) COMPLEX WITH 1-(4-CHLOROPHENYL)PIPERAZINE**

Аннотация. Впервые синтезированы новые соединения хлорида меди(II) с 1-(4-хлорфенил)пиперазином состава  $(H_2L)[CuCl_4]$  (I) и  $(H_2L)[CuCl_4] \cdot H_2O$  (II). Показано, что при взаимодействии соли с органическим основанием в кислой среде образуются комплексы различной конфигурации и состава.

Abstract. New compounds of copper(II) chloride with 1-(4-chlorophenyl)piperazine have been synthesized for the first time of the composition  $(HL)_2[CuCl_4]$  (I) and  $(H_2L)[CuCl_4] \cdot H_2O$  (II). It is shown that when salt interacts with an organic base, complexes of various configurations and compositions are formed in an acidic medium.

Ключевые слова: синтез, кристаллизация, комплекс, медь, 1-(4-хлорфенил)пиперазин, комплексообразование, ИК-спектроскопия, РСА (Рентгеноструктурный анализ).

Keywords: synthesis, crystallization, complex, copper, 1-(4-chlorophenyl)piperazine, complexation, IR-spectroscopy, X-ray diffraction analysis (XRD).

Комплексы ионного типа состава  $(L)_n[CuCl_4]$  имеют различное кристаллическое строение. Анион  $[CuCl_4]^{2-}$  представляет собой обычный тетраэдр, искаженный тетраэдр, псевдоквадрат, квадрат, тетрагональная пирамида, октаэдр (рисунок 1) [1-3]. В кристаллической решетке атомы галогенов способны образовывать разнообразные сети водородных связей с органическими катионами.

Целью данной работы является синтез соединений меди(II) с азотсодержащим основанием 1-(4-хлорфенил)пиперазином в кислой среде, определение структуры и состава комплекса, изучение свойств полученного соединения.

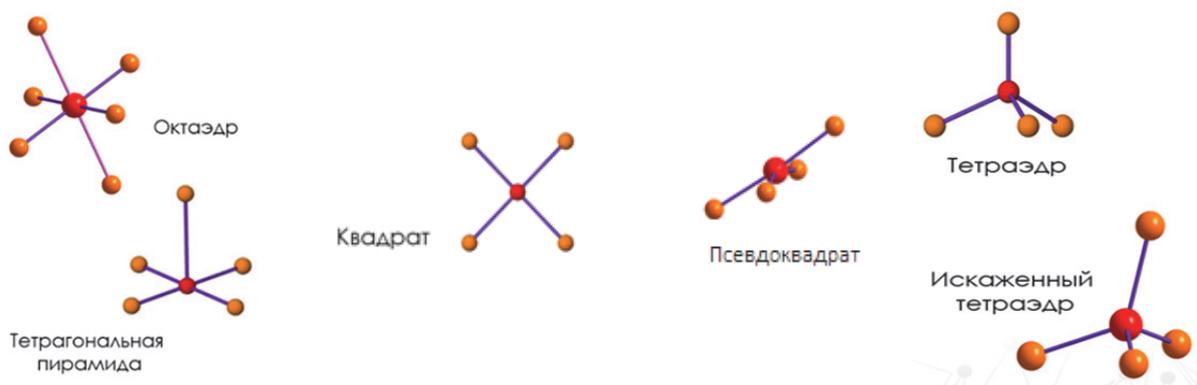


Рисунок 1 – Конфигурации  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$

#### Экспериментальная часть

Для синтеза соединения был использован органический катион 1-(4-хлорфенил)пиперазина. Навеску (L) растворили в 5 мл этилового спирта. К полученному раствору добавили растворенный в 2 мл  $\text{HCl}_{(\text{конц})}$  хлорид меди(II). Полученный после смешивания раствор зеленого цвета оставили кристаллизоваться при комнатной температуре на несколько дней. В результате эксперимента были синтезированы красные (I) и желтые (II) кристаллы. Монокристаллы, пригодные для рентгеноструктурного анализа (РСА), были отобраны из общей массы осадка.

Соединения растворимы в этаноле, ацетоне, воде и кислотах, но не растворяются в углеводородах (гексане, октане) и сложных эфирах.

Материалы и методы: для эксперимента были использованы хлорид меди(II) (х.ч.), концентрированная соляная кислота (х.ч.), этанол (ректификат), 1-(4-хлорфенил)пиперазин (х.ч.) (рисунок 2), необходимое лабораторное оборудование.

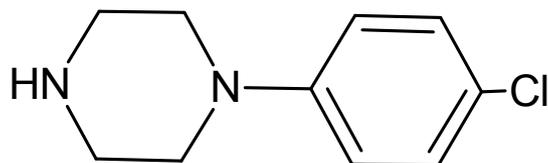


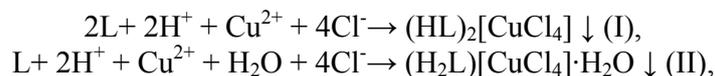
Рисунок 2 – Структура 1-(4-хлорфенил)пиперазина

Рентгеноструктурный анализ (РСА) комплекса проведен по стандартной методике на автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker-Nonius X8Apeh, оснащенный двухкоординатным CCD детектором, при температуре 150(2) К с использованием излучения молибденового анода ( $\lambda=0,71073 \text{ \AA}$ ) и графитового монохроматора.

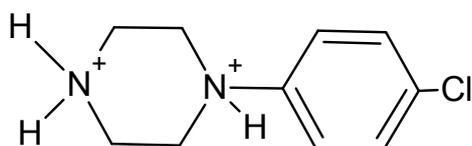
ИК-спектры поглощения соединений получены авторами на FTIR-спектрометре IRAffinity-1S (Shimadzu) в интервале от 400 до 4000  $\text{cm}^{-1}$  в KBr.

#### Результаты и обсуждения

Комплексы были получены по следующим реакциям:



По данным РСА в хлорокомплексах I и II в кислой среде наблюдается процесс протонирования для обоих атомов азота в гетероцикле одновременно:



В состав комплекса I входят два органических катиона и неорганический анион, связанные между собой сетью водородных связей. Анион  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  имеет геометрию искаженного тетраэдра. Соседние анионы соединяются между собой ионами хлора, образуя при этом искаженный тетраэдр. Координационный полиэдр иона меди(II) достраивается до тригональной бипирамиды в основании с координационным узлом  $\text{CuCl}_5$  за счет атомов хлора соседних анионов, образуя длинные изолированные полимерные цепочки (рисунок 3). Органические катионы занимают межцепочное пространство. Водородные связи между ионами хлора хлорокват-иона и атомами водорода одного из протонированных атомов азота гетероцикла стабилизируют данную структуру (рисунок 4).

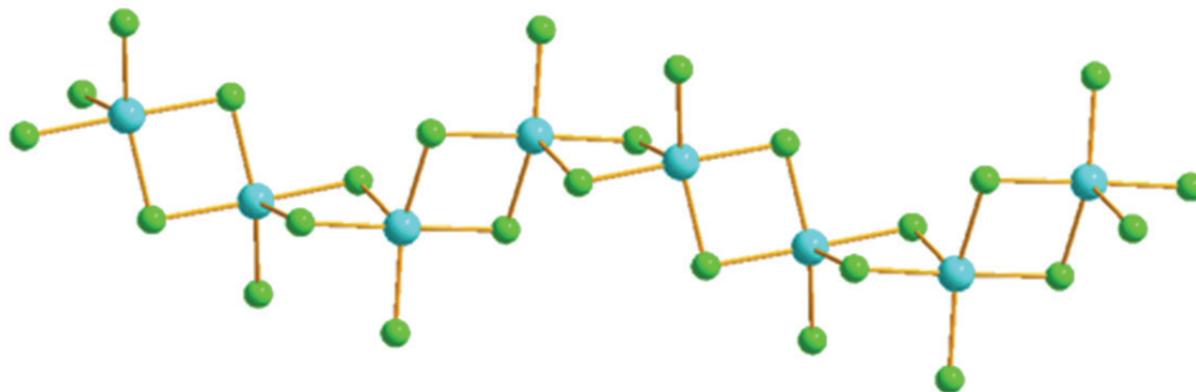


Рисунок 3 – Структура аниона  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$

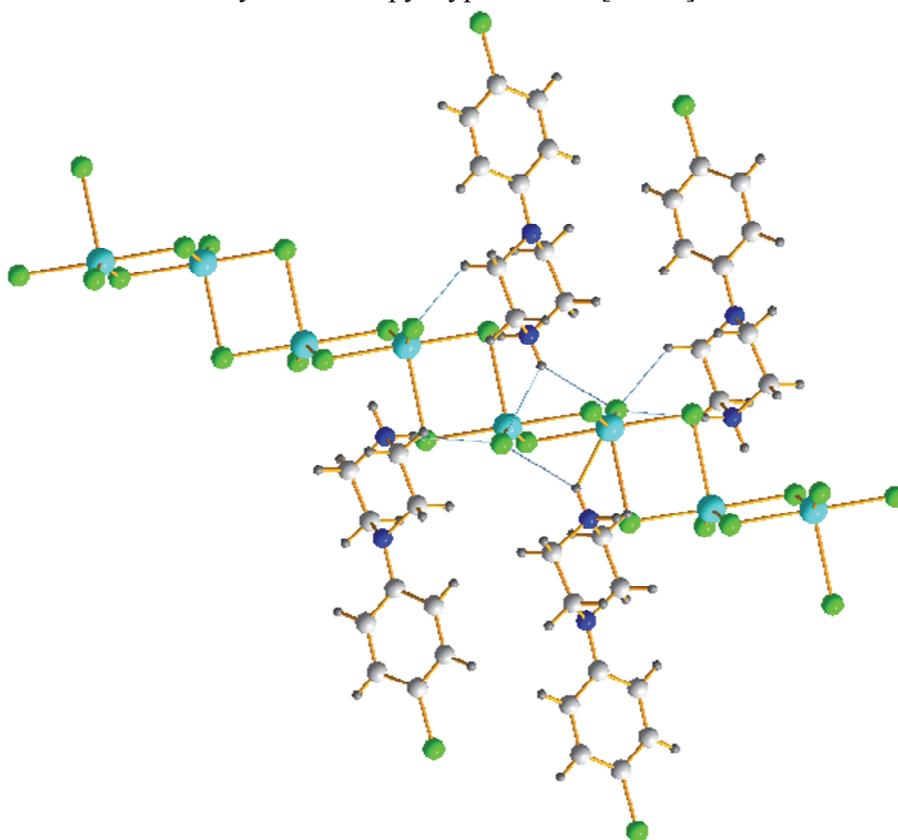


Рисунок 4 – Структура комплекса I

По данным РСА в комплексе II анион  $[\text{CuCl}_4]^{2-}$  имеет аналогичное строение с комплексом I. Изолированные анионы соединяются между собой молекулами воды через водородные связи. Катионы занимают крайнее положение относительно неорганической части (рисунок 5).

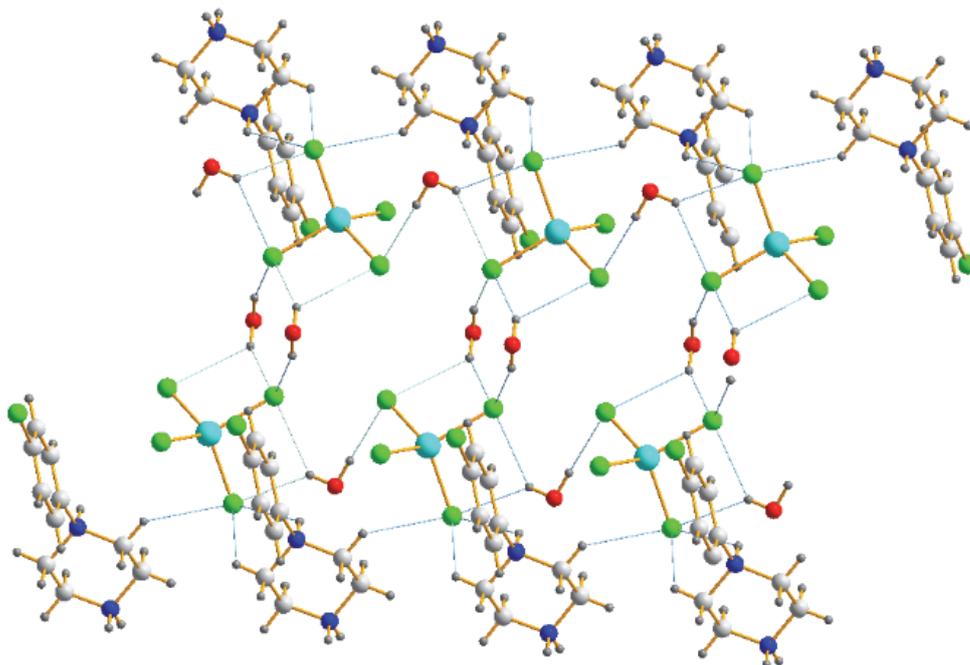


Рисунок 5 – Структура комплекса II

В ИК-спектре органического катиона при  $3000\text{ см}^{-1}$  присутствует полоса колебания  $\nu(\text{N-H})$  гетероцикла. В спектре комплекса I в этой же области наблюдается дублет при  $3130$  и  $3070\text{ см}^{-1}$ . В спектре комплекса II, в этой же области наблюдается отсутствие дублета и образование на его месте широкой полосы. А также присутствие широкой полосы в области  $3400\text{--}3600\text{ см}^{-1}$  указывает на наличие кристаллизационной молекулы воды в соединении.

Таким образом были синтезированы комплексы хлорида меди(II) с 1-(4-хлорфенил)пиперазином в кислой среде. Соединения идентифицированы методом ИК-спектроскопии. Методом РСА была установлена структура полученных координационных соединений: комплекс I (красного цвета) отличается от соединения II (желтого цвета) отсутствием молекулы воды и различной кристаллизационной упаковкой.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Kovalchukova O.V. et al. Synthesis, structure, geometrical, and spectral characteristics of the  $(\text{HL}_n)_2[\text{CuCl}_4]$  complexes. Crystal and molecular structure of bis(2-methylimidazolium)tetrachlorocuprate(II) //Russian Journal of Coordination Chemistry. – 2008. – Т. 34. – №. 11. – С. 830-835.

2 Kovalchukova O.V. Features of structure, geometrical, and spectral characteristics of the  $(\text{HL})_2[\text{CuX}_4]$  and  $(\text{HL})_2[\text{Cu}_2\text{X}_6]$  ( $\text{X} = \text{Cl}, \text{Br}$ ) Complexes //Current Trends in X-Ray Crystallography. – InTech, 2011.

3 Protsenko A. N., Shakirova O. G., Kuratieva N. V. Synthesis and the crystal structures of double complexes of copper(II) and cobalt(II) with tris(3,5-dimethylpyrazol-1-yl)methane //Journal of Molecular Structure. – 2019. – Т. 1175. – С. 782-787.

## СЕКЦИЯ 5. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

УДК 62.29

Бузунова Александра Евгеньевна, студент; Buzunova Aleksandra Evgenyevna

Шакирова Ольга Григорьевна, доктор химических наук, профессор; Shakirova Olga Grigorievna

Плетнев Никита Олегович, старший преподаватель; Pletnev Nikita Olegovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТАНОВКИ ГАРДЕРОБНОГО МОДУЛЯ В САМОЛЁТЕ

#### IMPROVING THE TECHNOLOGY OF INSTALLING A WARDROBE MODULE IN AN AIRPLANE

Аннотация. Проведена разработка рамки-имитатора гардеробного модуля, позволяющая контролировать межосевое расстояние по точкам крепления гардероба в рельсах пола на входном контроле отсека самолета.

Abstract. The development of a frame simulator of the wardrobe module was carried out, which allows to control the centerline distance at the points of attachment of the wardrobe in the floor rails at the entrance control of the aircraft compartment.

Ключевые слова: рамка-имитатор, межосевое расстояние, диаметр отверстия, спецификация рамки.  
Keywords: simulator frame, center distance, bore diameter, frame specification.

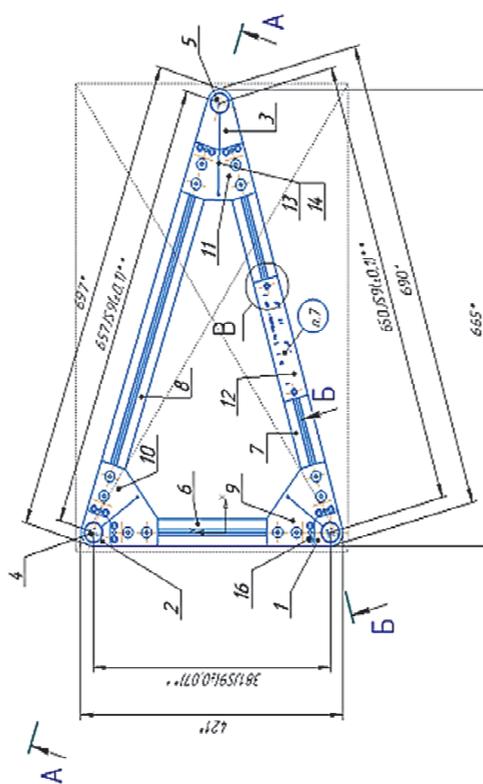
Несмотря на технический прогресс, некоторые задачи до сих пор выполняются вручную, это касается и установки различных модулей самолёта: гардероба, туалета, кухни и т.д. Отверстия для установки намечаются при помощи обыкновенного штангенциркуля, это занимает большое количество времени и требует наибольших усилий, имея при этом малую точность, что недопустимо в таких машинах как самолёт, где каждая деталь или секция должны находиться на своём месте вплоть до миллиметра.

Для упрощения и оптимизации установки гардероба в самолёте была разработана рамка-имитатор гардероба, предназначенная для контроля межосевого расстояния по точкам крепления гардероба в рельсах пола на входном контроле отсека самолета.

Данная рамка-имитатор разрабатывалась под конкретный модуль, что позволило избежать неточностей, максимальная погрешность при установке составляла 0,1 мм. Полная схема рамки со всеми её составляющими показана на рисунке 1.

Материал для изготовления выбирался исходя из его свойств, было обращено внимание на прочностные характеристики и массу, так как слишком большой вес может повредить рельсы пола самолёта. Штыри, устанавливаемые в угловые отверстия рамки и удерживающие ее в рельсах, должны предварительно подвергаться анодному окислению для более плотной толщины покрытия и повышения их износостойкости.

1, 2, 3 – блок в сборе; 4, 5 – штырь; 6 – профиль 303 мм.; 7 – профиль 557 мм.; 8 – профиль 540 мм.; 9, 10, 11 – пластина; 12 – табличка; 13 – трос для крепления; 14 – труба  
Рисунок 1 – Чертеж рамки-имитатора гардеробного модуля



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Рукин. О.Ф., Развитие воздушного транспорта России // М.: Лениздат. 2005. - №7. с. 18-20.
- 2 Ларин В.М., Научно-технический прогресс и его резервы в машиностроении // Саратов: Изд-во Сарат. ун-та. 1991. с. 129.
- 3 Виноградов Р.И., Развитие самолетов мира // М.: Машиностроение, 1991. с. 381.

УДК 621.7

Бусов Александр Иванович, магистрант; Basov Alexander Ivanovich  
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО УПРОЧНЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ 40ХН

## EFFECT OF ELECTROLYTE-PLASMA SURFACE HARDENING ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF 40KHN STEEL

Аннотация. В статье представлены результаты электролитно-плазменного поверхностного упрочнения (ЭПШ) стали 40ХН. Определен оптимальный состав электролита для ЭПШ стали 40ХН, содержащий 10 % карбоната натрия и 15 % карбамида, который не вызывает эрозии, окисления и обезуглероживания поверхностного слоя.

Abstract. The paper presents the results of electrolytic-plasma surface hardening (EPSH) of steel 40KhN. The optimal electrolyte composition for EPSH of 40KhN steel containing 10 % sodium carbonate and 15 % carbamide, which does not cause the surface layer to erosion, oxidation and decarburization, is determined.

Ключевые слова: электролитно-плазменное поверхностное упрочнение (ЭПШ), сталь, износостойкость, структура.

Keywords: electrolytic-plasma surface hardening (EPSH), steel, wear resistance, structure.

Часто работоспособность машин и механизмов зависит от износостойкости деталей подшипниковых узлов, шестерен, распределительных валов двигателей внутреннего сгорания и других деталей, которые часто подвергаются большим ударным нагрузкам. Для долговечности детали должны обладать высокой прочностью и твердостью поверхностного слоя в сочетании с достаточной пластичностью сердцевины. Электролитно-плазменное упрочнение (ЕРН) является одним из методов высокоскоростного нагрева, при котором заготовка является, а катодом или анодом относительно ап водного электролита. В зависимости от оп нагрева режим, состав электролита, конструктивные параметры оборудования, возможно производить закалку, химико-термическую и термоциклическую обработку материалов [1-3]. В то же время электролитно-плазменное упрочнение является наиболее экономичным и производительным методом. Он характеризуется меньшим энергопотреблением, простотой технологического оборудования и большими размерами зоны упрочнения. Преимуществами метода являются, а достаточно большой процесс производительность и возможность усиления деталей большой массы и сложного профиля[4].

Исходя из вышеизложенного, актуальным является изучение влияния режимов электролитно-плазменного упрочнения на структурные свойства легированных конструкционных сталей[5-7].

Таблица 1 – Химический состав стали 40ХН (ГОСТ 4543-71)

| C         | Si        | Mn        | Ni        | S           | P           | Cr        | Cu        |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-----------|-----------|
| 0,36-0,44 | 0,17-0,37 | 0,50-0,80 | 1.00-1.40 | макс. 0,035 | макс. 0,035 | 0,45-0,75 | макс. 0,3 |

В качестве объекта исследования была выбрана сталь 40ХН. Выбор материалов исследования обоснован тем, что эта сталь широко используется в производстве деталей для механизмов, работающих в условиях постоянной нагрузки. Химический состав стали 40ХН представлен в таблице 1.

Электролитно-плазменное поверхностное упрочнение образцов проводилось на лабораторной установке[8]. Испытание образцов на абразивный износ проводилось на экспериментальной установке по схеме "вращающийся ролик – плоская поверхность" в соответствии с ГОСТ 23.208-79.

Анализируя экспериментальные результаты, полученные в работе[1], установлено, что наиболее оптимальным составом электролита для электролитно-плазменного поверхностного упрочнения сталей, не вызывающего эрозии, окисления и обезуглероживания поверхностного слоя, являются электролиты, содержащие до 15 % карбоната натрия и 15 % карбамида. Установлено, что увеличение концентрации карбоната натрия в электролите приводит к увеличению параметра шероховатости поверхности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Samotugin, S.S. Plasma micro and nanostructuring of the surface of tool steels / S.S. Samotugin, V.A. Mazur // Strengthening technologies and coatings. 2013. № 4. pp 29-37.

2 Handbook of Hard Coatings. Deposition Technologies, Properties and Applications. Edited by Rointan F. Bunshah. University of California, Los Angeles, USA. 2001. P 538.

3 The method of surface hardening of steel products: Patent for the invention of the Republic of Kazakhstan; IPC C21D 1/09 /; Rakhadilov B.K., Skakov M.K., Sagoldina ZH.B., Kenesbekov A.B. Publ. 06/04/2018 Byul. No. 20

4 Alekseev V.V., Vasiliev S.A. Application of fuzzy logic elements under the moisture supply evaluation in the plant-soil-air system // В сборнике: Fuzzy Technologies in the Industry - FTI 2018. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Сер. "CEUR Workshop Proceedings" 2018. С. 404-409.

5 Vasiliev S., Kirillov A., Afanasieva I. Method for controlling meliorative technologies on sloping cultivated lands using large scale profilometer // В сборнике: Engineering for Rural Development. Proceedings. 2018. С. 537-542.

6 Maksimov I.I., Vasilyev S.A., Vasilyev A.A. Mechanized application of ameliorants for preservation of soil moisture on cultivated lands // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012027.

7 Vasilyev A.A., Vasilyev S.A., Shkilev N.P. Mechanized spraying of liquid meliorants // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 32026.

8 Alekseev V.V., Avrelkin V.A., Vasiliev S.A. Obtaining functional dependence of friction coefficient of soil on steel // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012137.

УДК 621.38:621.73

Головкин Павел Александрович, кандидат технических наук; Golovkin Pavel Alexandrovich  
АО «Плутон», г. Москва

#### **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОРПУСОВ МИКРОСБОРОК УПРАВЛЕНИЕМ СТРУКТУРЫ ИХ МАТЕРИАЛА**

#### **IMPROVING THE QUALITY OF MICROASSEMBLY HOUSINGS BY CONTROLLING THE STRUCTURE OF THEIR MATERIAL**

Аннотация. Рассматриваются причины нарушения вакуумной плотности корпусов микросборок из сплавов группы АМг. Показано, что природа возникновения дефектов часто связана с повышенным содержанием в применяемом материале интерметаллических фаз. Как параметр качества материала предлагается использовать численный критерий – количественное содержание интерметаллидных фаз (КСИФ), для управления которым предлагается использование ковочных операций.

Abstract. The reasons for the violation of the vacuum density of the bodies of microassemblies made of AMG group alloys are considered. It is shown that the nature of the occurrence of defects is often associated with an increased content of intermetallic phases in the material used. As a parameter of the material quality, it is proposed to use a numerical criterion – the quantitative content of intermetallic phases (CIF), for which control the use of forging operations is proposed.

Ключевые слова: микросборки, алюминиевый сплав, материал, интерметаллидные фазы, плита, пруток,ковка, вакуумная плотность.

Keywords: microassemblies, aluminum alloy, material, intermetallic phases, plate, rod, forging, vacuum density.

Микросборки изделий микроминиатюризации являются ответственными приборами, входящими в системы управления самых различных изделий авиационного, космического и морского назначения, от их исправности и правильной работы напрямую зависит правильное функционирование последних. Ресурс микросборок, в зависимости от назначения, должен составлять от 15000 до 130000 часов, а сохраняемость в составе изделия – не менее 15 лет [1]. Столь высокие показатели могут быть обеспечены только при сохранении вакуумной плотности микросборок, для чего натекание газа в их рабочую зону, не должно превышать  $5 \times 10^{-4}$  л×мкм.рт.ст./с. [1].

Действующие нормативные документы не учитывают в нужной мере специальные требования, предъявляемые к электровакуумным приборам, разновидностью которых являются микросборки. Поэтому одного лишь проведения входного контроля материалов и покупных изделий в соответствии с действующей процедурой верификацией закупленной продукции [2], как это предусмотрено [1], не достаточно. И даже проведение 100 % проверки герметичности [3] не позволяет полностью исключить выход из строя приборов в период их хранения и эксплуатации.

Ряд исследователей пытаются решить проблему надёжности микросборок [4], совершенно не учитывая, анизотропности используемых для изготовления их корпусов материалов. Равно, входной контроль применяемых материалов также не может обеспечить полной гарантии вакуумной плотности готовых корпусных деталей и микросборок в целом.

Это значит, что следует принимать усилия для её технологического решения этой задачи. В первую очередь, необходимо обратить внимание на структуру и свойства основных применяемых для изготовления корпусных деталей материалов – горячекатаных плит [5] и прессованных прутков [6] из сплавов группы АМг, в основном, АМг5 и АМг6 [7].

Часто выход приборов из строя является следствием повышенного количественного содержания и строчечного распределения в материале их корпусных деталей интерметаллических фаз, среди которых следует особо выделить  $Mg_2Al_3$  и  $Mg_5Al_8$  [8]. Эти фазы образуются основными компонентами сплава, а потому ресурс их образования почти не исчерпаем, и слабо связан с химической чистотой материала.

Ряд исследований раскрывает негативное влияние повышенного содержания интерметаллических фаз на сопротивляемость разрушению алюминиевых сплавов, в особенности при их строчечном распределения в металлическом материале [9]. Однако, обобщение опыта в областиковки и горячей объёмной штамповки деталей из сплавов группы АМг [10] показывает, что для оценки их сопротивляемости разрушающим факторам, обычно достаточно применения такого критерия, как количественное содержание интерметаллических фаз - КСИФ. Его уменьшения можно добиться, используя дополнительную деформационную проработку материалов, изменяющую их структуру специальным образом.

С учётом того, что КСИФ резко возрастает в местах локализованных сдвиговых деформаций, полагается возможным отказаться от показателя ориентации интерметаллических включений в материале заготовки, ограничившись выявлением зависимости КСИФ от величины накопленной металлическим материалом деформации. Такой подход существенно упростит оценку качества материала заготовок, одновременно делая её более универсальной, и позволяя использовать классические инженерные решения для её проведения [11]. Примеры строчечного и равномерного распределения интерметаллических фаз в структуре материала горячекатаной плиты и полученной по сложной схемековки заготовки из сплава АМг6 с различным КСИФ, приведены на рисунке 1.

Одним из требований к корпусам микросборок относится их коррозионная стойкость в заданных условиях на весь гарантируемый период [1], и проведение ковочных операций существенно облегчает достижение этого. Равномерно деформированный металлический материал отличается минимальным энергетическим контрастом на поверхности получаемых из него деталей, и что препятствует повреждению и разрушению наносимых на них покрытий [8].

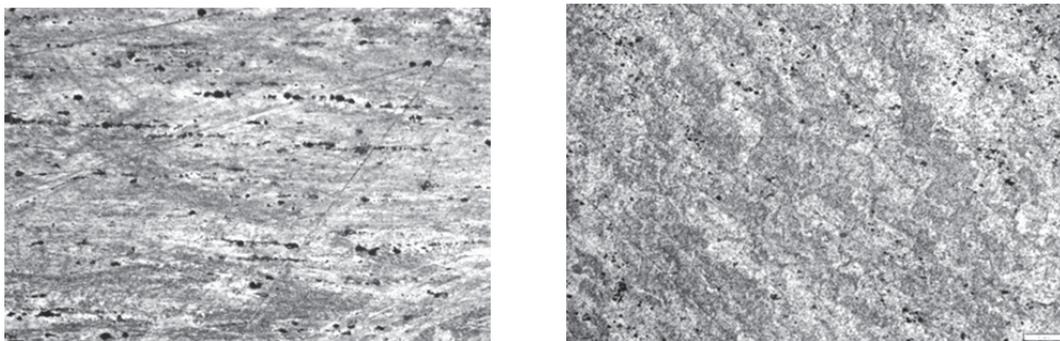


Рисунок 1 – Распределение интерметаллических фаз в материале плиты (слева) и поковки (справа) из сплава АМг6 с различным КСИФ, 200<sup>×</sup>

В то же время, действующие нормативные документы [12] совершенно не учитывают последнее обстоятельство, не разделяя применяемые материалы по способу их изготовления и не предполагая проведение их термической обработки для стабилизации характеристик нанесения покрытий и паяемости. С учётом напряжений растяжения, формируемых на поверхности деталей после нанесения на них покрытий и образования паяных швов, такая практика часто приводит к разрушению материала корпусных деталей и потере вакуумной плотности готовых приборов уже в процессе их хранения и эксплуатации.

Опыт показывает, что ковка на гидравлических прессах с нагрева до 320 °С заготовок из сплава АМг6 в интервале от 0,4...0,5 до 2,8...3,2 логарифмических единиц обеспечивает вакуумную плотность их материала, достаточную для изготовления корпусов микросборок с гарантируемой вакуумной плотностью и хорошей паяемостью.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ОСТ 92-4950-84 / Микросборки. Общие технические требования / –М.: ОНТИ, 1985. – 26 с., изм. УДК 621.382.8 (083.7).
- 2 ГОСТ 24297-2013 / Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля / –М.: Стандартинформ, 2019. – 15 с.; изм.
- 3 ОСТ 92-9555-82 / Электрорадиоэлементы и блоки герметизированные. Методы испытания на герметичность / – М.: ОНТИ, 1982. – 54 с., изм. УДК 006.3/8:621.396.69:620.165.29.
- 4 О.Ш. Хади, А.Н. Литвинов / Моделирование напряженно-деформированного состояния корпусов микросборок в процессе их изготовления и эксплуатации. Динамика и прочность (глава 1). Избранные тр. Всеросс. научн. конф. по проблемам науки и технологий / – М.: РАН, 2013. – С. 3...26.
- 5 ГОСТ 17232-99 Плиты из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия / – М.: Издательство стандартов, 2000. – 12 с.
- 6 ГОСТ 21488-97 Прутки прессованные из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия / – М.: Издательство стандартов, 2001. – 22 с.
- 7 ГОСТ 4784-97 Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые. Марки / – М.: Издательство стандартов, 2001. – 12 с.; изм.
- 8 Головкин П.А. / Повышение качества корпусов микросборок электронных СВЧ-приборов с использованием ковочных операций / – М.: Технология машиностроения, 2020, № 9, с. 5...7. ISSN: 1562-322X.
- 9 Телешов В.В., Чурюмов А.Ю. / Анализ влияния характеристик двухфазной матричной структуры на вязкость разрушения деформируемых алюминиевых сплавов / – М.: Технология лёгких сплавов, 2012, № 2, с. 22...40. ISSN: 0321-4664.
- 10 Управление деформированной структурой алюминиево-магниевых сплавов / П.А. Головкин / Технология металлов. – 2005. – N 11. – С. 10-16. – Библиогр.: с. 16 (12 назв.).
- 11 ГОСТ 21073.4-75 / Металлы цветные. Определение величины зерна планиметрическим методом / Цветные металлы. Методы анализа. Общие требования / – М.: Издательство стандартов, 2002. – 24 с., с 20...24.
- 12 ОСТ 92-1152-75 / Сварка и пайка. Подготовка поверхности деталей под сварку и пайку. Обработка сборочных единиц после сварки и пайки / – М.: ОНТИ, 1975. – 54 с., изм.

## ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

### FEATURES OF MODERN ELECTRICAL DISCHARGE MACHINING

Аннотация. В современном производстве промышленный продукт не только требует высокой точности и качества, но и должен быть произведен в минимальные сроки, чтобы сохранить свои позиции в конкурентной борьбе на мировом рынке. Электроэрозионная обработка (EDM) - самый популярный процесс обработки в настоящее время среди всех процессов обработки. В этой статье рассматриваются текущие тенденции исследований и последние разработки в области процессов EDM и методов моделирования.

Abstract. In modern production, an industrial product not only requires high precision and quality, but must also be produced in the shortest possible time in order to maintain its position in the competition in the world market. Electrical discharge machining (EDM) is currently the most popular machining process among all machining processes. This article reviews current research trends and recent developments in EDM processes and modeling techniques.

Ключевые слова: электроэрозионная обработка, ЭЭМ, Порошковые добавки, Параметры процесса, Диэлектрик, методы оптимизации.

Keywords: electro-discharge machining, WEDM, Powder additives, Process parameters, Dielectric, optimization techniques.

Электроэрозионная обработка получила широкое применение при производстве штампов и пресс-форм. В основном EDM используется для обработки тех материалов, которые трудно поддаются обработке обычным процессом механической обработки. Прямой контакт между материалом инструмента и обрабатываемой деталью отсутствует. Материал удаляется путем термической эрозии в процессе электроэрозионной обработки.

Ранее изученный на EDM сообщил, что материал скорость удаления при электроэрозионной обработке меньше, чем при других обычных процессах обработки. Основным преимуществом использования электроэрозионной обработки по сравнению с обычными процессами обработки является очень высокая скорость обработки поверхности.

Преимущество использования EDM заключается в отсутствии механических вибраций и механических напряжений во время обработки из-за отсутствия прямого контакта между обрабатываемой деталью и материалом инструмента [1-3]. Еще одно преимущество использования EDM по сравнению с другими процессами обработки заключается в том, что он может обрабатывать любой профиль или геометрию. Он может легко обрабатывать сложную геометрию, которую может быть трудно обрабатывают некоторыми другими процессами механической обработки [4]. Но ограничение заключается только в том, что материал инструмента и заготовка должны быть электропроводными. Обычно используемыми инструментальными материалами в электроэрозионной обработке являются вольфрам и медь.

В присутствии диэлектрической жидкости между инструментом и заготовкой возникают непрерывные электрические заряды [9]. Основное назначение диэлектрической жидкости – обеспечить диэлектрическую среду и смыть остатки обработки с рабочего стола. При подаче постоянного тока генерируется электрическая искра, и ионы начинают вытекать из заготовки, а электроны - из материала инструмента. Электрическое поле создается между обрабатываемой деталью и инструментом, и оно максимально там, где зазор

между обрабатываемой деталью и инструментом минимален.

Недавнее исследование посвящено электроэрозионной обработке композитов. Современные тенденции в области электроэрозионной обработки изучаются исследователями таких методов обработки, как сухая электроэрозионная обработка, электроэрозионная обработка с добавками, электроэрозионная обработка в воде и различные методы моделирования для достижения лучших результатов. В наши дни микроEDM приобретает все большую популярность, потому что с его помощью можно добиться отделки поверхности до микроуровня [5,6]. В случае МИКРО-ЭДС энергопотребление значительно меньше. Скорость удаления материала очень низкая, но скорость обработки поверхности очень высока. Показатели износа инструмента составляют в

зависимости от полярности. Предыдущие исследования показали, что при обратной полярности износ инструмента высок, а при положительной полярности он меньше. Эта статья также направлена на обзор различных методов моделирования, используемых при электроэрозионной обработке, и будущих направлений исследований.

В области EDM было проведено много исследований. Электроэрозионная обработка - один из самых ранних нетрадиционных

процессов механической обработки. Электроразрядная обработка – это Электрическая энергия преобразуется в тепловую энергию путем последовательного электрического разряда, возникающего между заготовкой и инструментом, которые погружены в диэлектрическую жидкость. Плазменный канал генерируется тепловой энергией между анодом и катодом. Плазменный канал генерируется в диапазоне температур 8000-1200°C. Иногда она составляет почти 20 000 °C, что слишком высоко и может привести к обработке любого материала. Местоположение электрической искры, которая генерируется тепловой энергией, определяется самым узким зазором между инструментом и обрабатываемой деталью[10-12]. Продолжительность каждой искры очень мала. Частота каждой искры достигает тысяч искр в секунду. Однако радиус искры очень мал, а температура в зоне искры очень высока. Эта температура искры способна частично испарять и плавить материал как из обрабатываемой детали, так и из материала инструмента. Материал, удаленный с поверхности заготовки, имеет форму кратеров, которые полностью покрывают заготовку. Размеры кратеров сильно зависят от величины тока. Предыдущие исследования показали, что размер кратера увеличивается с увеличением тока разряда.

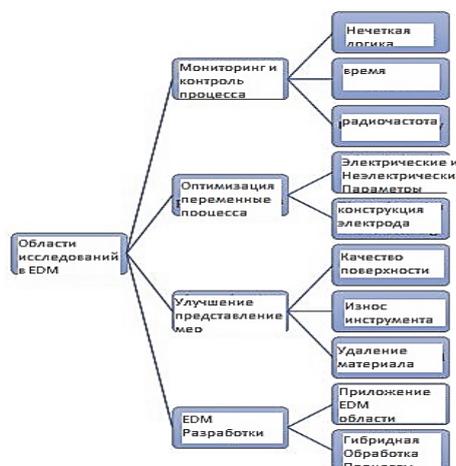
В промышленности появилось множество разновидностей EDM для обработки сверхтвердых сплавов, композитов, аэрокосмических деталей и керамики.

Электроэрозионная обработка проволоки: В настоящее время электроэрозионная обработка наиболее широко используется в промышленности из-за возможности создания сложных форм и профилей без использования электрода предварительной формы, которые требовались в базовой электроэрозионной обработке[8]. WEDM использует тонкий непрерывно движущийся провод, который подается с помощью микропроцессор через заготовку. Чтобы преодолеть общими проблемами в традиционных и нетрадиционных процессах обработки является разработка гибридных процессов обработки, которые включают электроэрозионную обработку с использованием ультразвуковой вибрации (USM), обработку лазерным лучом (LBM), высокоскоростную обработку (HSM), шлифование, электроразрядное шлифование (EDG) и электрохимическая обработка разрядом (ECDM)[10].

Ультразвуковая вибрация: Основное преимущество ультразвуковой вибрации в электроэрозионной обработке заключается в улучшении циркуляции диэлектрика, что помогает создавать большое давление между обрабатываемой деталью и материалом инструмента. Еще одним преимуществом ультразвуковой вибрации является то, что она облегчает удаление мусора с рабочего стола. Эрозия искры, которая обычно создавалась импульсным источником питания, заменяется источником постоянного тока и импульсным зарядом создается относительным движением между материалом заготовки и материалом инструмента. Установлено, что новая комбинированная технология может быть разработана с использованием преимуществ как электроэрозионной, так и ультразвуковой обработки [5-6].

Обработка лазерным лучом используется для изготовления желаемой формы из материала и EDM используются для окончательной отделки. Скорость обработки выше при гибридации LAEDM. Основное назначение EDM состоит только в том, чтобы обеспечить завершающие операции. Производительность, чистота поверхности и эффективность выше, а скорость износа инструмента значительно ниже при гибридации LAEDM по сравнению с обычным

Гибридизация HSM и EDM дала бы ряд преимуществ. В настоящее время высокоскоростная обработка заменила использование электроэрозионной обработки. Но для глубоких полостей и деталей сложной формы, имеющих внутренние углы, и некоторых материалов заготовок, которые трудно разрезать, по-прежнему требуется электроэрозионная обработка.



Электроразрядное шлифование - это гибридный процесс шлифования. Гибридное шлифование способно обрабатывать чрезвычайно твердые материалы, такие как карбиды, в 2-3 раза быстрее, чем обычный процесс измельчения. EDG способен достигать высокой точности и высокой скорости обработки поверхности (0,2-0,3 мкм) по сравнению с обычным шлифованием[7,8].

ECDM также известен как процесс обработки электроэрозионным растворением (EEDM). ECDM имеет широкий спектр применений, особенно в непроводящих материалах, таких как различные типы керамики и композитов

#### Заключение

Электроэрозионная обработка является одним из широко используемых нетрадиционных методов обработки, который способен создавать сложные формы.

Единственное ограничение в EDM заключается в том, что заготовка должна быть проводящей по своей природе. Основываясь на различных представленных исследовательских работах, на основе этой обзорной работы сделаны следующие замечания.

а) В этом обзорном документе собрана коллекция различных исследовательских работ в области оказания помощи Разработке процесса EDM, которые были разработаны для обеспечения лучшей отделки поверхности и хорошего качества продукции при меньших затратах.

б) Установлено, что как электрические, так и неэлектрические параметры играют важную роль в производительности процесса электроэрозионной обработки,

с) Также установлено, что методы оптимизации значительно улучшены, но цель всех методов оптимизации одна и та же - повысить производительность EDM

д) Благодаря последним разработкам и методам оптимизации, используемым в процессах электроэрозионной обработки, минимизируется скорость износа инструмента, увеличивается скорость удаления материала и улучшается качество поверхности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Anbesh Jamwal, Ankur Aggarwal, Nishant Gautam, Akhil Devarapalli Electro-Discharge Machining: Recent Developments and Trends International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) 05 Issue: 02 Feb - 2018.

2 Qin, Y., Brockett, A., Ma, Y., Razali, A., Zhao, J., Harrison, C. & Loziak, D. (2010). Micromanufacturing: research, technology outcomes and development issues. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 47(9), 821- 837.

3 Garg, R. K., Singh, K. K., Sachdeva, A., Sharma, V. S., Ojha, K., & Singh, S. (2010). Review of research work in sinking EDM and WEDM on metal matrix composite materials. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 50(5), 611- 624.

4 Snoeys, R., Staelens, F., & Dekeyser, W. (1986). Current trends in non-conventional material removal processes. CIRP Annals-Manufacturing Technology, 35(2), 467-480.

5 Ho, K. H., & Newman, S. T. (2003). State of the art electrical discharge machining (EDM). International Journal of Machine Tools and Manufacture, 43(13), 1287-1300.

6 Abulais, S. (2014). Current Research trends in Electric Discharge Machining (EDM). International Journal of Scientific & Engineering Research, 5, 100- 118.

7 McGeough, J. A. (1988). Advanced methods of machining. Springer Science & Business Media.

8 Alekseev V.V., Vasiliev S.A. Application of fuzzy logic elements under the moisture supply evaluation in the plant-soil-air system // В сборнике: Fuzzy Technologies in the Industry - FTI 2018. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Сер. "CEUR Workshop Proceedings" 2018. С. 404-409.

9 Vasiliev S., Kirillov A., Afanasieva I. Method for controlling meliorative technologies on sloping cultivated lands using large scale profilometer // В сборнике: Engineering for Rural Development. Proceedings. 2018. С. 537-542.

10 Maksimov I.I., Vasilyev S.A., Vasilyev A.A. Mechanized application of ameliorants for preservation of soil moisture on cultivated lands // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012027.

11 Vasilyev A.A., Vasilyev S.A., Shkilev N.P. Mechanized spraying of liquid meliorants // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 32026.

12 Alekseev V.V., Avrelkin V.A., Vasiliev S.A. Obtaining functional dependence of friction coefficient of soil on steel // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012137.

УДК 621.9; 621.791.722; 629.7.023.4

Григорьев Владимир Владимирович, заведующий лабораториями ФМХТ;  
Grigorev Vladimir Vladimirovich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;  
Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich

Муравьев Василий Илларионович, доктор технических наук, профессор;  
Muravyev Vasilii Illarionovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ СТЫКУЕМЫХ КРОМОК НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ И АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКОЙ**

### **INFLUENCE OF PREPARATION OF JOINTED EDGES ON THE QUALITY OF WELDED JOINTS OF POWER STRUCTURES OF AIRCRAFT MADE BY ELECTRON BEAM AND ARGON ARC WELDING**

Аннотация. В настоящей работе установлена зависимость вида механической обработки (высокоскоростного фрезерования, рубки на гильотинных ножницах, шлифования) на уровень дефектности сварных соединений. Установлено, что наиболее достоверным параметром подготовки стыкуемых кромок под сварку является оценка насыщенности капиллярно-конденсированной влагой. Выявлено, что процессы, возникающие при высокоскоростном фрезеровании в поверхностном и приповерхностных слоях, независимо от шероховатости поверхности приводят к минимальной насыщенности капиллярно-конденсированной влагой и минимальному уровню дефектности сварных соединений, выполненных сваркой плавлением.

Abstract. In this work, the dependence of the type of mechanical processing (high-speed milling, chopping on guillotine shears, grinding) on the level of defect of welded joints is established. It is established that the most reliable parameter of preparation of the joined edges for welding is the assessment of saturation with capillary-condensed moisture. It is revealed that the processes occurring during high-speed milling in the surface and near-surface layers, regardless of the surface roughness, lead to a minimum saturation of capillary-condensed moisture and a minimum level of defects in welded joints made by fusion welding.

Ключевые слова: титановые сплавы, механическая обработка, неразъемные соединения, контроль качества, сварка, капиллярно-конденсированная влага.

Keywords: titanium alloys, mechanical processing, all-in-one joints, quality control, welding, capillary-condensed moisture.

Из всего многообразия проведенных исследований нет единого мнения по вопросу причин образования опасного концентратора напряжений – пор, которые составляют от 48 до 52% всех дефектов металла шва сварных соединений. Анализируя представленные работы, некоторые авторы считают, что поры возникают за счет загрязнений на поверхности свариваемых кромок и присадочной проволоки, другие авторы считают, что причиной образования пор служит некачественная защита сварочной ванны в процессе сварки.

Авторам [1] благодаря многочисленным исследованиям удалось наиболее полно и научно обоснованно сформировать основные закономерности образования пор при сварке плавлением титана и его сплавов. Готовыми зародышами газовой фазы при расплавлении могут быть дефекты торцевой поверхности свариваемых кромок с наличием в объеме их адсорбированных газов, паров воды, загрязнений, способных разлагаться с образованием газов. Развитая торцевая поверхность свариваемых кромок способна абсорбировать большое количество влаги.

Известно, что механическая обработка поверхности свариваемых заготовок приводит к образованию капиллярных, микро- и субмикроскопических нарушений поверхности, которые заполняются капиллярно-конденсированными загрязнениями и порообразованию в процессе сварки. При этом показано, что пластическая деформация или процессы полирования поверхности исключают порообразование, данные процессы являются трудоемкими и трудно реализуемыми для крупногабаритных титановых конструкций летательных аппаратов. Поэтому требуется

поиск наиболее эффективных методов механической обработки для исключения капиллярной конденсации на поверхности стыкуемых кромок.

Целью настоящей работы является исследование влияния режимов высокоскоростной механической обработки на качество неразъемных соединений, выполненных электронно-лучевой и аргонодуговой сваркой.

Механическую обработку резанием пластины из титанового сплава ОТ4-1 производили на механообрабатывающем комплексе DMU 50 ecoline (Германия), как боковой, так и торцевой поверхностью концевой фрезы MT190VB-016Z16R04-32-L100-T (СКИФ-М, Россия). Использовалась охлаждающая жидкость Blasocut 2000 Universal (Blaser, Швейцария). Режимы фрезерования представлены в таблице 1.

Шероховатость поверхности определялась профилометром TR-200, оценка насыщенности поверхности капиллярно-конденсированной влагой по содержанию водорода определялась по методике [2] на установке ИСП-51. Автоматическую аргонодуговую сварку образцов спутников из сплава ВТ20 (200x3x700) производили в среде защитного газа аргона (высший сорт ГОСТ 1057-79) с присадочной проволокой ВТ1-00, диаметром 1,6 мм. Электронно-лучевая сварка выполнялась на установке КЛ-144, по режимам представленным в таблице 2.

Таблица 1 – Режимы фрезерования образцов

| Вид фрезерования | Номер прохода                            | 1              | 2     | 3     | 4      | 5     | 6      |
|------------------|------------------------------------------|----------------|-------|-------|--------|-------|--------|
|                  |                                          | Режимы резания |       |       |        |       |        |
| Торцевое         | Частота вращения шпинделя об/мин         | 500            | 1000  | 1500  | 2000   | 2500  | 3000   |
| Боковое          |                                          |                |       |       |        |       |        |
| Торцевое         | Скорость резания м/мин                   | 25,12          | 50,24 | 75,36 | 100,48 | 125,6 | 150,72 |
| Боковое          |                                          | 25             | 50    | 75    | 100    | 125   | 150    |
| Боковое          | Минутная подача (скорость подачи мм/мин) | 200            | 400   | 600   | 800    | 1000  | 1200   |

Таблица 2 – Режимы электронно-лучевой и аргонодуговой сварки

| Оборудование       | Сплав и размеры образцов, мм            | Режим ААрДЭС* |             |                 |                 |                     |         |        |
|--------------------|-----------------------------------------|---------------|-------------|-----------------|-----------------|---------------------|---------|--------|
|                    |                                         | $I_{св}$ , А  | $U_{д}$ , В | $V_{св}$ , мм/с | $V_{пр}$ , мм/с | Расход аргона л/мин |         |        |
|                    |                                         |               |             |                 |                 | горелка             | козырек | поддув |
| ААрДЭС<br>УСП-5000 | ВТ20<br>200x3x700                       | 280           | 16,5        | 2,2             | 7,0             | 7,0                 | 6,0     | 5,0    |
| ЭЛС<br>КЛ-144      | ВТ20<br>130x30x40<br>ОТ4-1<br>150x30x40 | Режим ЭЛС**   |             |                 |                 |                     |         |        |
|                    |                                         | $I_w$ , МА    | $I_f$ , МА  | $F$ , мм        | $V_{св}$ , мм/с |                     |         |        |
|                    |                                         | 350           | 600         | 200             | 16              |                     |         |        |

Примечание: \*  $I_{св}$  – ток сварки;  $U_{д}$  – напряжение на дуге;  $V_{св}$  – скорость сварки;  $V_{пр}$  – скорость подачи проволоки; \*\*  $I_w$  – ток сварки;  $I_f$  – ток фокусировки;  $F$  – расстояние от торца пушки до детали;  $V_{св}$  – скорость сварки.

Раскрой образцов произведен на станке фирмы Danobat с охлаждающей эмульсией, радиографический контроль произведен с использованием аппарата ЭКСТРАВОЛЬТ-225.

Из полученных результатов профилометрии видно, что изменение режимов высокоскоростного резания оказывает сложное влияние на образование шероховатости на фрезерованной поверхности (рисунок 1). Для торцевого фрезерования вплоть до четвертого и пятого режима шероховатость уменьшается линейно и практически величина параметра шероховатости стабилизируется на режимах от 4 до 6-20. При этом наблюдается уменьшение параметров шероховатости более чем в два раза по сравнению с параметрами шероховатости при боковом фрезеровании.

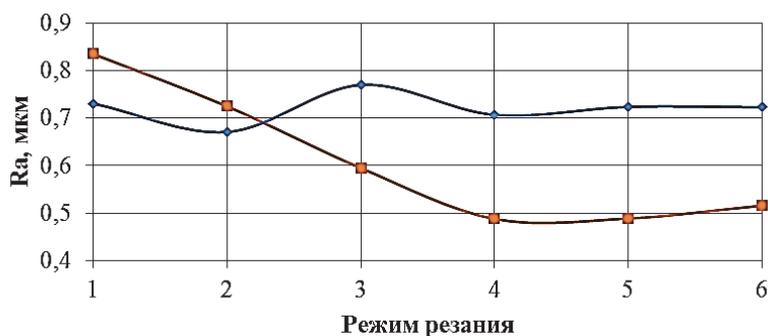


Рисунок 1 – Влияние режимов резания (1-6 – приведенных в таблице 1) на величину шероховатости ( $R_a$ , мкм) полученной поверхности на образцах титанового сплава ОТ4-1. Жёлтым – торцевое фрезерование; синим - боковое фрезерование

Изменения величины содержания водорода в поверхностном слое фрезерованной поверхности, как при торцевом, так и боковом фрезеровании имеют практически одинаковую зависимость. При малых оборотах шпинделя и скорости резания наблюдается минимальное содержание водорода в поверхностном слое фрезерованной поверхности соизмеримое с содержанием водорода в металле образцов.

Для торцевого по первому режиму, а для бокового для третьего и шестого режимов фрезерования содержание водорода даже ниже, чем содержание водорода в основном металле образцов. При увеличении оборотов шпинделя и скорости резания для торцевого фрезерования наблюдается резкое увеличение содержания водорода уже на 2-3 и 4 режимах и уменьшение на 5 и 6 режимах. Для бокового фрезерования увеличение содержания водорода в поверхностном фрезерованной поверхности наблюдается на 4 и 5 режимах и уменьшение на 6-м режиме (рисунок 2).

Как видно из данных (таблица 3) результатов сравнительных исследований влияния различных видов механической обработки в условиях серийного производства на образцах спутниках четко проявилось существенное различие и в показателях качества стыкуемых поверхностей, и в уровне дефектности неразъемных соединений из сплавов ОТ4-1 и ВТ20.

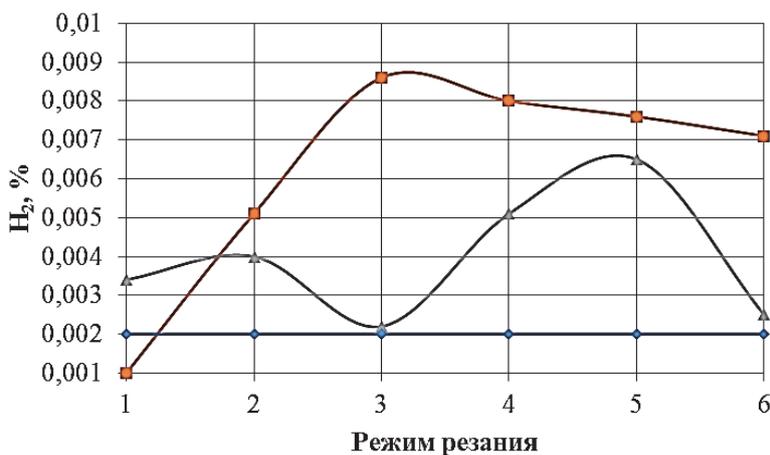


Рисунок 2 – Влияние режимов резания (1-6, таблица 1) на содержание водорода (насыщенность капиллярно-конденсированной влагой) фрезерованной поверхности образцов из сплава ОТ4-1. Жёлтым – торцевое фрезерование; серым – боковое фрезерование; синим – содержани водорода

Тепловые процессы, образующиеся при высокоскоростном фрезеровании в поверхностном и приповерхностном слое титановых сплавов, приводят независимо от шероховатости не только к минимальному параметру насыщенности капиллярно-конденсированной влаги от 1,12 до 2,18, а и к существенному снижению содержания водорода в поверхностном слое (обезводо-раживанию) по сравнению с содержанием водорода в основном металле как в сплаве ОТ4-1, так и в сплаве ВТ20. При этом уровень дефектности незначителен и наблюдается у образцов с минимальной насыщенностью капиллярно-конденсированной влагой.

Таблица 3 – Влияние видов механической обработки на качество сварных соединений

| № | Вид механической обработки                                    | Материал | Качество стыкуемых кромок элементов |                    |                         | Вид сварки заготовок толщиной h, мм | Уровень дефектности |                     |
|---|---------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|
|   |                                                               |          | Ra, мкм                             | H <sub>2</sub> , % | Насыщенность влагой     |                                     | q1, % поры          | q2, % темные полосы |
| 1 | Высокоскоростное торцевое фрезерование по режиму 1, таблица 2 | ОТ4-1    | 0,85                                | 0,001              | $\frac{0,0019}{0,0028}$ | ЭЛС, 60                             | 0,0                 | 0,0                 |
|   |                                                               | ВТ20     | 0,99                                | 0,0018             | $\frac{0,0018}{0,0033}$ | ААрДЭС, 3                           | 0,0                 | 0,0                 |
| 2 | Высокоскоростное боковое фрезерование по режиму 3, таблица 2  | ОТ4-1    | 0,78                                | 0,0022             | $\frac{0,0022}{0,0033}$ | ЭЛС, 30                             | 0,0                 | 0,0                 |
|   |                                                               | ВТ20     | 0,56                                | 0,0037             | 1, 12                   | ААрДЭС, 3                           | 0,02                | 0,0                 |
| 3 | Высокоскоростное боковое фрезерование по режиму 5, таблица 2  | ОТ4-1    | 0,73                                | 0,0065             | 2,3                     | ЭЛС, 30                             | 0,018               | 0,012               |
|   |                                                               | ВТ20     | 0,88                                | 0,0071             | 2,18                    | ЭЛС, 30                             | 0,037               | 0,17                |
| 4 | Рубка на гильотинных ножницах                                 | ОТ4-1    | 6,3                                 | 0,012              | 4,28                    | ЭЛС, 30                             | 13                  | -                   |
|   |                                                               | ВТ20     | 8,2                                 | 0,018              | 5,3                     | ААрДЭС, 3                           | 25                  | -                   |
| 5 | Шлифование                                                    | ОТ4-1    | 0,83                                | 0,0066             | 2,4                     | ЭЛС, 30                             | 0,02                | 0,014               |
|   |                                                               | ВТ20     | 0,82                                | 0,008              | 2,53                    | ЭЛС, 30                             | 0,023               | 0,015               |

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Редчиц В.В., Фролов В.А., Казаков В.А., Лукин В.И. Пористость при сварке цветных металлов. М: Изд-во Технология машиностроения, 2002. 448 с.

2 Муравьев В.И., Бахматов П.В. Влияние технологии контроля на выявление дефектов капиллярным методом // Сварка и Диагностика. 2016. № 3. С. 9-15.

УДК 681.7.023.72

Диас Гонсалес Рафаэль Орландо, аспирант; Diaz Gonzalez Rafael Orlando

Козерук Альбин Степанович, доктор технических наук, профессор; Kozeruk Albin Stepanovich

Кузнецик Валерия Ольгердовна, кандидат технических наук, доцент;

Kuznechik Valeria Olgerdovna

Белорусский национальный технический университет

#### ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛОСКИМ ИНСТРУМЕНТОМ

#### TECHNOLOGY OF TREATMENT OF CONIC SURFACES WITH FLAT TOOLS

Аннотация. Рассмотрена схема групповой обработки конических деталей плоским инструментом в условиях свободного притирания. Приведено устройство для обработки торцов заготовок цилиндрической формы для конических линз. Изложена последовательность операций получения конической линзы из заготовки цилиндрической формы.

Abstract. The scheme of group processing of conical parts with a flat tool under conditions of free grinding is considered. A device for processing the ends of cylindrical workpieces for conical lenses is presented. The sequence of operations for obtaining a conical lens from a cylindrical billet is described.

Ключевые слова: распределение Бесселя, цилиндрическая заготовка, коническая линза, плоский инструмент, сепаратор.

Keywords: Bessel distribution, cylindrical billet, conical lens, flat tool, separator.

Для повышения точности работы современных оптико-электронных приборов, предназначенных для измерения дальности до объектов импульсным методом, эффективным является обеспечение максимальной добротности зондирующего лазерного излучения [1], т.е. максимальной крутизны его переднего фронта. Одним из путей решения этой задачи может быть применение в оптической схеме лазерных дальномеров конической линзы – аксикона [2]. Этот оптический элемент позволяет преобразовать гауссово распределение энергии в исходном лазерном

пучке, для которого характерен пологий передний фронт, в распределение Бесселя с крутым передним фронтом [3].

Конические линзы находят также широкое применение в различных лазерных инструментах, работа которых основана на использовании увеличенной фокусной глубины пучков Бесселя, генерируемых аксионом [4]. Это, например, лазерный инструмент для резки стекол значительной толщины, энергоэффективность и экономичность которого достигается за счет создания микротрещин по всей толщине материала, что вызывает его локальное ослабление и тем самым облегчает разделку на части посредством тепловой или механической нагрузки. Такой метод дает чистый срез и практически нулевую ширину прорези, которая не требует дополнительной обработки. Лазерные пучки Бесселя, кроме того, используются для формирования микро- и наноканалов в прозрачных материалах, для сверления тонких непрозрачных материалов и в ряде других областях при решении научных и прикладных задач.

Современная технология изготовления конических линз выполняется по методу свободного притирания и основана на поштучном их шлифовании и полировании. Обработка сводится к колебательному перемещению инструмента в виде металлической планшайбы по образующей заготовки конуса, участвующего во вращательном движении (метод свободного притирания). При этом диаметр инструмента составляет 0,7 – 0,9 от длины образующей конической детали.

В процессе шлифования на металлический инструмент в качестве обрабатываемой наносят абразивную суспензию электрокорунда зернистости от М40 (предварительное шлифование) до М10 (окончательное шлифование), а полирование выполняют инструментом в виде металлической планшайбы с закрепленной на его рабочей поверхности тонкой (до 1 мм) полиуретановой пленкой.

В настоящее время формообразование конических деталей по методу свободного притирания происходит посредством изменения величины следующих регулируемых наладочных параметров технологического оборудования: амплитуды возвратно-поступательных перемещений инструмента и числа его двойных ходов в минуту, частоты вращения заготовки и изменения диаметра инструмента. Причем величину изменения этих параметров определяет рабочий-оптик с учетом распределения припуска на обрабатываемой поверхности и своего опыта. Такая технология является трудоемкой и требует исполнителя высокой квалификации.

Отмеченные недостатки существующей технологии можно устранить, если вращающуюся коническую деталь боковой поверхностью расположить на плоском вращающемся инструменте и перемещать ее по этому инструменту по сложной траектории, при этом плоскостность рабочей поверхности инструмента непрерывно поддерживать правильником в виде сепаратора специальной конструкции. Схема реализации такой обработки приведена на рисунке 1 [5]. Здесь на инструменте 1 установлен сепаратор 2, снабженный по меньшей мере тремя отверстиями А для конусообразных заготовок 3. На нерабочей поверхности сепаратора зафиксирован наклеенный инструмент 4, который шарнирно соединен с поводком 5, являющегося выходным звеном исполнительного механизма базового технологического оборудования. Инструмент, сепаратор и заготовка конической детали вращаются с независимыми скоростями соответственно  $\omega_n$ ,  $\omega_c$  и  $\omega_3$ . Сепаратор, кроме того, участвует в возвратно-вращательное движение со скоростью  $\omega_{в-в}$ .

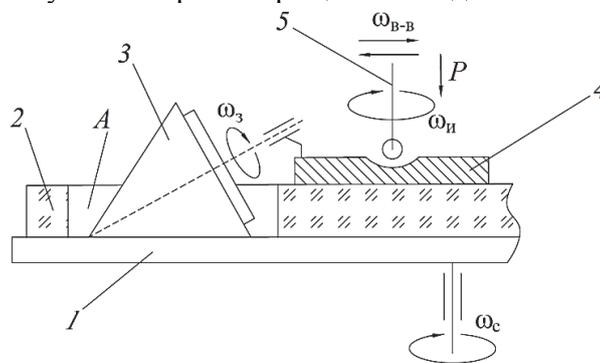


Рисунок 1 – Схема обработки конических деталей плоским инструментом

Предлагаемый технологически процесс обработки прецизионных конических поверхностей оптических деталей сводится к последовательному выполнению следующих операций:

1) шлифование плоских поверхностей исходной цилиндрической заготовки с поддержанием их параллельности в пределах  $\pm 0,002$  мм;

- 2) нанесение на одно из оснований цилиндрической заготовки ближайшей сферы определенного радиуса кривизны;
- 3) нанесение конической поверхности на полученную сферу;
- 4) шлифование и последующее полирование конической поверхности до достижения заданной прямолинейности образующей конуса (с отклонением от прямолинейности не более  $\pm 0,00025$  мм).

Первую из отмеченных операций целесообразно выполнять на многоместном устройстве, принципиальная схема которого изложена на рисунке 2.

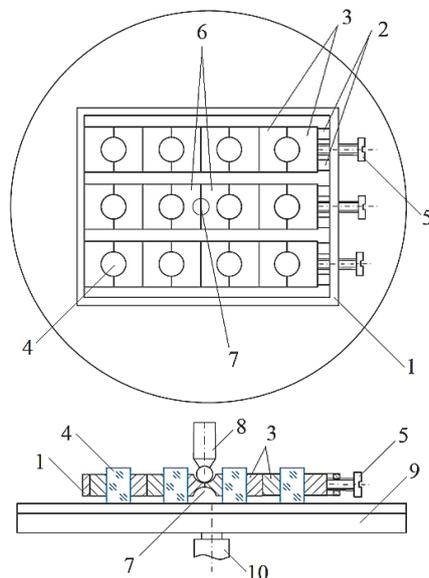


Рисунок 2 – Устройство для обработки торцов заготовок цилиндрической формы для конических линз

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Исходные цилиндрические заготовки 4 помещают в отверстия сухариков 3, установленных с возможностью перемещения вдоль оси направляющих 2. Сухарики зажимают винтами 5, смонтированными в основании 1. Полученный блок цилиндрических заготовок устанавливают на рабочую поверхность инструмента 9, вводят в лунку 7 центральных сухариков 6 поводок 8 и включают привод шпинделя 10 вместе с инструментом 9. На рабочую поверхность инструмента подают абразивную суспензию определенной зернистости (вручную кисточкой или с помощью помпы). Так шлифуют оба основания цилиндрической заготовки. После этого одно из оснований цилиндрических заготовок полируют до  $\leq R_z 0,05$ , используя плоский смоляной полировальник.

Выполнения второй операции обеспечивается использованием вращающегося кольцевого алмазного инструмента, установленного под определенным углом к оси заготовки цилиндрической линзы [6].

Для реализации последних двух операций предлагается использовать устройство, схема которого приведена на рисунке 1, назначая при этом различные режимы обработки

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Голдобина Л.П. Методическое пособие по теме «Обработка наружных конических поверхностей» // – Москва, 2014.
- 2 Mikuia G., Kolodziejczyk A., Makowski M., S. Prokopowicz, Sypek M. Diffractive elements for imaging with extended depth of focus // Optical Engineering 44(5), 058001 7pp (2005).
- 3 Сороко Л.М. Мезооптика и методика трековых детекторов // Физика элементарных частиц и атомного ядра. 1989. Т. 20. Вып. 1. С. 155–197.
- 4 Zalevsky Z. Extended depth of focus imaging: a review, SPIE Reviews. Vol. 1, (2010) 018001 1–11.
- 5 Козерук А.С., Диас Гонсалес Р.О., Филонова М.И. и др. Кинематический анализ способа, повышающего точность обработки конических поверхностей // Изв. Нац. акад. наук Беларуси, сер. физ.-техн. наук. – 2020. – Т. 65, №2. – С.197–204.
- 6 Семибратов М.Н. и др. Технология оптических деталей. – М.: Машиностроение, 1978. – 415 с.

УДК 66.071

Дьяченко Владислав Алексеевич, студент; Dyachenko Vladislav Alekseevich  
Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент; Sarilov Mihail Yurievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В ТОПЛИВНОМ ГАЗЕ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА**

### **REDUCTING THE HYDROGEN CONCENTRATION IN THE FUEL GAS OF A DIESEL FUEL HYDROTREATER**

Аннотация. В статье рассматривается способ снижения концентрации водорода в топливном газе установки гидроочистки дизельного топлива Комсомольского нефтеперерабатывающего завода. В проекте обозначены такие проблемы как: высокое содержание водорода в топливном газе установок ГОДТ, УКР, УИЗ; проблема эксплуатации печей, невозможность максимальной загрузки установки Гидроочистки вторичными компонентами. Для решения данных проблем предложен способ более эффективной доочистки топливного газа с помощью внедренной мембранной установки.

Abstract. The article discusses a method for reducing the concentration of hydrogen in the fuel gas of the diesel fuel hydrotreatment unit of the Komsomolsk oil refinery. The project identifies such problems as: high hydrogen content in the fuel gas of the GODT, UKR, UIZ units; the problem of operation of furnaces, the impossibility of maximum loading of the Hydrotreating unit with secondary components; To solve these problems, a method for more efficient post-treatment of fuel gas using an introduced membrane unit is proposed.

Ключевые слова: водород, гидроочистка, топливный газ, мембранная установка, технологические печи, катализатор.

Keywords: hydrogen, hydrotreating, fuel gas, membrane plant, process furnaces, catalyst.

Установка гидроочистки дистиллятов предназначена для переработки прямогонного дизельного топлива, нефти коксования, легкого газойля коксования с целью производства дизельного топлива с низким содержанием серы и азота, высоким цетановым числом, с требуемой степенью насыщения ароматических соединений и с улучшенными низкотемпературными свойствами. Данные цели достигаются путем смешения сырья с водородсодержащим газом с установки каталитического риформинга, с предварительно повышенной концентрацией (99.9%), необходимой для успешного протекания процесса. Повышение концентрации сырьевого газа происходит на блоке концентрации водорода БКВ-201. В результате процесса короткоциклового адсорбции происходит концентрирование ВСГ (99.9%) и отделение углеводородных газов (C1 и выше). На выходе получают поток чистого водорода и поток хвостового газа, содержащий примеси углеводородного газа.

После смешения сырья (прямогонного дизеля) с водородсодержащим газом, газосырьевая смесь подогревается в межтрубном пространстве теплообменников Т-1-201 А/В, после чего делится на 4 потока и поступает в конвекционную зону печи нагрева сырья П-1-201. Нагреваясь за счет тепла дымовых газов, газосырьевая смесь поступает в радиантную зону печи, где происходит дальнейший нагрев за счет лучистого теплообмена. На выходе из печи сырье объединяется в 2 потока и поступает в реактор гидроочистки Р-1-201, где на слоях катализатора происходят реакции гидрообессеривания, гидроденитрогенизации, гидрирование олефинов и частично дегидроароматизации.

Топливом для печей служит смесь углеводородного газа, вырабатываемого на установке. Топливный газ проходит аминовую абсорбционную очистку низкого давления, в результате которой углеводородный газ очищается от примесей сероводорода, отделяется от влаги в топливном сепараторе и поступает на горелки печей.

Установлено, что содержание водорода в топливном газе неблагоприятно влияет на работу печей (увеличиваются высота и температура пламени). Исходя из лабораторных анализов, установлено что содержание водорода в топливном газе установки гидроочистки составляет приблизительно 60%, что является недопустимым фактором для работы на нормальном технологическом режиме.

Для решения данной проблемы предложен способ, который заключается в установке мембранной установки для выделения потока чистого водорода из топливного газа.

После абсорбционной очистки поток углеводородного газа направляется бы не в топливную сеть гидроочистки, а предварительно на адсорбцию во внедренную мембранную установку (рисунок 1).

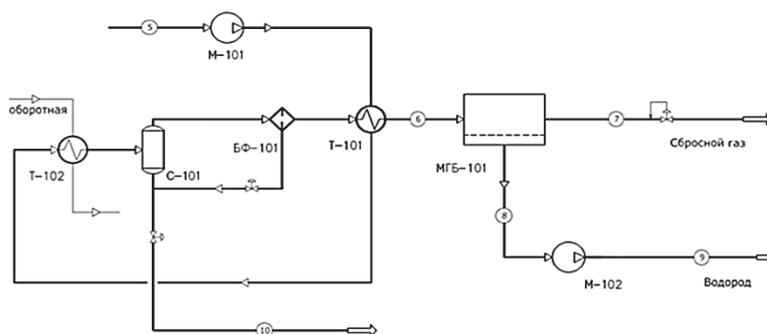


Рисунок 1 – Технологическая схема мембранной установки

Потоки топливного газа, содержащего водород после аминовой очистки и блока концентрации водорода смешиваются и поступают на всас дожимной компрессорной станции М-101. Сжатый газ с давлением 2,2 МПа (изб.) проходит рекуперативный теплообменник Т-101, после чего охлаждается оборотной водой в Т-102 до температуры  $+25...+30^{\circ}\text{C}$ . Охлажденный и частично сконденсированный газ поступает в сепаратор С-101 для отделения основной части конденсата, после чего проходит фильтр-коалесцер БФ-101, в котором происходит доочистка от капельной жидкости и механических примесей. Температура в сепараторе автоматически поддерживается за счет регулирования расхода оборотной воды. Конденсат из сепаратора и коалесцера самотеком отводится в коммуникации Заказчика. Охлажденный и очищенный газ из фильтра-коалесцера подогревается в рекуперативном теплообменнике Т-101 до температуры  $+80...+85^{\circ}\text{C}$  и поступает на вход мембранного газоразделительного блока МГБ-101.

Мембранный газоразделительный блок МГБ-101 состоит из ряда параллельно подключенных мембранных модулей. В каждом единичном мембранном модуле происходит разделение сырьевого газа на два потока - ретентат (сбросной поток высокого давления) и пермеат (очищенный водород низкого давления). Каждый модуль оснащен индивидуальной запорной арматурой на всех патрубках. Ретентат и пермеат, выходящие из модулей, объединяются в соответствующих коллекторах.

Сбросной газ из МГБ-101 отводится на утилизацию. Давление газа на выходе автоматически поддерживается при помощи регулятора давления «до себя».

Водород из МГБ-101 с давлением 0,15 МПа (изб.) поступает на всас компрессора М-102, в котором он дожимается до давления 6,0..7,2 МПа (изб.). Концентрация водорода составляет 95 об. %, степень извлечения около 95%.

Топливный газ, очищенный от водорода увеличит КПД печей, поскольку будет обладать большей калорийностью, что благоприятно скажется на экономии природного газа, который частично подается на горелки печи. Поток извлеченного водорода можно будет использовать для нужд установки таких как: дополнительная подпитка квенчей, увеличения подачи водорода в узел смешения, что позволит повысить переработку вторичных компонентов с Установки Замедленного Коксования. Также введенная модернизация позволит увеличить срок службы катализатора гидроочистки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. Пособие / С. А. Ахметов. – Уфа.: Гилем, 2002. – 672 с.
- 2 Технологический регламент ООО «РН-КОМСОМЛЬСКИЙ НПЗ» Установка гидроочистки дистиллятов. №ТР-2-32-65-16. Версия 1.00. 2016, 380с.
- 3 Инструкция по эксплуатации блока аминовой очистки низкого давления. Установка гидроочистки дистиллятов, 131с. 2019.
- 4 Баннов, П. Г. Процессы переработки нефти / П. Г. Баннов. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2000. – 224 с.

5 Мановян, А. К. Технология переработки природных энергоносителей / А. К. Мановян. – М. : Химия, 2004. –120 с.

6 Капустин, В. М. Технология переработки нефти. Часть 2 Деструктивные процессы / В. М. Капустин, А. А. Гуреев. – М.: КолосС, 2007. - 334 с.

7 Потехин, В. М Основы теории химических процессов технологии органических веществ и нефтепереработки / В. М. Потехин, В. В. Потехин. – СПб. : ХИМИЗДАТ, 2007. – 944 с.

УДК 620.193.197

Зинченко Данил Дмитриевич, студент; Zinchenko Danil Dmitrievich

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент; Sarilov Mikhail Yurievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧЕЙ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА**

### **STRUCTURAL MATERIALS FOR MANUFACTURING CATALYTIC REFORMING FURNACES**

Аннотация. Печи, змеевики печей в процессе эксплуатации подвергаются коррозии. В данной статье рассмотрим различные материалы, которые можно использовать для увеличения срока службы печей.

Abstract. Furnaces, furnace coils undergo corrosion during operation. In this article, we will look at various materials that can be used to increase the life of furnaces.

Ключевые слова: риформинг, печь, коррозия, змеевик, труба, трубопровод, материал.

Keywords: furnace, corrosion, coil, pipe, pipeline, material.

#### **Введение**

Процесс каталитического риформинга предназначен для повышения октанового числа бензинов. Важное значение имеет получение при риформинге дешевого водородсодержащего газа для использования в гидрогенизационных каталитических процессах. [1]

Прямогонные бензиновые фракции содержат в основном парафиновые нормального строения и нафтеновые углеводороды, что обуславливает низкое октановое число, обычно не превышающее 50 пунктов (по ММ), тогда как после риформирания октановое число стабильного катализата составляет 95 – 105 пунктов. Повышение октанового числа происходит за счёт ароматизации сырья путём дегидрирования нафтеновых и дегидроциклизации парафиновых углеводородов. Выход высокооктанового компонента составляет 85 – 90% на исходное сырьё. Процесс проводится на платиновых или платинорениевых катализаторах. Общий объем сырья, перерабатываемого на установках каталитического риформинга, обычно не превышает потенциального содержания бензиновых фракций в нефтях (около 15 – 20% от нефти) [2].

Трубчатая печь – высокотемпературное термо-технологическое устройство с рабочей камерой, огражденной от окружающей атмосферы.

Печь предназначена для нагрева углеводородного сырья, а также для нагрева теплоносителей и осуществления химических реакций за счет тепла, выделенного при сжигании топлива непосредственно в этом аппарате. Трубчатые печи используются при необходимости нагрева среды (углеводородов) до температур более высоких, чем те, которые можно достичь с помощью тепла отходящих потоков, теплоносителей, пара, т. е. примерно свыше 220 – 240 °С. Несмотря на сравнительно большие первоначальные затраты, стоимость тепла, отданного среде при правильно спроектированной печи, дешевле, чем при всех других способах нагрева до высоких температур. В качестве топлива могут применяться газ (природный, технологический), жидкие виды топлив.

Несмотря на большое многообразие типов и конструкций трубчатых печей, общими и основными элементами для них являются рабочие камеры (радиации, конвекции), трубчатый змеевик, огнеупорная футеровка, оборудование для сжигания топлива (горелки), дымоход, дымовая труба.

Две наиболее крупные группы, на которые разделяются печи по происходящему в них процессу:

- нагревательные печи;
- реакционные печи.

Основной процесс в печи – нагрев от излучения факела горелки и теплопередача от продуктов горения топлива к трубному экрану змеевика, через который с определенной скоростью прокачивается продукт.

Одна из самых больших групп в классификации печей определяется по геометрии змеевика.

Различают змеевики:

- с вертикальным расположением труб;
- с горизонтальным расположением труб;
- спиральные змеевики;
- с арочным расположением труб.

#### **Основная часть**

Конструкционные материалы для изготовления продуктовых змеевиков печей каталитического риформинга. Для изготовления продуктовых змеевиков печей каталитического риформинга используются горячекатаные и цельнотянутые трубы по ГОСТ 8732-78 и ГОСТ 550-75, ГОСТ 9940-81, ГОСТ 9941-81 из хромоникелевых сталей типа 08X18H10T для печей предварительной гидроочистки бензинов, хромомолибденовых сталей типа 15X5M, 15X5МУ, 1X2M1 для реакторных печей риформинга и из стали 20 для печей отпарки и стабилизации.

Материал для изготовления продуктовых змеевиков выбирается по жаропрочности в зависимости от температуры, на которую рассчитаны стенки трубы и от скорости коррозии металла, которую принято считать не более 0,2 мм/год. [3]

Материал для изготовления футеровки трубчатых печей. В печах старых конструкций, таких как, шатровых, многокамерных и многопоточных основным материалом для футеровки использовали шамотный нормальный кирпич или шамотный фасованный кирпич индивидуального изготовления. Футеровка вертикально-секционных, трехсекционных и прямых печей выполняется сборной и монолитно-сборной из легкого жаропрочного бетона.

В основе сборной футеровки лежат монтажные блоки размерами 1,5х2,0 м, которые изготавливаются на специальных заводах или на монтажной площадке строительства.

Каждый блок состоит из металлической рамки и сетки. В качестве заполнителя для изготовления блоков применяется легковесный бетон на основе вспученного перлита или керамзита в смеси с вермикулитом. Блоки из легковесного бетона монтируются на специальные кронштейны, предварительно приваренные к каркасам печей. Монолитный бетон с указанными выше заполнителями наносится на конструкции печи в опалубке.

Для исключения образования трещин при нагреве футеровки до схватывания бетона выполняются температурные швы глубиной 10-15 мм.

Примерные составы жаростойких бетонов на 1 м<sup>3</sup> (в кг) приведены ниже:

1. Вермикулито-керамзитовый бетон (легкий): цемент глиноземистый, гравий керамзитовый вермикулит.
2. Перлитовый бетон (легкий): цемент глиноземистый, песок перлитовый вспученный рядовой, щебень перлитовый вспученный.
3. Облегченный жаростойкий бетон: цемент, заполнитель шамотный мелкий, заполнитель шамотный крупный.
4. Тяжелый жаростойкий бетон: цемент высокоглиноземистый, заполнитель муллитовый мелкий, заполнитель муллитовый крупный.

#### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

- 1 Глаголева, О.Ф. Технология переработки нефти в 2-х частях. Часть первая. Учебник / О.Ф. Глаголева. – М. : Химия, КолосС, 2007 – 400 с.
- 2 Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. В 4 ч. Часть вторая. Деструктивные процессы. – М. :Химия, 2015. – 340с.
- 3 Щетинин, В. С. Технология химического машино и аппаратостроения: учеб. пособие / В. С. Щетинин, – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019 –102 с.

УДК 621.01

Карпенко Владимир Анатольевич, студент; Karpenko Vladimir Anatolievich  
Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент;  
Shchelkunov Evgenii Borisovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **РАЗРАБОТКА СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА ГЕКСАПОДА С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ В T-FLEX CAD**

### **DEVELOPMENT OF A HEXAPODE DRILLING AND MILLING MACHINE WITH THE POSSIBILITY OF RECONFIGURATION IN T-FLEX CAD**

Аннотация. В работе представлен процесс проектирования малогабаритного сверлильно-фрезерного станка на базе механизма параллельной структуры типа гексапод с возможностью реконфигурации в программе T-Flex CAD 17. Представлены 3D-модель станка и механизма параллельной структуры, являющегося основным элементом станка.

Abstract. The paper presents the process of designing a small-sized drilling and milling machine based on a hexapod parallel structure mechanism with the possibility of reconfiguration in the T-Flex CAD 17 program. A 3D model of the machine and the parallel structure mechanism, which is the main element of the machine, are presented.

Ключевые слова: гексапод, механизм параллельной структуры, реконфигурация, приводная штанга, линейный актуатор.

Keywords: hexapod, parallel structure mechanism, reconfiguration, drive rod, linear actuator.

В настоящее время в металлообрабатывающем производстве все большее распространение приобретают станки, где движения рабочего органа основаны на принципах параллельной кинематики – биподы, триподы, гексаподы. Основным элементом таких станков является механизм параллельной структуры (МПС).

Проектирование технологических машин на основе МПС является трудоемкой задачей, требующей сложных инженерных расчетов как на этапе конструирования, так и на этапе анализа работоспособности и прочности. Подобные задачи решаются с использованием современных САПР [1-5].

В работе представлен малогабаритного сверлильно-фрезерный станок на базе МПС типа гексапод с возможностью реконфигурирования для обработки заготовок с размерами до 150\*150\*100 мм.

Для проектирования был выбран отечественный программный продукт T-Flex CAD 17. По сравнению с большинством известных САПР, T-Flex CAD 17 обладает рядом преимуществ: сравнительно низкая стоимость; оснащенность сквозной параметризацией, упрощающей исследование; простота в освоении, благодаря интуитивно понятному интерфейсу с поддержкой русского языка и наличие справочной системы.

Процесс проектирования включал следующие этапы [6]:

- разработка структурной и компоновочной схем станка;
- создание 3D-моделей деталей и узлов станка;
- объединение 3D-моделей деталей и узлов в единую сборку станка;
- анализ жесткости элементов МПС в модуле «анализ»;
- создание рабочих чертежей станка.

Выбор комплектующих.

В качестве главного привода выбран мотор-шпиндель модели GDF80-24Z/2.2 (техническая характеристика представлена в таблице 1) [7].

В качестве приводной штанги переменной длины использован линейный актуатор модели DTL DC 12V (рисунок 2, а), объединяющий в себе телескопическую штангу, электродвигатель и силовую передачу поступательного движения [8].



Рисунок 2 – Актуатор модели DTL DC 12V (а) и его компьютерная 3D-модель (б)

Актуатор имеет следующие технические параметры:

- Тип: телескопический;
- Усилие: 900Н;
- Скорость: 10мм/сек;
- Длина штока: 300мм;
- Питание двигателя: 12В;
- Длина гильзы: 143.

На рисунке 2, б представлена 3D-модель приводной штанги.

Для обеспечения шарнирам основания возможности перемещения использованы линейные модули модели KK40 01 100 [9] с установленными на них серводвигателями AC Servo Motor 50W Model мощностью 50Вт [10].

Подвижность соединения приводных штанг с основанием и подвижной платформой обеспечивается сферическими шарнирами качения модели SRJ048C [11], обеспечивающими угловые перемещения до 30°.

В качестве системы управления станком выбрана платформа Arduino, включающая аппаратную и программную часть. Язык программирования Arduino.

На рисунке 5 представлена 3D-модель МПС. На основании 1 смонтированы линейные модули 3 модели KK40 01 100 с серводвигателями 2 модели AC Servo Motor 50W Model. Между каретками линейных модулей и подвижной платформой 5 установлены актуаторы модели DTL DC 12V, выполняющие роль приводных штанг. Подвижное соединение приводных штанг с подвижной платформой и каретками основания выполняют шарниры качения модели SRJ048C.

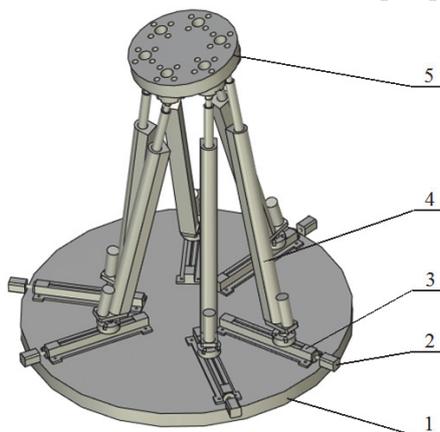


Рисунок 5 – 3D-модель механизма параллельной структуры с возможностью реконфигурирования

На рисунке 6 представлена 3D-модель станка в сборе. Верхняя плита 1, стойки 3 и нижняя плита 4 образуют жесткий каркас станка. Основание МПС закреплено на верхней плите. Стол 5 смонтирован на нижней плите.

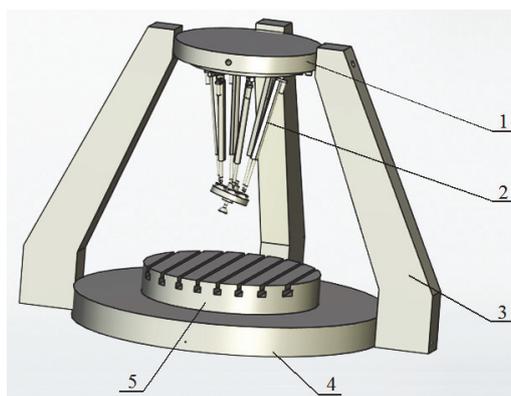


Рисунок 3 - 3D-модель станка на основе МПС с возможностью реконфигурирования

Техническая характеристика спроектированного станка представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика станка

| Характеристика                                                 | Численное значение                  |
|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Главный привод</b>                                          |                                     |
| Двигатель                                                      | GDF80-24Z/2.2                       |
| Тип двигателя                                                  | асинхронный с воздушным охлаждением |
| Номинальная мощность, кВт                                      | 2,2                                 |
| Крутящий момент, Н*м                                           | 0,58                                |
| Скорость вращения, мин <sup>-1</sup>                           | 24 000                              |
| Цанговый зажим                                                 | ER16                                |
| Вес, кг                                                        | 4,5                                 |
| <b>Доступные направления перемещения</b>                       |                                     |
| Диапазон перемещения X, Y, Z, мм                               | ± 80, ± 80, 13                      |
| Диапазон перемещения $\theta_x, \theta_y, \theta_z, ^\circ$    | ± 15, ± 15                          |
| Двигатель                                                      | DTL DC 12V                          |
| Максимальная скорость X, Y, Z, мм/с                            | 20                                  |
| Максимальная скорость $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ , мкрад/с | 200                                 |
| <b>Габариты</b>                                                |                                     |
| Длина, мм                                                      | 717                                 |
| Ширина                                                         | 623                                 |
| Высота                                                         | 500                                 |

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пронин А.И. Исследование и разработка конструкции сборочного узла кузова автомобиля с использованием CAD/CAE систем/А.И. Пронин, В.В. Мыльников, Д.А. Валько, О.Б. Кондрашкин// Вестник машиностроения. – 2020 № 11 – С. 15-20.

2 Валько Д.А. Экспресс-анализ прочности с использованием CAD/CAM/CAE системы/ Д.А. Валько, А.И. Пронин, В.В. Мыльников, О.Б. Кондрашкин// VII Международная конференция “Деформация и разрушение материалов и наноматериалов». Москва. 7-10 ноября 2017 г./ Сборник материалов. М.: ИМЕТ РАН, 2017, 951 с. С. 863-864.

3 Пронин А.И. Разработка и исследование конструкции детали с использованием CAD/CAE систем/ А.И. Пронин, В.В. Мыльников, Д.А. Валько, О.Б. Кондрашкин// Ремонт. Восстановление. Модернизация. - 2018 № 6 – С. 13-16.

4 Пронин А.И. Исследование и разработка конструкции детали кронштейн с использованием CAD/CAE систем/А.И. Пронин, Е.Б. Щелкунов, А.С. Султангареева, К.А. Латышев, А.А. Иваненко // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. - 2017 № I-1(29). - С. 27-32.

5 Султангарева А.С. Сквозное проектирование на базе 3D-моделирования/ А.С. Султангарева, А.И. Пронин// Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: Материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 г. / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2017. – 1292 с. С. 1041-1044.

6 Карпенко, В. А. 3D-моделирование механизмов параллельной структуры в t-Flex CAD / В. А. Карпенко, Е. Б. Щелкунов // Актуальные проблемы информационно-телекоммуникационных технологий и математического моделирования в современной науке и промышленности : Материалы I Международной научно-практической конференции молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 20–25 марта 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 69-72.

7 stankoff.ru : Официальный сайт компании Stankoff.RU. - «Металлообрабатывающее и деревообрабатывающее оборудование» - . – URL: <https://www.stankoff.ru/product/24918/shpindel-hqd-gdf80-24z22> (дата обращения 01.02.2022).

8 nandatapew.ru : Официальный сайт компании Nonda Taper - . - URL: <https://nandatapew.ru/aktuator-linejnyj-privod-dlina-150-mm-pitanie-12-volt-nagruzka-do-130-kg-skorost-7-mm-sek/> (дата обращения 01.02.2022).

9 hiwin.com.ru : Электронный каталог компании HIWIN. - «Линейные модули» - . - URL: [https://www.hiwin.com.ru/files/pdf/hiwin.com.ru/linear\\_modules/lm\\_web\\_kk\\_3-22.pdf](https://www.hiwin.com.ru/files/pdf/hiwin.com.ru/linear_modules/lm_web_kk_3-22.pdf) (дата обращения 01.02.2022).

10 hiwin.com.ru : Электронный каталог компании HIWIN. – «Сервопривод» - . - URL: [https://www.hiwin.com.ru/files/pdf/hiwin.com.ru/Rotary\\_Motors/rotary\\_motors\\_web.pdf](https://www.hiwin.com.ru/files/pdf/hiwin.com.ru/Rotary_Motors/rotary_motors_web.pdf) (дата обращения 01.02.2022).

11 hephaist.co.jp : Электронный каталог компании HEPHAIST. - «Сферические шарниры качения серии SRJ» - . - URL: <http://www.hephaist.co.jp/e/pro/ball.html> (дата обращения 01.02.2022).

УДК 681.5.015.24

Кокшин Павел Леонидович, магистрант; Kokshin Pavel Leonidovich  
Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ CAD-МОДЕЛЕЙ**

### **AUTOMATION OF GENERATING CAD MODELS**

Аннотация. Основная цель работы - перейти от ручного моделирования к автоматизированному процессу САПР. Вместо того, чтобы многократно создавать похожие модели или изменять параметры в одних и тех же моделях, инженеры должны иметь возможность создавать программу, которая автоматически создает новые модели САПР или генерирует дальнейшую модификацию той же модели. Автоматизация создания моделей не только экономит время, но также повышает качество входных файлов.

Abstract The main purpose of the work is to shift from manual modelling method to CAD automation process. Instead of repeatedly creating the similar models or changing the parameters in the same models, engineers should be able to create program so that it automatically creates the new CAD models or to generate the further modification of the same model. Automation of generating the models not only saves time, but also increases quality of input files.

Ключевые слова: автоматизация, модели САПР, CATIA, графический интерфейс пользователя (GUI) и Visual Basic.

Keywords: automation, CAD models, CATIA, Graphical User Interface (GUI) and Visual Basic.

Компьютерное проектирование (САПР) - это использование компьютерных систем для помощи в создании проекта, который предназначен для обеспечения понимания системы [1]. Системы моделирования САПР были разработаны для сокращения времени. Основная цель САПР - создание прототипов, представляющих конструкцию и работу некоторой интересующей системы, при этом инновационным образом удовлетворяя определенные требования пользователя. По мере того, как методы моделирования в САПР становятся все более и более совершенными, возникает необходи-



3. Большие файлы деталей легко обрабатываются.

4. В предлагаемом способе полностью исключена генерация ошибок ручным способом.

В работе предлагается метод автоматизации по сравнению с существующей процедурой для создания повторяющихся моделей САПР. Сделаны следующие выводы:

1. С помощью процесса автоматизации САПР можно спроектировать продукт без какого-либо взаимодействия с пользователем.

2. Автоматизация создания моделей САПР не только экономит время, но также повышает качество входных файлов и снижает вероятность человеческих ошибок.

3. Снижена стоимость дизайна. Также сделан вывод, что макро-метод прост в использовании и позволяет создавать простые модели САПР. Метод ручного программирования сравнительно сложен, но применим для всех САД-моделей гибридных кузовов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Siddesh S., Suresh B. S. Automation of Generating CAD Models // Journal of Mechanical Engineering and Automation 2015, 5(3B): 55-58 DOI: 10.5923/c.jmea.201502.11

2 Alekseev V.V., Vasiliev S.A. Application of fuzzy logic elements under the moisture supply evaluation in the plant-soil-air system // В сборнике: Fuzzy Technologies in the Industry - FTI 2018. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Сер. "CEUR Workshop Proceedings" 2018. С. 404-409.

3 Vasiliev S., Kirillov A., Afanasieva I. Method for controlling meliorative technologies on sloping cultivated lands using large scale profilometer // В сборнике: Engineering for Rural Development. Proceedings. 2018. С. 537-542.

4 Maksimov I.I., Vasilyev S.A., Vasilyev A.A. Mechanized application of ameliorants for preservation of soil moisture on cultivated lands // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012027.

5 Vasilyev A.A., Vasilyev S.A., Shkilev N.P. Mechanized spraying of liquid meliorants // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. conference proceedings. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 32026.

6 Alekseev V.V., Avrelkin V.A., Vasiliev S.A. Obtaining functional dependence of friction coefficient of soil on steel // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. С. 012137.

7 Чернухин Р.В., Долгушин А.А., Касимов Н.Г., Иванцовский В.В., Лобанов Д.В., Васильев С.А., Мартюшев Н.В. Обоснование расходных характеристик рекуператора для тепловой подготовки агрегатов машин и оборудования // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2020. Т. 22. № 4. С. 82-93.

8 Alekseev V.V., Philippov V.P., Vasiliev S.A., Petrov A.A. Use of volumetric soil crushing coefficient for evaluation of mechanical action // В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. С. 032043.

9 Федорова А.А., Васильев М.А., Васильев С.А. Математическая модель траектории замера участков поверхности почвы круговым сканированием лазерным профилографом // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2020. № 2 (54). С. 65-77.

10 Васильев С.А., Алексеев В.В., Васильев М.А., Федорова А.А. Разработка и исследование профилографа для измерения отклонений формы поверхности изделий методом лазерного спиралевидного сканирования // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). 2020. Т. 22. № 4. С. 71-81.

11 Vasilyev S.A., Fedorova A.A., Vasiliev M.A. Study of profilograph features for determining the geometric characteristics of products by laser scanning // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russia, 2020. С. 32021.

**АДДИТИВНАЯ НАПЛАВКА****ADDITIVE SURFACE**

Аннотация. Целью работы является определение параметров аддитивной технологии на основе автоматической дуговой наплавки и их влияния на структуру и свойства металла изделия.

Abstract. The aim of the work is to determine the parameters of additive technology based on automatic arc welding and their influence on the structure and properties of the product metal.

Ключевые слова: аддитивная технология, дуговая наплавка, структура и свойства, колебательные перемещения, сварочное производство.

Keywords: additive technology, arc surfacing, structure and properties, oscillatory movements, welding production.

Использование аддитивных технологий – один из ярчайших примеров того, как новые разработки и оборудование могут существенно улучшать традиционное производство [1-3]. Такие технологии производства позволяют изготавливать любое изделие послойно на основе компьютерной 3D-модели [4-6].

**Методология исследований**

Для наплавки валиков в качестве исполнительного механизма используется сварочная горелка, установленная на 3D позиционер. Источником питания при наплавке служил сварочный инвертор MIG 3500 (J93) с горелкой MS 36. Закрепление горелки к позиционеру осуществляется через специально разработанный кронштейн, удерживающий горелку перпендикулярно к оси шва.

Для наплавки использовалась омедненная стальная проволока сплошного сечения марки Св-08ГА-О диаметром 1,2 мм. Наплавка производилась на стальную подкладку толщиной 10 мм в нижнем положении. Наплавляли три прямоугольных фигуры в три слоя. Наплавка всех фигур осуществлялось безостановочно на одинаковых режимах:  $I_{св} = 215-250$  А;  $U_d = 23$  В;  $V_n = 1500$  мм/мин.

Отличительной особенностью формирования валиков является техника их наплавки (колебательные движения в поперечной плоскости наплавляемого валика), показанная на рисунке 1. В ходе наплавки каждого валика предусматривался автоматический подъем сварочной горелки на величину наплавленного валика при переходе на следующий.

Траектория перемещения горелки и управляющую программу состоящую из G-кодов генерировали в специальном приложении. Приложение позволяет выполнять наплавку с любой траекторией перемещения сварочной горелки.

На рисунке 1 приведен внешний вид наплавленных фигур в очередности их выполнения (обозначена цифрами 1, 2, 3).

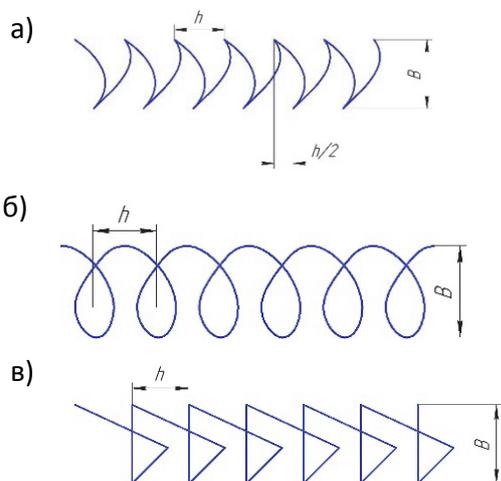


Рисунок 1 – Траектория колебательных движений при наплавке фигур и внешний вид наплавленных фигур

а - фигура 1; б - фигура 2; в - фигура 3

Для заливки образцов поперечных сечений наплавленных фигур использовали эпоксидную смолу, заливая образцы специальные обоймы диаметром 40 мм. После полировки образцы подвергались травлению до проявления структуры наплавленных валиков. Травление проводили в 5% спиртовом растворе азотной кислоты в течении двух секунд с последующей промывкой в воде и обезвоживанием в спирте.

Исследования микроструктуры велись на металлографическом микроскопе Nikon MA200, а для обработки полученных снимков применили программу Kolor Autopano Giga.

#### Результаты исследования

Исследованиями микроструктуры поперечных сечений наплавленных фигур установлено, что по всему сечению образцов микроструктура материала различна: верхний валик имеет большую величину зерен структуры, по сравнению с предыдущими слоями наплавки, что ведет к упрочнению и повышению хрупкости образцов от нижнего слоя к верхнему. Таким образом, прочность по сечению детали будет различна, что можно отнести к недостаткам способа изготовления образцов.

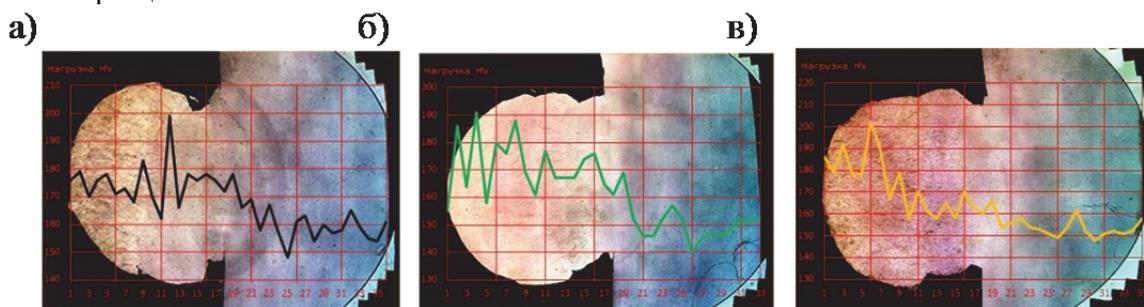


Рисунок 2 – Распределение микротвердости в поперечном сечении фигур: а - 1, б - 2, в – 3

В результате измерения микротвердости в поперечном сечении образцов построены графики (рисунок 2) с возможностью визуализации зон изменения значений. Согласно полученным графикам выявлено, что распределение микротвердости по сечению увеличивается от нижних слоев к верхним, что можно объяснить изменением времени термического воздействия на разные слои наплавки. При изготовлении заготовок следует учитывать увеличение зон термического влияния в зависимости от техники наплавки и заметное изменение структуры металла по сечению детали, а также усложнение механической обработки конечной детали.

Эффективность техники наплавки оценивали по величине отходов, образованных при формировании равномерной стенки. Оценку проводили теоретически, обрабатывая в программе КОМПАС поперечные сечения наплавленных фигур, отсекая от максимально возможной прямоугольной стенки криволинейные участки валика.

Наибольшей площадью наплавки обладает образец, полученный по второй технике. Несмотря на довольно большой объем отходов он имеет максимальную площадь годного сечения, характеризующуюся большей толщиной и высотой стенки.

В целом, при равных параметрах режима сварки, техника формирования валика безусловно влияет на объем наплавленного металла. Как видно, форма колебательных движений изменяет общую скорость сварки, влияет на размытость границ формируемого валика.

Чем больше объем наплавленного металла, тем больше процент отхода, то есть тем больше металла нужно подвергнуть механической обработке при формировании прямолинейных стенок.

Для опробирования полученных результатов на более масштабном образце, проведена наплавка сплошной прямоугольной стенки в пятьдесят слоев, на стальную подкладку (Ст3) толщиной 10 мм в нижнем положении. Наплавка стенки осуществлялась безостановочно на режимах:  $I_{св} = 95 - 110 \text{ А}$   $U_{д} = 20 \text{ В}$ ;  $V_{н} = 1000 \text{ мм/мин}$ ; шаг наплавки 2 мм; вылет электрода 15...20 мм;  $V_{пп} = 1,5 - 2 \text{ м/мин}$ ;  $Q_{г} = 7 \text{ л/мин}$ .

Результат наплавки данным способом представлен на рисунке 3.

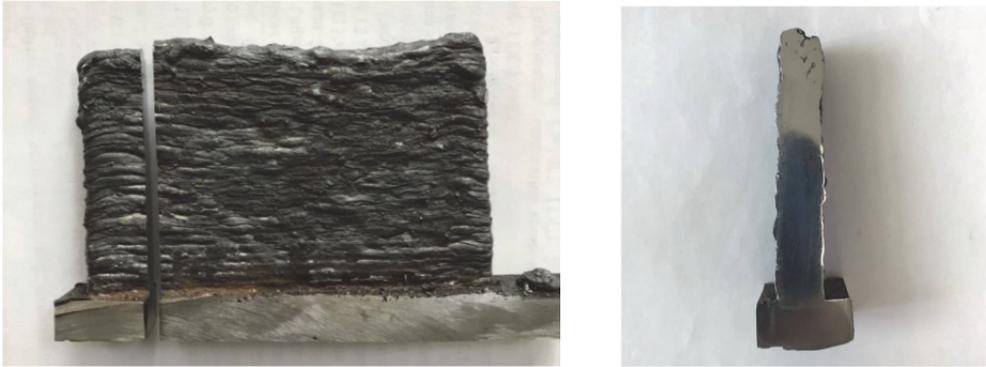


Рисунок 3 – Полученный образец и поперечное сечение образца

Распределение микротвердости по сечению увеличивается от нижних слоев к верхним, что можно объяснить изменением времени термического воздействия на разные слои наплавки.

Благодаря использованию мобильного измерительного манипулятора Nikon MСAх и лазерного сканера получена цифровая модель наплавленного образца, (рисунок 4), и его поперечных сечений.

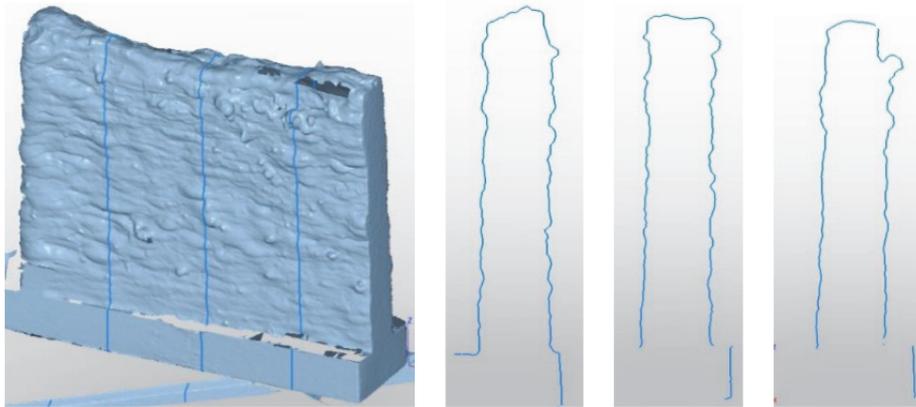


Рисунок 4 – Модель наплавленного образца и поперечных сечений

Согласно ГОСТ 2789-71, образец имеет 1 класс чистоты (самый грубый).

Установлено, что по всему сечению образцов микроструктура материала различна: преобладает ферритно-перлитная смесь с повышением размера зерен от нижних к верхним слоям заготовки, на верхних и боковых поверхностях присутствует бейнит из-за более быстрого охлаждения (переохлаждение редуктора подачи газа), что ведет к упрочнению и повышению хрупкости образцов от нижнего слоя к верхнему.

Выводы:

1. В работе исследован способ выращивания заготовок по средствам послойной наплавки. Рассмотрена техника выполнения послойной наплавки. 2. Исследование показало, что траектория колебательных движений при наплавке напрямую влияет на время термического воздействия на предыдущий слой наплавки и, соответственно, на изменение структуры металла.

3. Установлено, что по всему сечению образцов микроструктура материала различна: верхний слой валика имеет большую величину зерен структуры, по сравнению с предыдущими слоями наплавки, что ведет к упрочнению и повышению хрупкости образцов от нижнего слоя к верхнему.

4. Установлено, что при изготовлении заготовок данным методом следует учитывать увеличение зон термического влияния в зависимости от способа наплавки и заметное изменение структуры металла по сечению детали, а также усложнение механической обработки конечной детали.

Научно-исследовательские работы выполнены за счёт средств ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», выделяемых на научный проект «Разработка алгоритма и исследование процесса программируемого управления формированием сварочно-наплавочного валика (в том числе и в применении аддитивных технологий) на установке автоматической сварки в защитных газах».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Sviridov, A.V., Odinkov, V.I., Dmitriev, E.A., Evstigneev, A.I., Bashkov, O.V. (2017). Numerical simulation of stress-strain state of electrophoretic shell molds. *Journal of Physics: Conf. Series*, 894, 012125. DOI:10.1088/1742-6596/894/1/012125.

2 Zhu, S.E, Li, C., Shen, C-D., Liu, J (2010). Microstructure and micro mechanical property of part formed by GMAW surfacing rapid prototyping. *Key Engineering Materials*, 419-420, p. 853-856.

3 Huang, J., Shi, Y., Lu, L., Fan, D., Zhang, Y. (2010). High-speed welding based on consumable DE-GMAW, 2 International Conference on Mechanic Automation and Control Engineering, MACE2010, pp. 5335-5338

4 Jamieson, R., Hacker, H. (1995). Direct slicing of CAD models for rapid prototyping. *Rapid Prototyping Journal*, 1(2), p. 4-12. DOI: 10.1108/13552549510086826

5 Xiaomao, H., Chunsheng, Y., Yongjun, H. (2011). Tool path planning based on endpoint build-in optimization in rapid prototyping. *Journal of Mechanical Engineering Science*, 225 (12), p. 2919-2926. DOI: 10.1177/0954406211411643

6 Kulkarni, P., Marsan, A., Dutta, D. (2000). Review of process planning techniques in layered manufacturing. *Rapid Prototyping Journal*, 6 (1), pp. 18-35. DOI: 10.1108/13552540010309859.

УДК 621.7.04

Кононенко Руслан Станиславович, студент; Kononenko Ruslan Stanislavovich

Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук; Shchelkunov Evgeniy Borisovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВИТЫХ ТРУБ

### METHOD OF MANUFACTURE OF TWISTED PIPES

Аннотация. В работе приводится область применения и способы изготовления винтообразно закрученных труб, применяемых в конструкциях теплообменников.

Abstract. The paper describes the scope and methods of manufacturing helical-shaped pipes used in the design of heat exchangers.

Ключевые слова: витые трубы, обработка давлением, радиальная ковка.

Keywords: twisted pipes, pressure treatment, radial forging.

В настоящее время в мире большое внимание уделяется ресурсо- и энергосбережению [1-4]. Одним из важнейших видов технологического оборудования, применяемого в различных видах промышленности, являются теплообменные аппараты. В современном теплообменном оборудовании, активно применяются винтообразно закрученные трубы (рисунок 1). В кожухотрубчатых теплообменниках используется трубный пучок из винтообразно закрученных труб с овальным профилем (рисунок 2), с целью уменьшения габаритов аппарата, повышения турбулентности и повышения интенсивности теплообмена. [5]

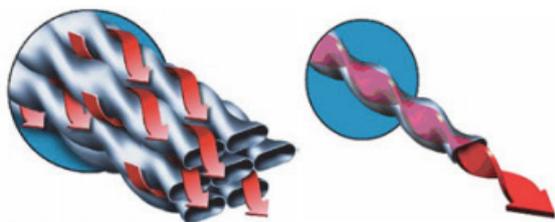


Рисунок 1 – Витые трубы, схема закрутки потоков

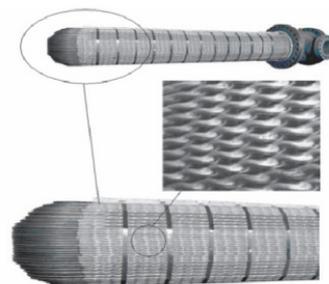


Рисунок 2 – Трубный пучок с винтообразно закрученными трубами

Способом изготовления витых труб является обработка металлов давлением. Известен метод радиальной ковки витых профилей с ребрами круглого и квадратного сечений [6]. Недостаток указанного метода заключается в получении только четырехзаходных винтовых фигур сплошного профиля. Ограниченные технологические возможности.

По результатам патентного поиска способов изготовления труб сложной формы можно сделать вывод об актуальности проблемы и необходимости оптимизации технологии изготовления винтовых фигур.

Одним из прогрессивных методов, является усовершенствованный способ радиальной ковкой.

При ковке используют два манипулятора, которые располагают по обе стороны от ковочного блока. При установке трубы на ось ковки один ее конец направляют в сторону ковочного блока, а второй - в сторону одного из манипуляторов. Затем посредством этого манипулятора трубу перемещают между бойками в направлении к другому манипулятору, посредством которого затем осуществляют подачу трубы «из бойков» и вращение. В результате обеспечивается повышение производительностиковки и расширение технологических возможностей при изготовлении витых труб. [7]

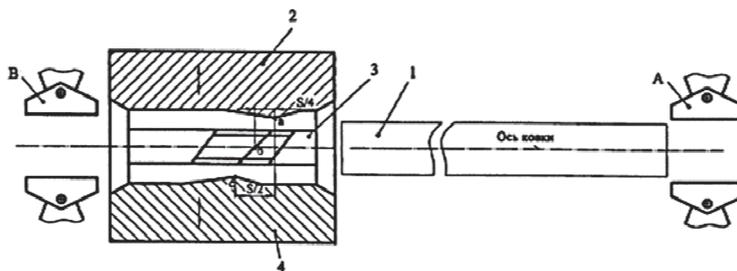


Рисунок 3 – Ковочный блок, вид сбоку

На рисунке 3 показан вид сбоку на ковочный блок, имеющий четыре одновременно деформирующих бойка с заданным для формирования витой трубы профилем, и манипуляторы после установки круглой трубы на ось ковки. На рисунке 4 изображен ковочный блок во время подачи трубы.

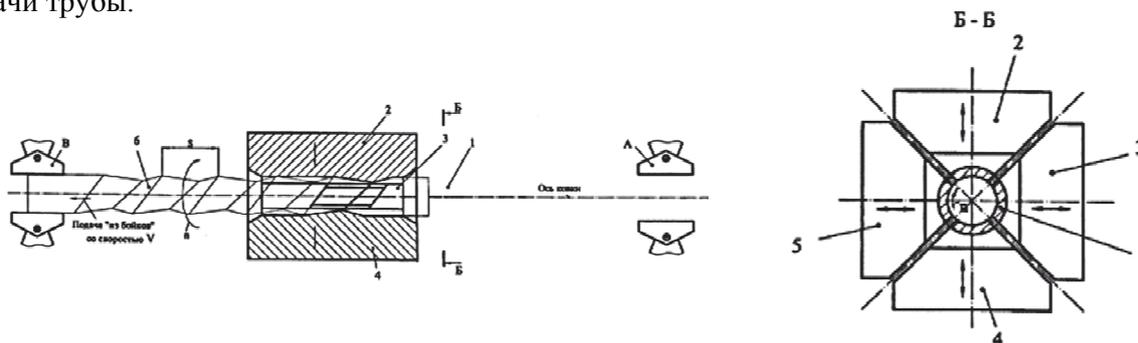


Рисунок 4 – Ковочный блок во время подачи трубы

#### Заключение

В работе приводится область применения и способы изготовления винтообразно закрученных труб, применяемых в конструкциях теплообменников.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мальков, М. Н. Использование альтернативных источников энергии в университете / М. Н. Мальков, С. И. Сухоруков // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08–12 апреля 2019 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2019. – С. 352-355.

2 Исследование способов снижения энергетических затрат роботизированных производственных процессов / А. Ю. Ефимов, М. А. Горькавый, Д. А. Киба, А. С. Гудим // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : Материалы международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 05–06 сентября 2018 года / Ответственный редактор С.И. Сухоруков. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – С. 80-82.

3 Пхьо, В. А. Бережливое производство при изготовлении деталей из труб / В. А. Пхьо, М. А. Тимошинин, С. Б. Марьян // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : Материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях, Комсомольск-на-Амуре, 09–20 апреля 2018 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2018. – С. 488-490.

4 Костиков, С. А. Управление мощностью активного источника теплоснабжения в системах с использованием солнечной энергии в качестве дополнительного источника тепла / С. А. Костиков, М. С. Гринкруг // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч., Комсомольск-на-Амуре, 06–10 апреля 2020 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2020. – С. 39-42.

5 Кононенко Р.С., Сариллов М.Ю. Повышение эффективности работы кожухотрубчатых теплообменных аппаратов / Р.С. Кононенко, М.Ю. Сариллов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы IV Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 г. : в 4 частях часть 1 – Комсомольск-на-Амуре.: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – 68-69с.

6 Тютин В.А. Ковка на радиально-обжимных машинах / В.А. Тюрин, В.А. Лазоркин, И.А. Поспелов [и др.]. - М.: Машиностроение, 1990, с. 182-184.

7 Пат. 2542865 Российская федерация, МПК В21К 21/08 (2006.01) В21J 5/12 (2006.01) Способ изготовления витых труб / С.И. Закарлюкин, Г.И. Коваль: заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное предприятие "МЕТЧИВ". – № 2015157025; заявл. 29.12.2015; опубл. 31.10.2017, Бюл. № 31 – 14 с. : ил.

УДК 621.9:519.8

Кравченко Александр Сергеевич, аспирант; Kravchenko Alexandr Sergeevich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент; Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **УСТАНОВКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

### **DEVICE FOR AUTOMATIC WELDING OF BODIES OF EVOLUTION WITH PROGRAM CONTROL**

Аннотация. В процессе работы спроектирована и изготовлена установка автоматической дуговой TIG сварки тел вращения с программным управлением траекторией сварочной горелки, подачей сварочной проволоки (в том числе и импульсной), режимами сварки. Разработана программа-приложение, генерирующая управляющие G-коды в зависимости от выбранной траектории движения сварочной горелки и дающая возможность дозированного введения тепловой энергии практически в каждой точке траектории. Начаты исследования влияния осцилляции на формообразование валиков при сварке. Получено удовлетворяющее требованиям нормативной документации (ГОСТ 16037-79) многопроходное сварное соединение трубы из нержавеющей стали толщиной 4 мм при TIG сварке с импульсной подачей проволоки и импульсным режимом сварки.

Abstract. In the course of work, a TIG arc welding unit was discovered and manufactured. An application program has been developed that generates control G-codes depending on the selected trajectory of the welding torch and makes it possible to dose the action in almost every frequency of the trajectory. Studies of the oscillation of the formation of beads during welding have begun. Obtaining compliance with the requirements of regulatory documentation (GOST 16037-79) multi-pass welded joint of pipes made of steel 4 mm thick in TIG welding with pulsed wire feed and pulsed welding mode.

Ключевые слова: автоматическая сварка, сварочная установка, осцилляция.

Keywords: automatic welding, welding machine, oscillation.

Результаты статистики дефектов стальных сварных нержавеющих трубопроводов авиационного назначения, полученных ручной сварки, показывают, что существенный объем деталей (около 30%) требует доработки и исправления дефектов. Необходимость данных технологиче-

ских операций существенно увеличивает затраты на производство, сроки изготовления готовых деталей, требует организации дополнительных производственных мест; все это увеличивает общие затраты на производство. [1]

Часто технологи задают параметры сварки с широкими допусками (по току, скорости и т.д.), что приводит к значительному отличию сварных швов у разных сварщиков. Так же в технологических картах не указываются траектории движения и углы наклона сварочной горелки, скорость ее перемещения в разных местах шва (ближе или дальше от центра шва). Все эти параметры сварщик выбирает самостоятельно на основе опыта, что приводит к разным результатам сварки у разных сварщиков. [2]

На сегодняшний день в России отсутствует единый подход к выбору техники выполнения конкретного сварного соединения в виде одобренных технологических рекомендаций, производственных инструкций и государственных стандартов. Выбор метода манипуляции горелкой – вопрос профессионализма сварщика. [3]

Поэтому автоматизация процесса сварки и исключение человеческого фактора – один из путей повышения качества сварных соединений.

Цель данной работы - разработка автоматизированной установки TIG сварки, обладающей комплексом интеллектуального управления параметрами формообразования неразъемного соединения. Для достижения цели были выполнены следующие задачи: - разработаны элементы компоновочной схемы устройства, включающего: сварочный вращатель, механизмы перемещения сварочной горелки, источник питания и механизм подачи сварочной проволоки;

- разработаны принципиальные и электрические схемы управления механизмами и режимами сварки;
- создана управляющая программа-приложение;
- отработан режим сварки на конкретном образце.

Разработанная установка (рис. 1) включает следующие элементы: модернизированный сварочный вращатель M211080, механизм подачи сварочной проволоки, сварочную горелку Kemppi TTS 220 4M, источник питания сварки Kemppi MinarcTig Evo 200, шкаф управления, тележку для размещения сварочного оборудования. Управление осцилляцией осуществляется через программу MACH3 посредством G-кодов, генерирующихся разработанным приложением. Вращение свариваемой заготовки выполняется шаговым электродвигателем 1 через штатный редуктор. Поперечные перемещения сварочного сопла выполняются линейным электроприводом 2. Вертикальные перемещения сварочной горелки выполняются с помощью линейного электропривода 3. Сварочная горелка 4 закрепляется на кронштейне 5. На этом же кронштейне крепится направляющий канал подачи сварочной проволоки 6.

Данная установка позволяет сваривать трубные заготовки в автоматическом режиме по заранее составленной программе с неограниченным количеством проходов и неограниченным количеством траекторий. Параметры устройства: - дискретность перемещения сварочного сопла поперёк трубы –  $0,01^\circ$ , что при диаметре трубы 60 мм соответствует расстоянию 0,005 мм; - дискретность перемещения сварочного сопла вдоль трубы – 0,003 мм; - дискретность перемещения сварочного сопла по вертикали – 0,05 мм; - скорость перемещения по оси X – (0...1,6) об/мин, что при диаметре трубы 60 мм соответствует (0...300) мм/мин; - скорость перемещения по оси Y – (0...3000) мм/мин; - скорость перемещения по оси Z – (0...3000) мм/мин; - диапазон регулирования сварочного тока – (30...200) А.

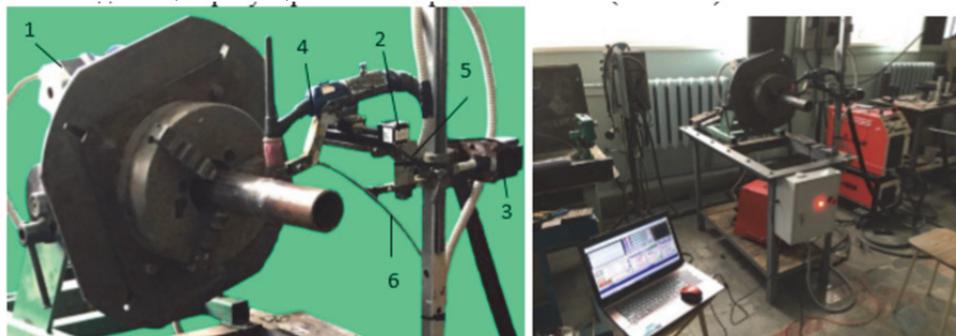


Рисунок 1 – Внешний вид установки автоматической сварки тел вращения

Механизм подачи сварочной проволоки (рис. 2) размещен в металлическом корпусе и имеет следующие блоки и элементы: блок питания (а); катушка с проволокой (б); электродвигатель постоянного тока (в); привод (г); управляющая схема (д) Устройство снабжено (рис. 3) жидкокристаллическим экраном (1), кнопкой выбора параметров настройки (2), клавишей запуска программы «Режим работа» (3), кнопкой запуска режима наладки (4), индикаторной лампочкой (5).



Рисунок 2 – Механизм подачи сварочной проволоки

Для управления подачей сварочной проволоки была разработана система, которая позволяет автономно регулировать скорость и направление вращения электродвигателя системы подачи проволоки, а также изменять алгоритм его работы по программе. Полученная система позволяет подавать сварочную проволоку как в непрерывном режиме, так и в импульсах, как в одном направлении, так и с реверсом.

В сварочном вращателе M211080 был заменён штатный электродвигатель постоянного тока на шаговый электродвигатель. Штатный блок управления не использовался.

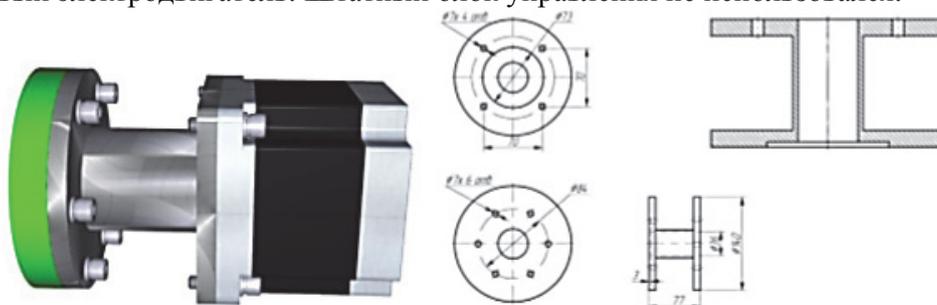


Рисунок 3 – Шаговый электродвигатель с переходником

Для управления источником сварочного тока была разработана плата управления (рис.5). Эта плата подключается в разъём управления от штатной горелки и выдаёт сигналы управления: включение сварочного тока; отключение тока; включение / отключение режима Minilog; установка величины сварочного тока. Плата управления сварочным источником тока получает сигналы управления от главной платы управления NVUM через широтноимпульсный и релейные интерфейсы.

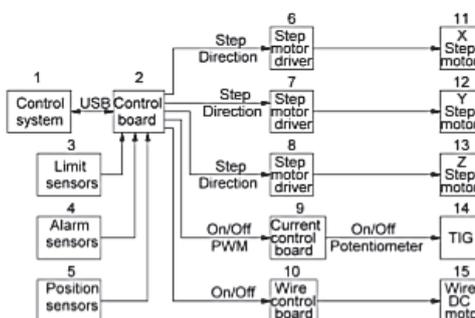


Рисунок 4 – Внешний вид шкафа управления (а) и функциональная схема блока управления (б) установкой автоматической сварки

Для управления траекторией перемещения сварочного сопла написана программа (рис. 5), которая генерирует стандартный G-код (ISO 69831:2009). Управляющая программа позволяет перемещать сварочное сопло по любой траектории, рекомендованной для ручной сварки (рис. 4). При этом для каждой траектории гибко настраивается значительная часть параметров (ширина шва, шаг шва, радиусы закруглений и т.д.). Полученное при апробации установки сварное соеди-

нение, подвергли следующим видам исследований и испытаний: визуально-измерительный контроль, испытания на статическое растяжение, испытания на ударный изгиб, исследование микроструктуры поперечного сечения шва, измерение микротвердости, фрактография изломов образцов после растяжения. Образец сварного соединения в полной мере удовлетворяет ГОСТ 16037-80 по размерам, СТ ЦКБА 025-2006 и ГОСТ 32569-2013 по механическим свойствам и микроструктуре.

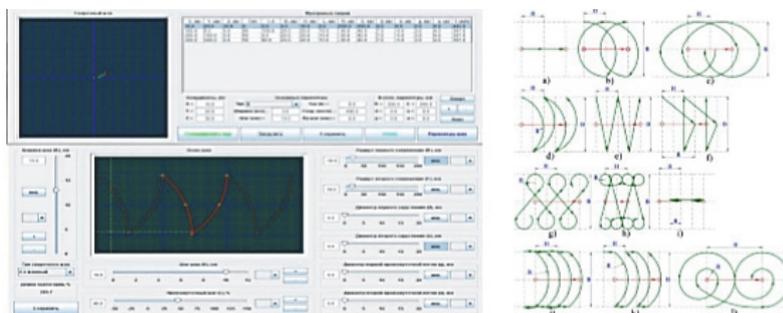


Рисунок 5 – Интерфейс разрабатываемого приложения и схемы движения сварочного сопла под управлением G-кодов

Проведенная апробация работы установки показывает ее готовность к выполнению полномасштабных исследований по осцилляции как перемещением сварочной горелкой, проволокой так и энергетическими параметрами сварки.

Работы выполнены за счёт средств ФГБОУ ВО «КнАГУ» по проекту НИРН№ВН001/2020 от 01.06.2021 «Разработка алгоритма и исследование процесса программируемого управления формированием сварочного/наплавочного валика (в том числе и в применении аддитивных технологий) на установке автоматической сварки в защитных газах».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Кравченко А.С., Бахматов П.В., Мазур С.П., Пицык В.С. Влияние режима сварки авиационных трубопроводов из нержавеющей стали на возникновение дефектов сварных швов // Ученые записки КнАГТУ. 2017. № IV-1 (32). С. 78-87.
- 2 Фролов А.В. Установка автоматической сварки элементов судовых трубопроводов // Морские интеллектуальные технологии. 2021. Т. 2. № 2. С. 91-96.
- 3 Бахматов П.В., Фролов А.В., Кравченко А.С.. Исследование влияния техники манипулирования рабочим торцом электрода при TIG сварке на качество формирования шва // Ученые записки КнАГТУ. 2021. № III-I (51). С. 90-94

УДК 66.07:66.08

Курильченко Максим Сергеевич, студент; Kurilchenko Maxim Sergeevich  
Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент; Sarilov Mikhail Yuryevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

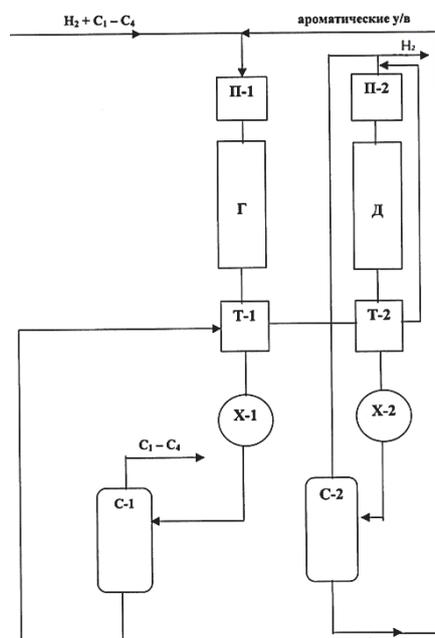
#### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В ТОПЛИВНОМ ГАЗЕ

#### IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE HYDROTREATING PLANT BY REDUCING THE CONCENTRATION OF HYDROGEN IN THE FUEL GAS

Аннотация. Данная статья посвящена рассмотрению способа выделения водорода из углеводородного газа, направляемого в печь установки гидроочистки. Изучена возможность внедрения дополнительного блока выделения водорода в состав установки гидроочистки с целью выделения водорода для последующего использования в заводских нуждах.

Abstract. This article is devoted to the consideration of the method of hydrogen extraction from hydrocarbon gas sent to the furnace of the hydrotreating plant. The possibility of introducing an additional hydrogen extraction unit into the hydrotreating unit in order to extract hydrogen for subsequent use in factory needs has been studied.





П-1, П-2 – нагреватель; Г – реактор гидрирования; Д – реактор дегидрирования;  
Т-1, Т-2 – теплообменник; Х-1, Х-2 – холодильник; С-1, С-2 – сепаратор

Рисунок 2 – Схема блока выделения водорода установки гидроочистки

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Рябов, В. Д. Химия нефти и газа : учеб. пособие / В.Д. Рябов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. - 335 с. // Znanium.com : электронно-библиотечная система. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/940691> (дата обращения: 12.02.2022). – Режим доступа: по подписке.

2 Карманный справочник нефтепереработчика. / Под редакцией М.Г. Рудина. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. – 336 с.

УДК 621.01

Лыгин Евгений Владимирович, магистрант; Lygin Evgeny Vladimirovich

Пронин Александр Иннокентьевич, канд. техн. наук, доцент; Pronin Alexander Innokentyevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО

### ADDITIVE TECHNOLOGIES: PROBLEMS OF INTRODUCTION INTO PRODUCTION

Аннотация. Аддитивные технологии - одни из самых передовых и востребованных во всем мире. Однако существуют проблемы, которые сдерживают широкое внедрение этих технологий в современное машиностроительное производство. В данной статье рассмотрены эти проблемы.

Abstract. Additive technologies are among the most advanced and in demand all over the world. However, there are problems that hinder the widespread introduction of these technologies into modern machine-building production. This article discusses these problems.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-печать, деталь, проблема экономическая, сертификация, CAD-моделирование, программы обучения, исследования.

Keywords: additive technologies, 3D printing, detail, the problem is economic, certification, CAD modeling, training programs, researches.

Технологический процесс не стоит на месте, и поэтому с каждым днем происходит совершенствование производственных технологий, что позволяет использовать новейшие разработки в различных сферах жизни человека. Аддитивные технологии являются одними из самых востребованных и передовых направлений не только в России, но и во всем мире. [1, 2]

Современное состояние 3D-печати еще далеко от этих идеалов и пока не позволяет эффективно внедрять эту технологию в производственные процессы. В то же время исторический опыт всегда подтверждает: если над перспективной идеей работает много людей, для ее реализации требуются время и усилия.

Чтобы довести технологию 3D-печати до массового производства, необходимо решить несколько проблем. Первая проблема - экономическая. Стоимость изготовления детали с использованием метода послойного наплавления выше из-за более низкой скорости печати, что делает этот производственный процесс непригодным для массового производства. Например, металлическая деталь весом один килограмм изготавливается с помощью метода селективно-лазерного наплавления за один день. В дополнение к низкой производительности 3D-принтеров промышленные образцы также имеют более высокую стоимость оборудования, а также более высокие затраты на материалы для печати, что значительно увеличивает стоимость изготовления деталей. [3]

Другой вопрос - сертификация. При изготовлении деталей необходимо подтверждать соответствие качества изделий заданным требованиям, особенно при использовании в ответственных конструкциях.

Главная сложность при сертификации - необходимость проведения большого количества специальных тестов. Кроме того, новые технологии требуют разработки и утверждения исследовательских программ и методов. В результате этот процесс занимает много времени и становится очень дорогим.

Также существуют проблемы с современными программами моделирования САПР, так как они не в полной мере реализуют возможности аддитивных технологий, отсутствуют единые стандарты качества и надежности напечатанных изделий, безопасности сырья, требования к технологическим процессам и оборудованию, из-за чего в промышленности недостаточно практического опыта применения аддитивных технологий и программ обучения работе на инновационных устройствах. [4]

Также свойства печатных деталей в зависимости от технического процесса, в котором они используются, в настоящее время недостаточно изучены. Дело в том, что в аддитивной печати используются разные технологии, инструменты и материалы, и разработанных стандартов пока недостаточно. Изменение всего одного или двух параметров во время производства может привести к деформации, растрескиванию или крошению прочного изделия во время эксплуатации. [5]

Для решения этих проблем необходимо проводить больше исследований и испытаний, создать системы национальных стандартов процессов, материалов и технологий, а также рассмотреть возможность создания гибридных технологий, сочетающих процессы аддитивного выращивания деталей и различных видов механической и упрочняющей обработки.

Российские проблемы внедрения аддитивных технологий хорошо известны. Это неблагоприятные условия для экономического развития (отсутствие инвестиций, дорогостоящие кредиты, продолжающаяся утечка высококвалифицированных технических и научных кадров, продолжающаяся изоляция российских предприятий от мировой промышленности), преобладающая ориентация внутреннего бизнеса на импорт готовых решений, задержка в развитии машиностроительной отрасли, ориентированной на высокотехнологичный сектор, такой как станкостроение, авиастроение, машиностроение, электроника, производство средств для автоматизации. По статистическим данным, затраты на закупку импортного оборудования составляют более половины всех расходов на технологические инновации.

Чтобы решить проблемы внедрения аддитивного производства в России, необходимо не только устранить зависимость от импорта промышленных 3D-принтеров, но и создать предпосылки для использования собственного производства. Для достижения желаемого результата необходимо решить ряд других взаимосвязанных задач: освоение промышленного производства металлических порошковых композиций, формирование инфраструктуры для производства добавок, разработка системы национальных стандартов для всего спектра аддитивного производства (металлические порошковые композиции и синтезированные материалы, модели рабочего оборудования, методов контроля и испытаний и оборудования и т. д.). Также необходимо провести практическую подготовку специалистов в области аддитивного производства, без которой решение существующих проблем будет крайне затруднительно.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Лыгин, Е. В. Аддитивные технологии, анализ проблем связанных с их внедрением в производство для изготовления деталей машиностроения в России / Е. В. Лыгин, А. И. Пронин // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 97-100.

2 Мойсеев, С. С. Получение заготовок с использованием аддитивных технологий. Дуговая наплавка / С. С. Мойсеев, М. М. Хабибов, П. В. Бахматов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 112-115. – DOI 10.17084/978-5-7765-1474-6-2021-112.

3 Смирнов, В.В. Перспективы развития аддитивного производства в российской промышленности / В.В. Смирнов, В.В. Барзали, П.В. Ладнов // Опыт ФГБОУ УГАТУ. Новости материаловедения. Наука и техника. – 2015. – №2 (14). – С. 23-27.

4 Сироткин, О. С. Современное состояние и перспективы развития аддитивных технологий / О. С. Сироткин // Авиационная промышленность. – 2015 – № 2 – С. 22-25.

5 Валетов, В. А. Аддитивные технологии (состояние и перспективы): учебное пособие / В. А. Валетов. – СПб.: Университет ИТМО, 2015 – 63 с.

УДК 621.079.01

Маликов Иван Олегович, магистрант; Malikov Ivan Olegovich

Ведер Богдан Русович, инженер НИО104; Veder Bogdan Rusovich

Дуров Дмитрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент; Durov Dmitry Sergeevich

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)

## **О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОТДЕЛОЧНО-УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ**

### **ABOUT THE POSSIBILITIES OF USING SURFACE FINISHING AND HARDENING TREATMENT TO INCREASE THE FATIGUE STRENGTH OF THE WELDED JOINT**

Аннотация. В работе рассмотрено влияние дефектов, возникающих на границе сплавления на надежность сварных соединений. Предложено применение поверхностной отделочно-упрочняющей обработки для создания сжимающих напряжений в зоне перехода наплавленного металла в основной с целью повышения усталостной прочности сварного соединения.

Abstract. The paper considers the influence of defects occurring at the fusion boundary on the reliability of welded joints. A surface finishing and hardening treatment is proposed to create compressive stresses in the transition zone of the deposited metal into the base metal in order to increase the fatigue strength of the welded joint.

Ключевые слова: сварное соединение, усталостная прочность, дефекты, поверхностная отделочно-упрочняющая обработка.

Keywords: welded joint, fatigue strength, defects, surface finishing and hardening treatment.

По линии сплавления на участках сварного шва могут возникать продольные и поперечные трещины, начинающиеся обычно от пор и окисных включений [1, 2]. Такие дефекты располагаются в основном на границах сплавления подварочных валиков с металлом основного шва, а многократные подварки швов повышают остаточные напряжения, снижают механические свойства и эксплуатационную надежность конструкции, особенно при воздействии переменных нагрузок. Сварные соединения с мягким (менее прочным) швом чувствительны к дефектам, особенно с увеличением степени их механической неоднородности. Смещение плоскостного дефекта из центральной части шва к границе сплавления твердого и мягкого металлов приводит к изменению

напряженного состояния сварных соединений [1]. При расположении дефекта на границе сплавления предельное напряжение меньше, чем когда дефект расположен в центральной зоне шва, при условии совпадения размеров дефектов и механических свойств менее прочного металла [3].

Поверхностные дефекты опаснее внутренних, т.к. коэффициент концентрации напряжений по краям для поверхностного дефекта больше, чем для внутреннего. Из приведенных в работе [4] данных известно, что показатель деформационного упрочнения термообработанного металла ниже, чем нетермообработанного, а его повышение будет способствовать улучшению несущей способности. Актуальными являются исследования, которые нацелены на снижение количества сварных дефектов или их видоизменение на менее чувствительные, а также на применение методов поверхностного пластического воздействия на материал сварного шва и околошовной зоны. Упрочнению могут подвергаться сварные соединения конструкций, изготовленных из малоуглеродистых, низколегированных и высокопрочных сталей, а также сплавов алюминия и титана.

Поверхностное упрочнение сварных соединений, направленно на создание в зоне перехода наплавленного металла в основной металл пластических деформаций сжатия для повышения циклической долговечности сварного соединения. Пластические деформации сжатия могут создаваться различными методами, в частности при помощи игл – ударников, металлической дроби, щеток и других видов ударников с использованием специального оборудования. Поверхностное упрочнение следует применять на сварных соединениях, работающих в условиях коррозии и вибрации, при циклических нагрузках, в ответственных узлах. В некоторых особо ответственных конструкциях, а также в конструкциях, к которым предъявляются повышенные требования к точности, рекомендуется дополнительно проводить послойное упрочнение сварных швов, за исключением корневого прохода. Поверхностное упрочнение на ответственных стыковых соединениях, работающих в условиях циклической нагрузки, а также для повышения коррозионной стойкости рекомендуется выполнять с двух сторон [5].

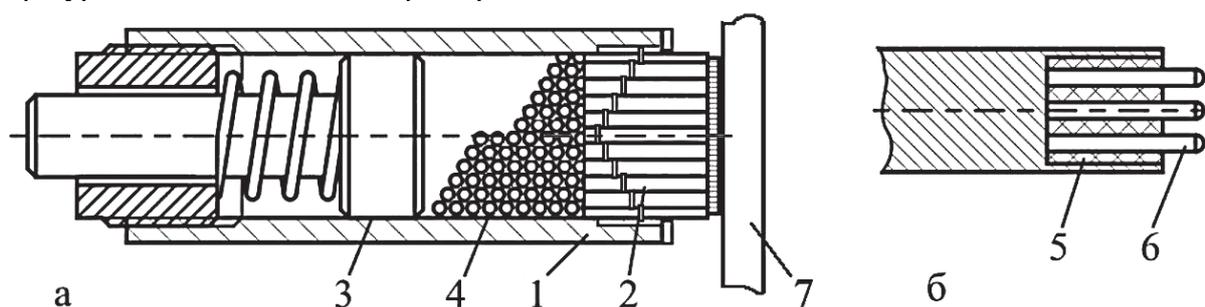
Металлическое тело характеризуется напряженным состоянием, обусловленным неоднородностью пластических, линейных или объемных деформаций [6, 7]. Возникновение и распределение остаточных напряжений связано с деформацией конструкции, которая в общем случае определяется изменением взаимного расположения материальных точек внутри или на поверхности изделия, а также с различными процессами, происходящими в металле, причем в течение одной технологической операции могут действовать несколько факторов различной природы, порождающие их появление. Обычно сварные конструкции состоят из большого числа элементов и сварных швов, внутренние напряжения которых взаимодействуют и могут распределяться различным образом, а последовательность при сварке и жесткость свариваемых элементов оказывают существенное влияние на их уровень.

Выбор способа упрочнения обоснован требованиями качества поверхностного слоя, конструктивно-технологическими особенностями упрочняемых узлов и условиями работы конструкций. Конкретный метод выбирается с учетом возможности его применения в реальных производственных условиях, наличии необходимого оборудования, его мобильности, обеспечения наиболее благоприятных санитарно-гигиенических условий труда, наименьшей трудоемкости и максимальной производительности процесса упрочнения. Среди известных и наиболее часто применяемых методов поверхностной отделочно-упрочняющей обработки может быть применена обработка шарико-стержневым упрочнителем (ШСУ), при которой оказывается ударное воздействие тонких стержней инструмента на сварной шов вблизи его границы, благодаря чему в поверхностном слое материала формируются сжимающие напряжения, что способствует сокращению размеров поверхностных и подповерхностных дефектов сварного шва, а также сдерживает формирование и развитие усталостных трещин.

С увеличением размеров трещиноподобных дефектов при одинаковой относительной толщине мягкого шва характеристики пластичности сварного соединения резко уменьшаются, хотя форма внутреннего дефекта, близкая к кругу в меньшей степени провоцирует развитие трещин [8]. Следует полагать, что после обработки ШСУ дефекты, которые ранее имели вытянутое строение, могут принимать более округлую форму, что положительным образом влияет на снижение коэффициента концентрации напряжений, а дефект, ранее вытянутый вдоль направления поверхности детали, начинает испытывать сжимающие напряжения, которые не дают ему развиться в трещину. При этом он оказывает меньшее влияние на процесс трещинообразования, чем

дефект, расположенный перпендикулярно поверхности. Обработка ШСУ осуществляется системой стержней, а радиус скругления дна отпечатков на детали зависит от радиуса их заточки.

Обработка стержнями малого диаметра позволяет улучшить напряженное состояние поверхностного слоя, но имеет ограничения из-за потери осевой устойчивости самих стержней, из-за чего их диаметр при их обычных линейных размерах, как правило, не должен быть менее 2-2,5 мм. На торец каждого стержня должен воздействовать хотя бы один шар, их максимальный диаметр, ограничен диаметром применяемых стержней, а минимальный диаметр шаров обусловлен требованиями отсутствия их просыпания в зазорах между стержнями. В связи с этим для поверхностной отделочной упрочняющей обработки может быть использовано устройство ШСУ, схема которого представлена на рисунке 1, а, а его деформирующий элемент на рисунке 1, б [9, 10]. Устройство способствует созданию сжимающих напряжений в материале поверхностного слоя ближе к поверхности детали, что позволяет обеспечить повышение удельной энергии, прикладываемой к обрабатываемой поверхности материала, без увеличения мощности самого инструмента. При этом может быть обеспечена возможность простой замены контактной деформирующей части инструмента в соответствии с требуемыми характеристиками упрочняющего воздействия, конфигурацией детали и иными факторами.



- 1 – сборный корпус; 2 – деформирующие стержневые элементы;  
3 – плунжер; 4 – распределительный элемент (слой шариков);  
5 – упругая вставка; 6 – индентор; 7 – обрабатываемая поверхность

Рисунок 1 – Устройство для поверхностной отделочно-упрочняющей обработки – а; деформирующий стержневой элемент – б

При работе устройства [9] происходит передача ударного импульса от плунжера 3, размещенного в сборном корпусе 1 и приводимого в движение пневмомо- или электромагнитным молотком, а также специальным виброударным устройством (не показано), через замкнутый объем слоя закаленных стальных шариков 4. Плунжер 3, получивший ударный импульс в направлении обрабатываемой поверхности 7, передает его шарикам, а те в свою очередь цилиндрическим стержням 2 с зацепами, предотвращающими их свободное выпадение из сборного корпуса 1. После взаимодействия с поверхностью стержней 2 контактной деформирующей частью со вставкой из упругого материала 5 с закрепленным в ней пучком инденторов, цилиндрические стержни 2 получают импульс отдачи, передают его шарикам 4, а те – плунжеру 3. Далее процесс продолжается по той же схеме.

Благодаря свойству псевдотекучести объема шариков расположение сферических вершин инденторов, расположенных на стержнях, может меняться, что позволяет применять данный способ для обработки как плоских, так и лекальных поверхностей. Для создания регулярной топографии отпечатков требуется соблюдение энергии и количества ударов, нанесенных в одну точку, а сам пучок стержней должен двигаться по заданной траектории с необходимой скоростью [11]. Могут применяться деформирующие стержневые элементы и без инденторов, поскольку при обработке пластичных материалов инденторами с малым радиусом скругления рабочей поверхности может наблюдаться ухудшение шероховатости обработанной поверхности сварной детали.

Обработка предлагаемым устройством может найти применение при устранении дефектов сварных швов на границе сплавления, для улучшения распределения остаточных напряжений, параметров микротвердости и повышения усталостной прочности, в том числе при ремонтных работах с применением сварки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Остсемин А.А., Дильман В.Л. Влияние дефектов сварки, расположенных на границе сплавления, на прочность сварного соединения // Вестник машиностроения. 2006. № 2. – С. 21-26.
- 2 Дуров Д.С., Диденко Д.И., Рыбинская Т.А. Устранение дефектов сварки на границе сплавления методами поверхностного пластического деформирующего упрочнения // Тяжелое машиностроение. 2009. № 8. – С. 26-29.
- 3 Дильман В.Л., Остсемин А.А. Прочность механически неоднородных сварных соединений с щелевидным дефектом // Сварочное производство. 1999. № 2. – С. 12-15.
- 4 Исследование несущей способности труб большого диаметра / В.В. Челышев, В.Г. Мурдуковский // Проблемы прочности. 1978. № 1. – С. 32-36.
- 5 Зарезин В.Е. Повышение ресурса соединений сварных узлов и конструкций железнодорожной техники. // Техничко-технологические проблемы сервиса. № 4(34). 2015. – С. 26-29.
- 6 Технологические основы сварки и пайки в авиастроении: учебник для вузов / Фролов В.А., Пешков В.В., Коломенский А.Б., Казаков В. А. – М.: Интермет Инжиниринг, 2002. – 455 с.
- 7 Гуревич С.М. Справочник по сварке цветных металлов (2-е изд., перераб. и доп.). – Киев: Наукова думка, 1990. – 512 с.
- 8 Остемин А.А., Уткин П.Б. Расчет коэффициентов концентрации напряжений внутренних технологических сварочных дефектов // Вестник машиностроения. 2008. № 12. – С. 14-17.
- 9 Бутенко В.И., Диденко Д.И., Рыбинская Т.А. Устройство для поверхностной отделочной упрочняющей обработки. Патент №2283744 В 24 В39/00, 20. 09. 2006 г.
- 10 Дуров Д.С., Диденко Д.И., Рыбинская Т.А. Поверхностно-упрочняющая обработка с предварительным нагревом поверхностного слоя детали // Тяжелое машиностроение. 2010. № 8. – С. 38-39.
- 11 Ягудина Р.З., Флек М.Б. Проектирование технологических процессов обработки деталей шарико-стержневым упрочнителем. // Вестник ДГТУ. 2013. Т 13, № 1-2 (70-71). – С.127-134.

УДК 621.791.6

Марченко Елена Алексеевна, студент; Marchenko Elena Alekseevna

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент; Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ КОРНЕВОГО ВАЛИКА ПРИ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКЕ ТРУБОПРОВОДА ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ**

### **STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF ROOT BEAD PROTECTION IN ARGON-ARC WELDING OF A STAINLESS STEEL PIPELINE**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию эффективности защиты корневого валика при аргонодуговой сварке.

Abstract. This work is devoted to the study of the effectiveness of the protection of the root bead in argon arc welding.

Ключевые слова: корневой валик, аргонодуговая сварка, защита корневого валика, сварка.

Keywords: root roller, argon arc welding, root roller protection, welding.

Аргонно-дуговая сварка - способ сварки применимый для сваривания металлов с использованием электрической дуги и газа (аргона). Электрическая дуга плавит металл свариваемой детали, а также присадочный пруток, формируя шов.

Благодаря своей инертности аргон сам не вступает в реакции и не дает кислороду реагировать с металлом в сварочной ванне, именно поэтому газ подается до розжига дуги и после окончания сваривания продолжает подаваться некоторое время.

При попадании в место сваривания металлов кислород вызывает сильное окисление, влияя на качество шва, а некоторые металлы и вовсе могут возгораться от такой реакции.

Благодаря своей инертности аргон сам не вступает в реакции и не дает кислороду реагировать с металлом в сварочной ванне, именно поэтому газ подается до розжига дуги и после окончания сваривания продолжает подаваться некоторое время.

Сварка аргоном проводится двумя видами электродов: плавящимися и неплавящимися.

1. Плавящиеся электроды вызывают розжиг дуги и одновременно являются припоем.
2. Неплавящиеся электроды выполнены из самого тугоплавкого металла – вольфрама.

Для сварки из нержавеющей стали, особенно тонкостенных, нужно учитывать ее отличия от обычного металла. Теплопроводность нержавеющей стали на 70% меньше, поэтому металл на стыке перегревается. В результате повышается вероятность прожига. Для устранения этого недостатка значение сварочного тока устанавливают на 20% меньше чем для черного металла.

При аргонодуговой сварке неплавящимся электродом для защиты корневого шва трубы с внутренней стороны от влияния воздуха рекомендуется заполнение трубы аргоном. Кроме защиты шва, поддув аргона, также способствует улучшению формирования обратного валика. Для уменьшения расхода аргона при поддуве, объем, заполняемый аргоном, ограничивают специальными заглушками, устанавливаемыми при сборке труб.

Комплект защиты корня шва представляет собой набор приспособлений для обеспечения защиты корневого шва труб с внутренним диаметром от 21 до 209 мм. Набор снабжен комплектом уплотнений под разные диаметры труб, газопроводом, троском для извлечения защиты из трубы после сварки, гаечными ключами для сборки.

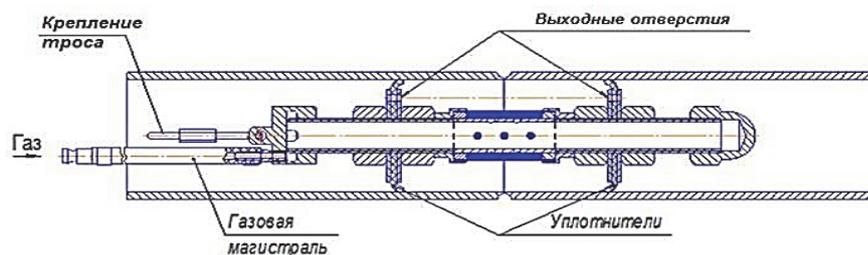


Рисунок 1 – Газовая защита корневого валика

Заглушки помещаются в части свариваемых труб непосредственно перед их стыковкой и извлекаются за трос через свободный конец трубы после выполнения сварки.

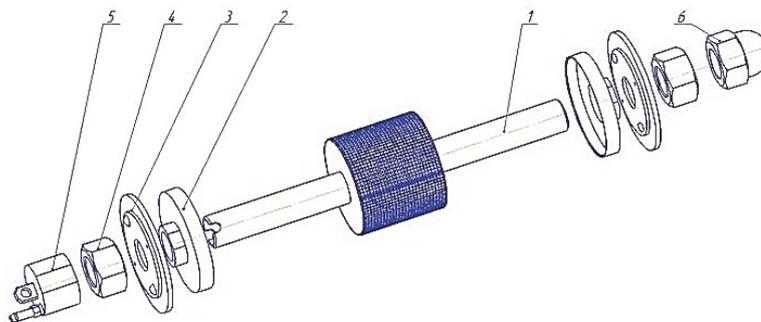


Рисунок 2 – Газовая защита корневого валика

- 1 – трубка с рассеивателем; 2 – упор; 3 – уплотнитель; 4 – гайка; 5 – штуцер;  
6 – гайка колпачковая

Защита состоит из двух заглушек (уплотнений), соединенных между собой жесткой связью и имеющих с одной стороны тросик и газопровод (газовую магистраль). Магистраль используется для подачи защитного газа через рассеиватель в зону между заглушками. На заглушках располагаются калиброванные отверстия для выхода защитного газа. Наличие калиброванного отверстия позволяет задать избыточное давление внутри камеры, образованной уплотнениями в трубе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Дрогайлова, Л. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля / Л. Н. Дрогайлова. – М. : Познание, 2008. – 49 с.

2 Организация и технология испытаний: в 2 ч. Ч. 1: Методы и приборы испытаний : учебное пособие / М.Ю. Серегин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 84 с.

УДК 621.516

Мельник Денис Константинович, студент; Melnik Denis Konstantinovich  
Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент; Sarilov Mikhail Yuryevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНГИБИТОРОВ**

### **RINCREASING THE EFFICIENCY OF THE DELAY COKING UNIT DUE TO THE APPLICATION OF INHIBITORS**

Аннотация. Задачей данного проекта является рассмотрение вариантов уменьшения коксообразования за счет применения различных ингибиторов, которые чаще всего используются на установках замедленного коксования и выбрать оптимальный из них для уменьшения образования кокса на всей установке.

Abstract. The objective of this project is to consider options for reducing coke formation through the use of various inhibitors that are most often used in delayed coker units and to choose the best one to reduce coke formation throughout the plant.

Ключевые слова: коксообразование, установка замедленного коксования, печь, колонна, деэмульгатор, антипенная присадка, насос.

Keywords: coke formation, delayed coking unit, bake, column, demulsifier, antifoam additive, pump.

В нефтеперерабатывающей промышленности, а в частности на установках замедленного коксования основной проблемой для замены оборудования является отложение кокса. Есть различные способы уменьшения образования кокса и самый эффективный из них это применение ингибиторов. Предлагаю рассмотреть какие стоит применять и выделить самые продуктивные из них.

Для подачи в процесс химреагентов установлены дозировочные станции приготовления раствора антипенной присадки в легком газойле, 20% раствора щелочи, а также узлы подачи ингибитора коррозии и деэмульгатора.

Антипенная присадка, исходя из расчетной потребности – 40 кг/сутки, из бочки подается насосом в станцию смешения, где смешивается с легким газойлем коксования, подаваемым из трубопровода после воздушного холодильника. На трубопроводе легкого газойля коксования установлен отсечной клапан, автоматически закрывающийся по дискретному сигналу прибора контроля уровня, при достижении максимального уровня в станции смешения - 950 мм [1, с.127].

Контроль уровня антипенной присадки в станции смешения осуществляется по показаниям прибора с сигнализацией верхнего и нижнего значения рабочего уровня.

Раствор антипенной присадки постоянно циркулирует в системе насосом с возвратом в емкость и автоматически подается в последний период цикла заполнения коксовых камер.

Предусмотрена защитная блокировка на останов насоса, при снижении уровня в станции смешения до аварийно низкого значения (менее 200 мм), по дискретному сигналу прибора контроля уровня.

Деэмульгатор из бочки закачивается насосом в станцию смешения, откуда насосом подается в сборник верхнего продукта колонны продувки во время охлаждения коксовой камеры.

Контроль уровня деэмульгатора в станции смешения осуществляется по показаниям прибора, с сигнализацией верхнего и нижнего значения рабочего уровня.

Расход деэмульгатора регистрируется прибором, а давление в нагнетательном трубопроводе насоса контролируется по показаниям прибора, с сигнализацией минимального и максимального значения.

Ингибитор коррозии из бочки закачивается насосом в емкость, откуда насосами непрерывно подается в линию входа продукта в конденсатор головного продукта колонны фракционирования воздушного холодильника и межступенчатого холодильника компрессора влажного газа.

Контроль уровня ингибитора коррозии в расходной емкости осуществляется по показаниям прибора, с сигнализацией минимального и максимального рабочего уровня и подачей аварийного сигнала на отключение насосов при снижении уровня в емкости до 5% [2, с. 71].

20%-ный раствор NaOH приготавливается в станции смешения, в которую подают химочищенную воду и загружают чешуированный 100%-ный NaOH. На трубопроводе химочищенной

воды установлен отсечной клапан, автоматически закрывающийся по сигналу прибора контроля уровня при достижении уровня в станции смешения верхнего максимального значения - 950 мм.

Полученный 20%-ный раствор NaOH перекачивается насосом в емкость, откуда насосом подается на приём насоса, контура защелачивания сжиженного газа. Предусмотрена предупредительная сигнализация высокого и низкого значений уровня в емкости по показаниям прибора и защитная блокировка на останов насоса при снижении уровня в емкости до предельно низкого значения контролируемого параметра по шкале прибора [3, с. 71].

В целях предотвращения коррозии, образования карбонатных отложений и биологических обрастаний теплообменной аппаратуры и трубопроводов предусмотрен узел обработки оборотной воды. Узел обработки воды располагается в насосной реагентного хозяйства.

Оборотная вода обрабатывается дисперсантом марки "В 9280" (либо аналогичным) и ингибитором солеотложений и коррозии марки "В 9305" (либо аналогичным).

Одновременное применение обоих реагентов усиливает биодиспергирующее действие в отношении микробиологических отложений и препятствует образованию отложений в зонах повышенных температур и зон с замедленной циркуляцией.

Дисперсант и ингибитор солеотложений и коррозии поставляются в стандартных бочках, объемом 200 л, из которых ручным насосом перекачиваются в две расходные емкости (реагентного хозяйства) единичным объемом 0,25 м<sup>3</sup> каждая [4, с. 58].

При первоначальных обработках оборотной воды необходимо подавать ударные дозы реагентов (в случае подачи воды плохого качества). При достижении заданных показателей реагент дозируется гораздо в меньших количествах.

Рекомендуются следующие ударные дозы реагентов:

Дисперсанта "В 9280" - 100 г/м<sup>3</sup> на объем системы (Дозировка аналогичных реагентов устанавливается в соответствии с рекомендациями изготовителя);

Ингибитора "В 9305" - 100 г/м<sup>3</sup> на объем системы (Дозировка аналогичных реагентов устанавливается в соответствии с рекомендациями изготовителя).

Наиболее рациональным способом уменьшения образования кокса являются ингибиторы коррозии, 20%-ный раствор NaOH и ингибитор соеотложения которые показали хорошие результаты на установках замедленного коксования.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Магарил Р.З. Теоретически основы химических процессов переработки нефти: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1985, 280с.

2 Магарил Р.З. Образование углерода при термических превращениях индивидуальных углеводородов и нефтепродуктов / Р.З. Магарил. – М.: Химия, 1973. – 144с.

3 Гаскаров, Н.С. Новое в технологии замедленного коксования / Н.С. Гаскаров, В.В. Верба, Р.Н. Гимаев. – М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1971. – С. 20-21.

4 Щетинин В. С. Технология химического машино и аппаратостроения: учеб. пособие / В. С. Щетинин, – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019 –102 с.

УДК 621.791.04

Михайлов Кирилл Александрович, студент; Mikhailov Kirill Alexandrovich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент; Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich

Старцев Егор Андреевич, старший преподаватель; Startsev Egor Andreevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПАТЕНТНЫЙ АНАЛИЗ. ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЫНКА ПРОДУКЦИИ САМОЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК**

### **PATENT ANALYSIS. OF DEVELOPMENT TRENDS AND FORECASTING OF THE MARKET FOR PRODUCTION OF SELF-SHIELDING FLUID-CORRECT WIRES**

Аннотация. Данная работа посвящена изучению анализа многочисленных публикаций, в ней предлагается классификация методов прогнозирования, среди которых авторы отдали предпочтение анализу патентов.

Abstract. This work is devoted to the study of the analysis of numerous publications, it proposes a classification of forecasting methods, among which the authors preferred the analysis of patents.

Ключевые слова: патентный анализ, динамические ряды, Международная патентная классификация, прогнозирование, методы, самозащитные, порошковые проволоки.  
 Keywords: patent analysis, dynamic series, International patent classification, forecasting, methods, self-protective, cored wires.

Цель состоит в том, чтобы использовать этот метод при создании базы данных патентов в изучаемой области знаний и создание динамических рядов на основе Международной патентной классификации (МПК) для основных групп и подгрупп МПК. По динамике изменения количества выданных патентов по анализируемым темам предлагается определить перспективные технологии для развития конкретных технологических направлений. Исходя из того факта, что патентование опережает внедрение технических решений в производство, делается вывод о том, что в ближайшие годы появятся новые продукты на основе выявленных инновационных и перспективных технологий.

Результаты патентного поиска по заданной тематике отражают общие тенденции патентования изобретений в направлении использования самозащитных порошковых проволок в сварочном производстве. Анализируя интенсивность патентования в Российской Федерации были, получены данные, представленные на рисунке 2.

Анализ интенсивности патентования в области порошковой проволоки в России был проведен с помощью построения кумулятивного динамического ряда.

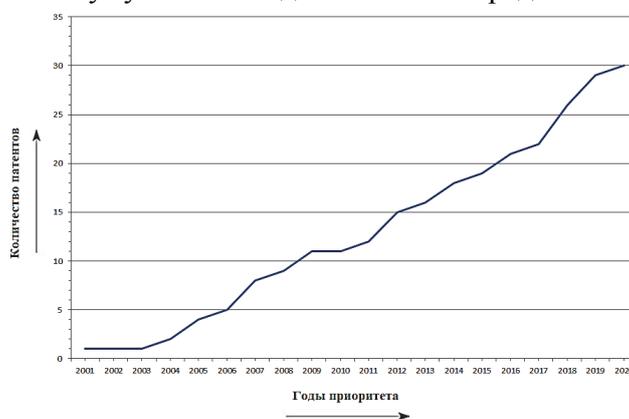


Рисунок 2 – Кривая изобретательской активности на основе кумулятивного динамического ряда

Кривая отражает динамику патентования изобретений в области ИП в России и имеет форму экспоненциально возрастающей, следовательно, в ближайшем будущем можно ожидать резкого увеличения изобретательской активности в этой области.

Патентная активность в разных странах определялась путем поиска патентов на веб-сайте: <https://ru.espacenet.com/search> / Поиск проводился по заголовкам и ключевым словам IPC B23K 35/368. Интенсивность патентования, полученная путем анализа информации, показана на рисунке 3, построена диаграмма изобретательской активности по странам.

На международном рынке следующие страны наиболее активны в области родительской самозащиты PP:., JP, CN, RU, США, KR.

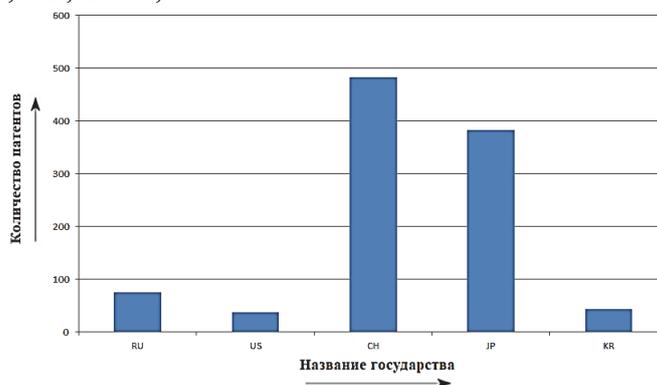


Рисунок 3 – Количество патентов в разных странах

Для анализа динамики патентования ПП в мире было проведено исследование кумулятивного динамического ряда и по полученным данным построена зависимость (см. рисунок 4), отображающая динамику патентования за период с 2001 по 2020 год.

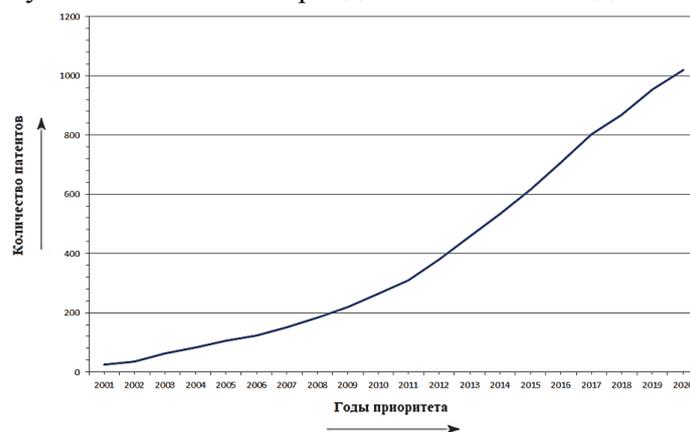


Рисунок 4 – Кумулятивный динамический ряд

Кривая имеет форму экспоненциально возрастающей. Это свидетельствует о значительном интересе исследователей и разработчиков к данному техническому направлению.

Динамика патентования по основным странам, наиболее активно разрабатывающим ПП, показана на рисунке 5. Кривые, характеризующие интерес исследователей к этой теме в разных странах, построены на основе кумулятивного динамического ряда.

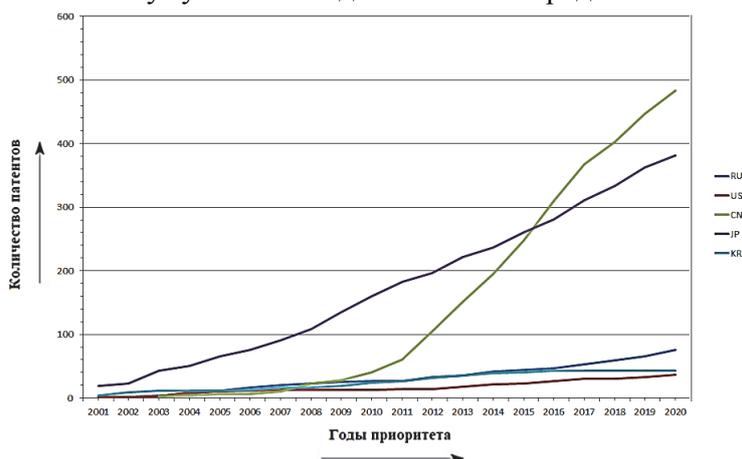


Рисунок 5 – Кривые изобретательской активности, основанные на кумулятивном динамическом ряду

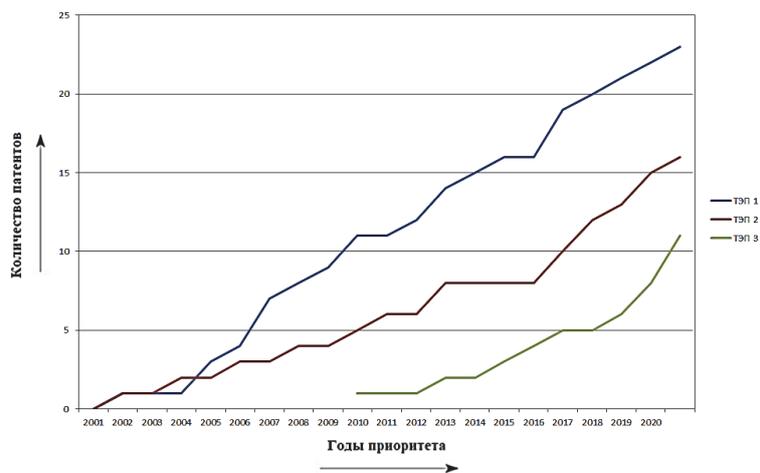
По построенным кривым видно, что Китай и Япония очень активно занимаются разработками в этой области. При этом в России патентование развивается равномерно (прямая восходящая линия). Значит, есть тенденции к росту интереса у потребителей к данным устройствам. Для Китая наблюдается экспоненциально возрастающая кривая и очень большое количество патентов за последние годы. Это связано не только с ростом интереса потребителей к ПП, но и с ростом заинтересованности изобретателей в охране своих устройств. Так же это говорит о том, что Китай активно стремится выйти на потребителя за пределами своей страны.

В США, Японии и Корее наблюдается стабильный рост количества патентов в последние годы, но их количество в разы меньше, чем у Китая.

Выбранные изобретения и полезные модели должны быть классифицированы в соответствии с основными техническими областями, к которым они относятся. Анализ описаний отобранных российских изобретений позволил нам выделить четыре основных направления совершенствования этих продуктов:

- 1) обеспечение высокой износостойкости при сохранении достаточной твердости наплавленного слоя за счет снижения в нем напряжений, вызывающих образование трещин.
- 2) Снижение образование холодных, горячих трещин, а также порообразований.
- 3) Совершенствования сердечника ПП для обеспечения самозащиты во время сварки.

Для каждого выявленного технического направления формируются динамические ряды патентования. На основе совокупного динамического ряда патентования, который характеризует рост общего числа изобретений, относящихся к выявленным техническим областям, можно построить график (см. рисунок 6) динамики изобретательской активности в каждом направлении.



- 1 – обеспечение высокой износостойкости при сохранении достаточной твердости наплавленного слоя за счет снижения в нем напряжений, вызывающих образование трещин;
  - 2 – снижение образование холодных, горячих трещин, а также порообразований;
  - 3 – совершенствования сердечника ПП для обеспечения самозащиты во время сварки
- Рисунок 6 – Динамика патентования по техническим направлениям

Из приведенных графиков следует, что все направления усовершенствования ПП развиваются достаточно активно. Наиболее перспективными направлениями являются обеспечение высокой износостойкости при сохранении достаточной твердости наплавленного слоя за счет снижения в нем напряжений, вызывающих образование трещин, за счет развития применения более современных составов шихты. Для этих направлений наблюдается равномерный рост кривых динамики изобретательской активности. Это означает, что деньги постоянно вкладываются в исследования и разработки в этом направлении, и в ближайшие 5 лет спада в развитии этого направления не будет. Через 2-3 года необходимо повторить этот анализ, чтобы убедиться, что развитие этого направления является стабильным.

Кривые, описывающие ТЭП, связанные со снижением образование холодных, горячих трещин, а также порообразований и совершенствований сердечника ПП для обеспечения самозащиты во время сварки имеют экспоненциальную форму. Это говорит о том, что в данной области в ближайшее время возможно резкое улучшение соответствующего показателя. Этим направлениям внимание стало уделяться лишь в последние годы, поэтому общее количество патентов в данной области заметно ниже.

#### ВЫВОДЫ

1. Патентный анализ, проведенный в работе с использованием динамического ряда патентов на основе Международной патентной классификации, позволяет выявлять новейшие технологии, а также продуктивно прогнозировать появление передовых технологий. Такой подход, используя временные ряды в интервале 2001-2020 годов, позволяет составить краткосрочный прогноз развития конкретных технологий.

2. Такие прогнозные оценки могут быть полезны при определении или корректировке сценариев развития технологий в сварочной промышленности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Сварка строительных металлоконструкций порошковой проволокой. Шинкарев Б. М., Суптель А. М. Киев, «Будівельник», 1978, 176 с.

- 2 Авдзейко, В.И. Патентный анализ. Выявление перспективных и прорывных технологий / Авдзейко В.И., Карнышев В.И., Мещеряков Р.В. / Вопросы инновационной экономики. 2018. №1 С. 79-90.

УДК 621.565

Морквин Никита Андреевич, студент; Morkvin Nikita Andreevich

Отряскина Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Otryaskina Tatyana Aleksandrovna

Комсомольский на Амуре государственный университет

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА С ПОМОЩЬЮ СНИЖЕНИЯ ЗАСТОЙНЫХ ЗОН

### INTENSIFICATION OF HEAT EXCHANGE BY REDUCING STAGNANT ZONES

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию теплообменного оборудования и способов интенсификации теплообмена.

Abstract. This article is devoted to the study of heat exchange equipment and methods of heat exchange integration.

Ключевые слова: теплообмен, интенсификация, теплообменный аппарат, винтовая перегородка.

Ключевые слова: heat exchange, intensification, heat exchanger, spiral plate.

Основные процессы переработки нефти и газа требуют многочисленных процессов теплообмена, что привело к широкому распространению теплообменных аппаратов. В связи с этим надежная работа аппаратов является основным вопросом эффективной и экономичной работы всей установки. Основной проблемой кожухотрубчатых теплообменников является образование твердых отложений в аппаратах. Решение данной проблемы актуально во всем мире. Закоксованность в технологическом оборудовании, приводит к ряду негативных последствий таких как, снижение эффективности процесса теплообмена, что также приводит к уменьшению мощности теплопередачи, увеличение температуры поверхностей аппарата, увеличение расхода топливно-энергетических ресурсов

В кожухотрубчатых аппаратах отложения негативно влияют, не только на снижения эффективности теплообмена, но и на увеличения коррозии аппарата, что приводит к уменьшению «жизненного цикла» теплообменного аппарата. [1]

В нефтегазопереработки процесс образования отложений на рабочих поверхностях теплообменного аппарата всегда был известным фактом, но воздействие этого явления на эффективную работу теплообменника недостаточно изучено. В настоящее время проблема коксования признается одной из сложнейших задач. Для каждого процесса энергопреобразующих установок, процесс осадений является уникальным, в следствии чего сложно прогнозируемым. Исходя из этого, актуальной является разработка математических моделей, образования отложений и дальнейшее ее исследования. Что позволяет, на первоначальной стадии разработки теплообменного аппарата предвидеть образования и развитие осадений на теплопередающей поверхности.

Основной причиной образования осадения является рост термического и гидравлического сопротивления процессу теплопередачи, что в следствии образуются так называемые застойные зоны. Основания для образования застойных зон является многократное изменение направления движения потока. Области образования застойных зон напрямую зависят от размера, вида и способа размещения трубных решеток. [2]

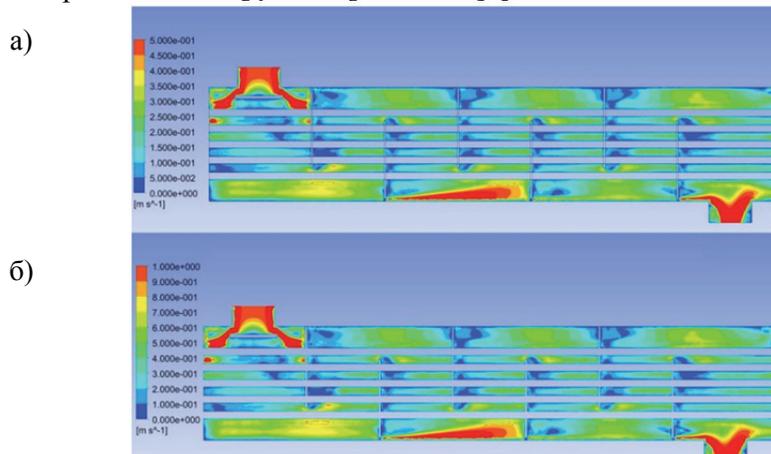


Рисунок 1 – Поле скоростей в продольном сечении: а) при скорости 0,5 м/с; б) при скорости 1 м/с

На модели синим цветом отображаются участки с минимальной скоростью течения жидкости, красным максимальная скорость (рис 1). На рисунке 1 представлены модели для двух скоростных режимов, при сравнении полей скорости можно сделать выводы, что зоны с минимальными скоростями остаются постоянными. Следовательно, зоны с малым течением, расположенные за перегородками наиболее склонны к образованию отложений. Для повышения эффективной работы теплообменного аппарата, необходимо изменить термическое сопротивление или скорость потока. Также продуктивно сказывается, на теплообмене, применение развитых поверхностей, за счет оребрения и ошиповки трубок.

Изменение конструкции перегородок является наиболее эффективным и простым способом турбулизации потока, что позволяет увеличить скорость в застойных зонах. Винтовая трубчатая перегородка (рис.2), приводит к хорошим результатам по турбулизации потока в теплообменном аппарате.



Рисунок 2 – Модель вантовой перегородки

Применение перегородки винтового типа приводит к интенсификации теплопередачи в аппарате. Винтовые перегородки в аппарате позволяют равномерно распределить потоки жидкости между трубками в аппарате и исключить образование застойных зон, что в свою очередь приводит к повышению производительности теплообменного аппарата.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Четверткова, О.В. Влияние расстояния между поперечными перегородками и высоты выреза перегородки на тепловую эффективность кожухотрубчатого теплообменника / О.В. Четверткова, Р.Г. Ризванов, Р.Р. Чернятьева // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2015. – № 6. – С. 452-465

2 Ильин, Р.А. Современные проблемы энергосбережения в производстве / Р.А. Ильин, Р.А. Лиджи-Горяев // Путь науки. – 2015. – № 1(11). – С. 36-38

3 Ардаширова, Э.А. Зависимость тепловой эффективности кожухотрубчатых теплообменных аппаратов от величины зазоров в межтрубном пространстве / Э.А. Ардаширова, Р.Г. Ризванов // Нефть и газ – 2012: сборник тезисов 66-й Международной молодежной научной конференции. – М.: РГУ Нефти и Газа им. И.М. Губкина, 2012. – с. 72.

УДК 004.9:621.7

Потянихин Дмитрий Андреевич, кандидат физико-математических наук; Potianikhin Dmitrii Andreevich  
Квашнин Александр Евгеньевич, аспирант; Kvashnin Alexander Evgenievich  
Дмитриев Эдуард Анатольевич, доктор технических наук, доцент; Dmitriev Eduard Anatolievich  
Евстигнеев Алексей Иванович, доктор технических наук, профессор; Evstigneev Alexey Ivanovich  
Одинок Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор; Odinokov Valery Ivanovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА НА ЛИТЕЙНО-КОВОЧНОМ МОДУЛЕ С ОДНОСТОРОННИМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ БОЙКОВОЙ ПЛИТЫ**

#### **SIMULATION OF THE METAL DEFORMATION PROCESS ON A CASTING AND FORGING MODULE WITH A SINGLE-SIDE ACTION OF THE STRIKER PLATE**

Аннотация. В работе представлены результаты численных расчетов задачи о деформировании свинцового сплава на литейно-ковочном модуле. Предполагается, что воздействие на деформируемый металл осуществляется одним подвижным боковым бойком, в то время как второй неподвижен. В модели металл полагается изотропным и вязкопластическим. Вычислительный алго-

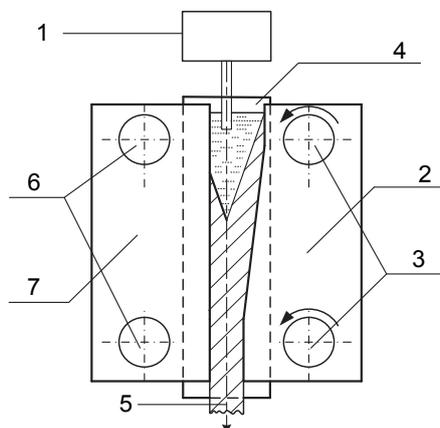
ритм учитывает нагружение с учетом изменяющейся геометрии области течения. Результатом решения являются поля напряжений и скорости перемещений в пространственной области деформируемой заготовки.

Abstract. The paper presents the results of numerical calculations of the problem of the deformation of a lead alloy on a casting and forging module. It is assumed that the impact on the deformable metal is carried out by one movable side striker, while the second one is motionless. In the model, the metal is assumed to be isotropic and viscoplastic. The computational algorithm takes into account the loading of the changing geometry of the flow region. The solution results in stress and velocities fields in the spatial region of the deformable workpiece.

Ключевые слова: моделирование, кристаллизующийся металл, деформация заготовки, литейно-ковочный модуль.

Keywords: modeling, crystallizing metal, workpiece deformation, casting and forging module.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема работы литейно-ковочного модуля вертикального типа, в котором совмещается процесс разливки с последующей деформацией закристаллизовавшегося металла в заданный профиль. В основе его лежит изобретение [1]. Рассматриваемая кинематическая схема отличается от него и ряда последующих модификаций тем, что одна из боковых бойковых плит неподвижна [2]. Такое техническое решение создает подпор движению металла и увеличивает сдвиговые деформации, тем самым способствуя более интенсивному залечиванию дефектов плоскости заготовки.



- 1 – разливочный ковш; 2 – подвижные бойки; 3 – вращающиеся эксцентриковые валы;  
4 – бойковые плиты, совершающие вертикальное движение; 5 – деформированная заготовка;  
6 – неподвижные втулки; 7 – неподвижные бойки

Рисунок 1 – Схема конструкции литейно-ковочного модуля

Система модельных соотношений в декартовой системе координат с использованием теории пластического течения имеет вид

$$\sigma_{ij,j} = 0, \quad \sigma_{ij} - \sigma \delta_{ij} = 2\lambda^* \xi_{ij}, \quad \xi_{ij} \delta_{ij} = 0, \quad \sigma = \frac{1}{3} \sigma_{ij} \delta_{ij}, \quad \delta_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j, \\ 0, & i \neq j, \end{cases}$$

$$\xi_{ij} = 0,5(v_{i,j} - v_{j,i}), \quad \lambda^* = \frac{T}{H}, \quad T = T(H, E, \theta), \quad H = (2\xi_{ij}\xi_{ij})^{1/2},$$

где  $i, j=1,2,3$ , по повторяющимся индексам  $i, j$  производится суммирование;  $\sigma_{ij}$  – компоненты тензора напряжений;  $\xi_{ij}$  – компоненты тензора скоростей пластических деформаций;  $V_i$  – проекции скоростей перемещения на координатные оси  $x_i$ ;  $\theta$  – температура; функция  $T=T(H, E, \theta)$  определяется из эксперимента;  $H$  – интенсивность скоростей деформаций сдвига;  $E$  – степень деформации. Эта модель показывает адекватные результаты при исследовании напряженно-деформированного состояния не только массивных тел, но и тонкостенных [3]. Деформируемый материал принимается несжимаемым, изотропно упрочняющимся, массовые и инерционные силы не учитываются. Определяющие соотношения для свинца принимается в виде [4]  $T = 16,873 \cdot \Gamma^{0,36} \cdot H^{0,09}$  (МПа).

На рис. 2 представлена расчетная схема процесса с учетом симметрии в плоскости  $x_3 = 0$ . Граничные условия учитывают контакт с трением между заготовкой и поверхностями бойков.

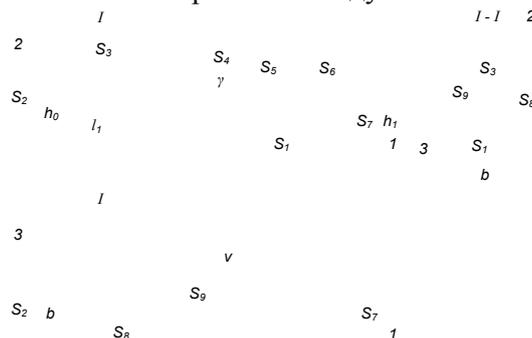


Рисунок 2 – Расчетная схема процесса деформирования

Поставленная задача решалась численным методом с использованием программного комплекса «Одиссей» [5]. Для проведения вычислительных экспериментов задавались геометрические и кинематические параметры (рисунок 2):  $h_0 = 15$  мм;  $h_1 = 4$  мм;  $b = 30$  мм;  $l_1 = 45$  мм;  $R_1 = 50$  мм;  $e_1 = 3$  мм;  $e_2 = 10$  мм;  $\gamma = 8^\circ$ ; скорость вращения приводного вала  $n_0 = 100$  об/мин. Эпюры напряжений в заготовке приведены на рис. 3, эпюры скоростей перемещений – на рисунке 4.

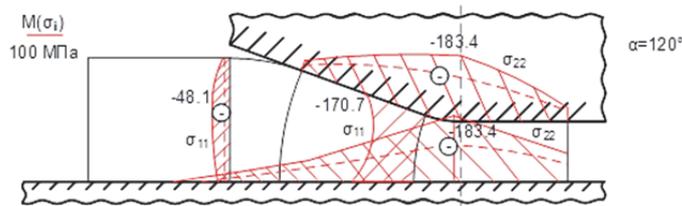


Рисунок 3 – Эпюры напряжений  $\sigma_{11}$  и  $\sigma_{22}$  в плоскости симметрии  $x_3 = 0$  для угла поворота приводного вала  $\alpha = 120^\circ$  с учетом трения на неподвижном бойке (сплошные линии) и без учета трения (пунктирные линии)

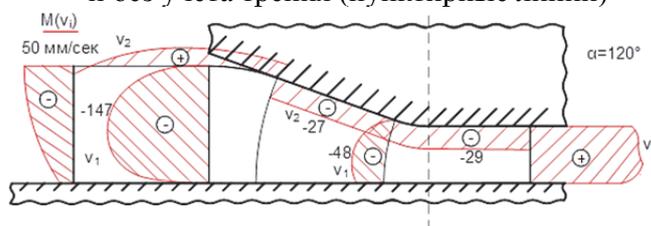


Рисунок 4 – Эпюры скоростей перемещений  $V_1$  и  $V_2$  в плоскости симметрии  $x_3 = 0$  для угла поворота приводного вала  $\alpha = 120^\circ$

Сравнивая результаты проведенных в настоящем исследовании вычислений для литейно-ковочного модуля с одним неподвижным бойком с результатами для модуля с двумя подвижными бойками [6], можно утверждать, что новая кинематическая схема эффективнее устраняет возможные внутренние дефекты за счет большей величины возникающих напряжений.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Патент РФ № 2041011. Устройство для непрерывного литья заготовок / В. И. Одинокоев. Оpubл. 09.08.95. Бюл. № 22.
- 2 Патент РФ № 2463126 Устройство для непрерывного литья и деформации металла / В. В. Черномас, В. И. Одинокоев, С. Р. Савинов. Оpubл. 10.10.2012.
- 3 Марьин, С. Б. Исследование процесса раздачи средней части трубной заготовки с подпором / С. Б. Марьин, Г. А. Щербатюк, В. Д. Кириллин, М. И. Пак // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2021. – № VII-1 (55). – С. 73-78.
- 4 Кроха, В. А. Упрочнение металлов при холодной пластической деформации. Справочник / В. А. Кроха – Москва: Машиностроение, 1980. 160 с.

5 Свидетельство о гос. регистрации программ для ЭВМ № 2012661389 «Одиссей». Одинокое В. И., Прокудин А. Н., Сергеева А. М., Севастьянов Г. М. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 13.12.2012.

6 Одинокое, В. И. Непрерывный процесс кристаллизации металла при одновременном его деформировании / В. И. Одинокое, Б. И. Проскуряков, В. В. Черномас – Москва: Наука, 2006. 111 с.

УДК 62-529

Старничук Екатерина Павловна, магистр; Starnichuk Ekaterina Pavlovna

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент; Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОТРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ МНОГОПРОХОДНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ**

### **DEVELOPMENT OF PROGRAM CONTROL ALGORITHM FOR MULTI-PASS AUTOMATIC WELDING**

Аннотация. В работе использовано разработанное программное обеспечение, позволяющее управлять траекторией движения сварочной горелки при наложении корневого, заполняющего, облицовочного валиков многопроходного стыкового соединения из низкоуглеродистой стали.

Abstract. The developed software was used in the work, which allows controlling the trajectory of the welding torch when applying the root, filling, facing beads of a multi-pass butt joint made of low-carbon steel.

Ключевые слова: траектория, программное управление, режимы сварки, дефекты, многопроходная автоматическая сварка.

Keywords: trajectory, program control, welding modes, defects, multi-pass automatic welding

Техника наложения сварочного шва оказывает большое влияние на геометрические параметры полученного соединения. К тому же вопрос влияния траектории перемещения сварочной проволоки на свойства сварного шва не полностью описана в технической литературе [1-3], но благодаря траектории перемещения сварочной проволоки можно рассчитать продолжительность существования сварочной ванны.

Цель работы - отработка методики выбора режимов автоматической сварки в среде углекислого газа, обеспечивающих получение качественных сварных соединений, на основе теоретических и экспериментальных исследований условий формирования шва и распределения теплоты. Работа направлена на решение задачи повышения качества сварных соединений при сварке плавящимся электродом листового металлопроката толщиной от 10 до 50 мм из углеродистой низколегированной стали в смеси защитных газов на основе аргона с добавлением углекислого газа от 0 до 30%.

В ходе исследования использовалось оборудование: сварочный инвертор Сварог MIG 3500 (J93) с горелкой MS 36, адаптированный для сварки координатный стол, управляемый программным обеспечением Mach3, разработанная сборочно-сварочная оснастка. Сварочный аппарат был модернизирован с помощью подсоединения к источнику питания кнопки «Поджиг дуги». Поджиг дуги осуществляется дистанционно. Фронтальная панель оборудована двумя дисплеями, которые помогут контролировать процесс сварки. Сваривались пластины из стали ВСтЗсп.

При изготовлении сварного соединения используются расходные материалы: сварочная проволока марки Св08Г2С по ГОСТ 2246-70 и защитный газ.

Подобранные режимы сварки: скорость подачи проволоки, сила сварочного тока, напряжение и траектория перемещения сварочной горелки возвратно-поступательным способом, а именно 7 мм вперед и 3,5 мм назад. Подобранные параметры вводятся в программу в виде документа.

По ГОСТ 14771-76 выбран тип сварного соединения С17 с двухсторонним скосом кромок.

Для выбора режима наложения корневого валика многопроходного шва сваривались пластины из стали 09Г2С, толщиной 2 мм, собранные на сборочно-сварочной оснастке встык (соединение С4) по ГОСТ 14771-76 с минимальным зазором 0-1 мм. Фиксация осуществляется путем поджатия пластин с помощью прижимов, во избежание изменения зазора. Перед сваркой детали были зачищены от стыка свариваемых кромок до прилегающих кромок металла на расстоянии 20 мм с лицевой и обратной стороны.

В таблице 1 указаны параметры режима сварки на участках стыка. На рисунке 1 изображены сварные швы, произведенные при возвратно-поступательном движении и установленных режимах.

Таблица 1 – Режимы сварки корневого валика на примере пластины 2 мм

| № участка | Напряжение, В | Ток, А | Скорость сварки, м/ч |
|-----------|---------------|--------|----------------------|
| 1         | 24            | 120    | 600                  |
| 2         | 24            | 120    | 1000                 |
| 3         | 24            | 120    | 1200                 |
| 4         | 22            | 120    | 1200                 |
| 5         | 16            | 110    | 1200                 |
| 6         | 16            | 110    | 800                  |
| 7         | 16            | 110    | 1000                 |
| 8         | 16            | 110    | 1000                 |

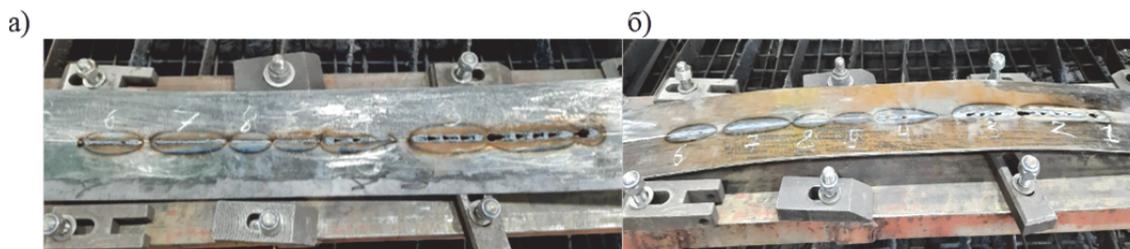


Рисунок 1 – Наложение корневого шва на примере пластины 2 мм:  
а – лицевая часть; б – обратная часть

Далее 4 пары пластин (1 -2 прохода; 2 - 3 прохода; 3 – 1 проход; 4 – 3 прохода) из стали ВСтЗсп, толщиной 10 мм, собирали встык (соединение С17) по ГОСТ 14771-76 и сваривали на сборочно-сварочной оснастке и с минимальным зазором 0-1 мм.

Полученные образцы подвергли следующим видам исследований и испытаний: визуально-измерительный контроль; исследование микроструктуры; измерение твердости;

После образования неразъемного соединения произведена визуальная оценка (табл. 2) согласно ГОСТ 14771–76, тип соединения С2. Пользуясь УШС-3 на 1-ой и 3-ей детали обнаружено небольшое отклонение ширины шва и высоты усиления, корень шва сформирован хорошо. На 2-ой и 4-ой детали нарушение соосности, что не позволяет произвести точные замеры.

Таблица 2 – Параметры сварных швов

| Деталь | Ширина шва, мм | Высота усиления, мм | Толщина, мм |
|--------|----------------|---------------------|-------------|
| 1      | 13             | 3                   | 5           |
| 2      | -              | -                   | -           |
| 3      | 10             | 2                   | 7           |
| 4      | -              | -                   | -           |

Результаты измерения твердости полученных образцов сведены в таблицу 3. Замеры твердости производились в зоне основного металла, ЗТВ и металле шва.

Сравнительный анализ твердости показал удовлетворительную твердость всех образцов по отношению к основному металлу без существенных изменений. Среднее увеличение твердости металла шва на 25 % больше твердости основного металла и равномерно по всему сечению шва от корневого валика до облицовочного. Твердость зоны термического влияния выше не более чем на 5 % твердости основного металла.

Таблица 3 – Результаты измерения твердости НРА

| № образца | Место измерения |      |            |
|-----------|-----------------|------|------------|
|           | основной металл | ЗТВ  | металл шва |
| 1         | 51              | 53   | 55         |
|           | 44              |      | 52         |
|           | 42,5            |      | 49         |
| 2         | 46,5            | 49   | 60         |
|           | 46,5            |      | 67         |
|           | 44,5            |      | 59         |
| 3         | 43              | 53   | 50         |
|           | 35              |      | 53         |
|           | 45              |      | 47         |
| 4         | 44,5            | 45,5 | 51         |
|           | 45              |      | 52         |
|           | 46              |      | 46         |

Металлография шлифов при увеличении  $\times 100$  крат представлена на рисунке 3.

| Образец | основной металл                                                                     | линия сплавления                                                                     | металл шва                                                                            |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       |    |    |    |
| 2       |    |    |    |
| 3       |   |   |   |
| 4       |  |  |  |

1 – образец №1 (2 прохода); 2 – образец №2 (3 прохода); 3 – образец №3 (1 проход); 4 – образец №4 (3 прохода)

Рисунок 3 – Структура образцов при увеличении  $\times 100$  крат

На образце №2 нет четкой линии сплавления и наблюдается, перегрев металла с крупнозернистой структурой, имеющей крупнокристаллический излом вследствие высокотемпературного нагрева. Вследствие чего можно предположить, что 600 мм/мин слишком маленькая скорость для получения сварного соединения за 3 прохода. Наиболее равномерная структура с минимальной линией сплавления получена на образце №4. Образец №4 сваривался за 3 прохода, но скорость сварки была выше остальных экспериментов и составляла 1000 мм/мин. Можно предположить, что при этой скорости происходит отпуск предыдущих валиков и металл шва не подвергается перегреву или пережогу.

Выводы:

Для отработки методик выбора режимов автоматической сварки в среде углекислого газа, обеспечивающих получение качественных сварных соединений получены контрольные образцы с варьированием параметров между экспериментами.

Апробация методики производилась на пластинах толщиной 10 мм из материала СтЗсп, тип сварного соединения С17 ГОСТ 14771-76.

Представленные в работе результаты позволяют сделать вывод о том, что режим №4 является оптимальным.

На образце №2 нет четкой линии сплавления и наблюдается, пережог металла. Образование крупного зерна и снижение ударной вязкости в результате высокотемпературного из-за пере-

грева стали. Вследствие чего можно предположить, что 600 мм/мин недостаточная скорость для получения сварного соединения за 3 прохода.

Наиболее равномерная структура с минимальной линией сплавления получена на образце №4. Образец №4 сваривался за 3 прохода, но скорость сварки была выше остальных экспериментов и составляла 1000 мм/мин. Можно предположить, что при этой скорости происходит отпуск предыдущих валиков и металл шва не подвергается перегреву или пережогу.

Научно-исследовательские работы выполнены за счёт средств ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», выделяемых на научный проект «Разработка алгоритма и исследование процесса программируемого управления формированием сварочно-наплавочного валика (в том числе и в применении аддитивных технологий) на установке автоматической сварки в защитных газах».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Фролов А.В. Установка автоматической сварки элементов судовых трубопроводов // Морские интеллектуальные технологии № 2 том 2, 2021 С. 91-96 <https://doi.org/10.37220/MIT.2021.52.2.057>

2 Richter, A., Gehling, T., Treutler, K., Wesling, V., Rembe, C. Real-time measurement of temperature and volume of the weld pool in wire-arc additive manufacturing (2021) Measurement: Sensors, 17, статья № 100060, Elsevier Ltd. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85122694208&doi=10.1016%2fj.measen.2021.100060&partnerID=40&md5=88b9b78acea8bca21ffdab509e88a4eb>

3 Sidoruk, V.S., Maksimov, S.Yu., Krazhanovskiy, D.N. Development of arc welding technology with support of stability of electrode melting process (2021) Solid State Phenomena, 316 SSP, pp. 582-588. Trans Tech Publications Ltd <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85106163562&partnerID=40&md5=2dbac75a70dacef5054d1aeca7a00f16>

УДК 669.015

Старцев Егор Андреевич, аспирант; Startsev Egor Andreevich

Григорьев Владимир Владимирович, аспирант; Grigorev Vladimir Vladimirovich

Брянский Антон Александрович, аспирант; Bryanskiy Anton Akeksandrovich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент; Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПОИСК АЛЬТЕРНАТИВ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ДЕФИЦИТА ЛОМА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА «АМУРСТАЛЬ»**

### **SEARCH FOR ALTERNATIVES IN SOLVING THE PROBLEM OF SCRAP SHORTAGE AT THE AMURSTAL METALLURGICAL PLANT**

Аннотация. В работе представлены основные результаты анализа производственного процесса металлургического завода ООО «Амурсталь» в условиях дефицита сырья. На основании анализа технологического процесса производства стали, альтернативных видов металлошихты и возможных ее поставщиков, авторами представлен комплекс решений, а также разработана стратегия развития ООО «Амурсталь», обеспечивающая производство стали в 1,5 млн. до 2024 г. Авторами предлагается переработка шлака из запасов металлургического завода для получения металлического полуфабриката и переработка вторичного шлака для получения сварочных и наплавочных материалов, получение портландцемента. В качестве основного решения проблемы дефицита сырья, предлагается использование железорудных окатышей и модернизация участка электросталеплавильной печи ДСП, конструкцией, обеспечивающей подогрев и подачу железорудных окатышей в печь.

Abstract. The paper presents the main results of the analysis of the production process of the metallurgical plant LLC "Amurstal" in conditions of shortage of raw materials. Based on the analysis of the technological process of steel production, alternative types of metal charge and its possible suppliers, the authors presented a set of solutions, as well as developed a development strategy for Amurstal LLC, which provides steel production of 1.5 million by 2024. The authors propose the processing of slag from the reserves of the metallurgical plant to obtain metal semi-finished products and the processing of sec-

ondary slag to obtain welding and surfacing materials, obtaining Portland cement. As the main solution to the problem of shortage of raw materials, it is proposed to use iron ore pellets and modernize the section of the chipboard electric steelmaking furnace, a design that provides heating and feeding of iron ore pellets into the furnace.

Ключевые слова: металлошихта, дефицит, техногенные отходы, металлургический шлак, переработка, чугун, химический состав.

Keywords: metal charge, shortage, technogenic waste, metallurgical slag, processing, cast iron, chemical composition.

Металлургические предприятия ведущих промышленных стран всё активнее включаются в борьбу за снижение выбросов углекислого газа в окружающую среду, отдавая себе отчёт, что речь идёт не только об экологической ответственности, но и за счет развития и внедрения новых технологий переработки железа [1].

На Дальнем Востоке в металлургической промышленности существует проблема, связанная с ростом дефицита лома: по итогам 2019 г. дефицит составил 129 тыс. тонн.

Лом черных металлов является компонентом металлошихты для производства стали наряду с чугуном, и металлизированным сырьем. Металлошихта для основных сталеплавильных процессов может варьироваться в довольно широком диапазоне и зависит в большинстве случаев от доступности ресурсов и экономической эффективности их использования. Металлический лом составляет основу шихты для электропечей: на 1 т выплавляемой в электропечах стали расходуется ~950 кг лома.

Образующийся дефицит металлического лома в регионах его активной переработки приводит к использованию альтернативных составляющих шихты, таких как твердый чугун (ТЧ), ГБЖ или к проведению плавки с использованием только жидкого чугуна (ЖЧ) или металлического лома (МЛ) [2].

Источником железа также могут являться железорудные окатыши (ЖРО). Но так как в состав этого материала входит определённая доля оксидов железа и пустой породы, что влияет на его температуропроводность, применение этого сырья совместно с металлоломом при выплавке полупродукта обуславливается увеличением материальных и энергетических затрат, повышением содержания оксидов железа в электропечном шлаке, уменьшением стойкости огнеупорной футеровки печи.

Так же дефицит лома можно восполнить железом, содержащимся в металлургических шлаках. В работе [3] описаны различные исследования по переработке и использованию металлургических шлаков в качестве различных материалов. Как и с возможностью последующего извлечения железа, которое в дальнейшем может быть использовано в качестве металлошихты для производства стали.

Целью настоящей работы является разработка стратегии по сокращению дефицита лома за счет повышения доли альтернативных материалов металлошихты сталеплавильного производства «Амурсталь» для обеспечения мощности производства 1,5 млн т. в течение 3-х лет.

Производство стали на предприятии «Амурсталь» происходит следующим образом (рисунок 1). Подготовка шихты включает в себя сопутствующую подготовку лома, отделение шлакообразующих и ферросплавов, смешивание известняка, углеродосодержащих материалов и металлолома.



Рисунок 1 – Технологическая схема производства ООО «Амурсталь»

При анализе технологии производства было установлено, что ключевым узлом является электродуговая печь, для которой возможны решения в виде использования альтернативных источников железа за счёт установки вспомогательного оборудования и переработка отходящего шлака, содержащего до 40% железа (таблица 1).

Таблица 1 – Средний химический состав электросталеплавильных шлаков

| Элемент | CaO     | MgO    | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe/FeO | MnO   |
|---------|---------|--------|------------------|--------------------------------|--------|-------|
| %       | 30 - 45 | 3 - 10 | 15-20            | 3 – 5                          | 20-40  | 5 - 6 |

Проанализировав возможные источники сырья, установлено, что закупка и использование ТЧ и ГБЖ не рациональна в связи с высокой стоимостью поставки. Также использование ГБЖ приводит к снижению производительности печей, а ТЧ к повышенному расходу шихты.

Однако, возможно использование железорудных окатышей с учётом их подогрева и переработка отходящего шлака, рассмотренное в качестве комплексного решения.

Известно, что теплопроводность окатышей приводит к увеличению расхода энергии для их расплавления. В качестве решения данной проблемы предлагается модернизация участка ДСП №2 конструкцией подогрева и подачи окатышей (рисунок 2).

Основными элементами конструкции служат 2 барабана:

- при вращении барабана №1 лопасти захватывают из потока сырье и ссыпают его обратно, увеличивая площадь его контакта с поверхностью горячего агента. Материал высушивается и нагревается от 25 °С до 300 – 350 °С.

- в барабане № 2, материал перемещается навстречу потоку нагреваемого агента. Тепловую энергию окатыши получают частично за счет контакта с футеровкой барабана и частично от проходящего над материалом теплового потока, нагреваясь до 1000 °С.

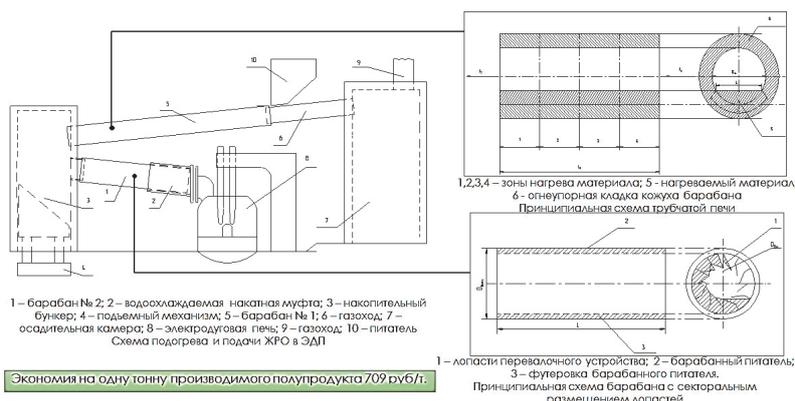


Рисунок 2 – Конструкция для подогрева и подачи ЖРО в ЭДП

В результате рекуперации тепла отходящих газов можно получить 105 тонн металлургических окатышей, нагретых до температуры 1000 °С.

Подача организована таким путем, что сырье попадает в самую «горячую зону» печи, при этом время плавки сокращается до 40 минут.

Также, при анализе технологии выявлено, что в электросталеплавильном производстве одним из побочных продуктов является металлургический шлак. В среднем по России в металлургических шлаках при отбывании на шлакоотвал остается от 20 до 40% оксидов железа, таким образом, одним из возможных источников металлошихты может являться металлургический шлак.

Найденное решение позволяет извлекать из металлургического шлака, содержащего от 20 до 40% железа, металлический полупродукт, который в свою очередь может быть использован как дополнительный источник металлошихты при выплавке стали.

Вторичный шлак, остающийся после извлечения железа, можно использовать в качестве: клинкера для изготовления портландцемента, основой для сварочных флюсов, наполнителя в сварочных проволоках и т.д. (рисунок 3).

В качестве решения вышеуказанной проблемы разработан стратегический план увеличения доли альтернативных видов металлошихты, обеспечивающий ООО «Амурсталь» мощностью производства в 1,5 млн т. в течение 3-х лет (рисунок 4).



Рисунок 3 – Схема безотходной переработки ковшевого и электропечного шлака

В качестве поставщиков дополнительного сырья стоит использовать ближайшие комбинаты, имеющие ресурс покрытия дефицита металлолома. Закупка окатышей возможна у Качканарского ГОК, а концентрата руды у Кимкано-Сутарского ГОКа в ЕАО. При сохранении количества выпуска готовой продукции на уровне 600 тыс. тон (более 1,5 млн тонн за 3 года) и дефицитом металлолома, увеличивающимся с каждым годом на 50 тыс. тон, суммарная полученная экономия составит 50 тыс. долларов только за счёт сырья.

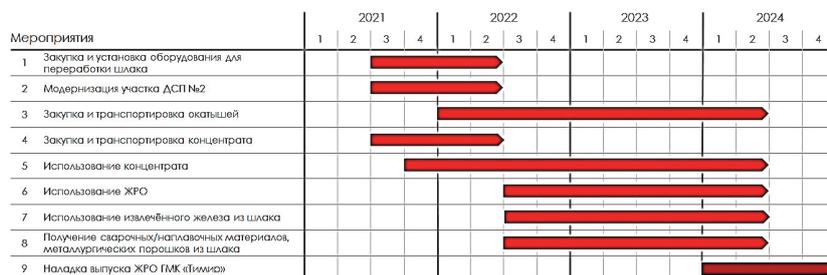


Рисунок 4 – Стратегический план увеличения доли альтернативных видов металлошихты с учетом технологических особенностей производства на ООО «Амурсталь»

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Кришер Б. Российский рынок стали в кризисе // Черные металлы. – 2015. – №11. – С. 63-64.
- 2 Бигеев В.А., Колесников Ю.А., Сергеев Д.С., Потапова М.В., Писчаскина А.В. Технологическая оценка результатов реструктуризации металлошихты сталеплавильных агрегатов. // Сборник трудов 14 конгресса сталеплавыльщиков. 2016. С. 143-147.
- 3 Шешуков Ю.А., Егизарьян Д.К., Лобанов Д.А. Безотходная переработка ковшевого и электропечного шлака // Известия вузов. Черная металлургия. 2021. Т. 64. № 3. С. 192–199.

УДК 621.791

Улановская Анастасия Игоревна, студент; Ulanovskaya Anastasia Igorevna

Клешнина Оксана Николаевна, кандидат технических наук, доцент; Kleshnina Oksana Nikolaevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА, МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ШВА

#### PRODUCTION PROCESSES, METHODS OF WELDING WIRE PREPARATION AND THEIR IMPACT ON THE QUALITY OF THE SEAM

Аннотация. В работе раскрыты следующие вопросы: процесс производства и его влияние на качество сварочной проволоки сплошного сечения; соответствие требований нормативной документации современным технологиям; способы подготовки присадочного материала к сварке (с описанием причин их непригодности); вероятно оптимальный способ подготовки сварочной проволоки сплошного сечения к бездефектной наплавки.

Abstract. The following issues are disclosed in the work: the production process and its impact on the quality of solid-section welding wire; compliance with the requirements of regulatory documentation to modern technologies; methods of preparation of filler material for welding (with a description of the reasons for their unsuitability); probably the optimal way to prepare solid-section welding wire for defect-free surfacing.

Ключевые слова: сварочная проволока сплошного сечения, дефекты поверхности сварочной проволоки, бездефектная наплавка, лазерная чистка металла.

Keywords: solid-section welding wire, welding wire surface defects, defect-free surfacing, laser metal cleaning.

Многочисленными исследованиями по всему миру было установлено, что качество присадочных материалов играет важнейшую роль при различных видах сварки. Залогом качества сварочных материалов можно считать: технологически верное производство; соблюдение «идеальных» условий хранения. Однако, как показала практика, зачастую не представляется возможным достижение соответствующих условий для правильного изготовления и хранения присадочных материалов, в связи, с чем появилась задача в предварительной подготовке к процессу сварки. В этой статье речь пойдёт о подготовке сварочной проволоки сплошного сечения к бездефектной наплавке.

Особенности процесса волочения (производства) приводят к возникновению на поверхности сварочной проволоки сплошного сечения различных рисок и надиров, что можно считать наиболее неблагоприятным, поскольку они являются не только самостоятельными дефектами, но и хранителями различного рода загрязнений, что усиливает их губительное воздействие. Так же при производстве сварочной проволоки меняется форма и размер слитка (заготовки), что связано с изменением формы и размеров каждого зерна металла (рис. 1), эта деформация оказывает влияние на механические, физические и химические свойства металла [1]. Требования нормативной документации, определяющей качество сварочной проволоки, до сих пор говорят о том, что проволока может быть признана пригодной ВИК и даже просто визуально без применения увеличительного оборудования, ГОСТы разработанные во второй половине прошлого века не соответствуют современному уровню оборудования и методов для контроля качества, а значит должны быть пересмотрены. Вероятно, для оценки качества поверхности сварочной проволоки следует применять растровый электронный микроскоп на основании классификации поверхностных дефектов, обнаруженных при рентгенографических испытаниях [2-4].

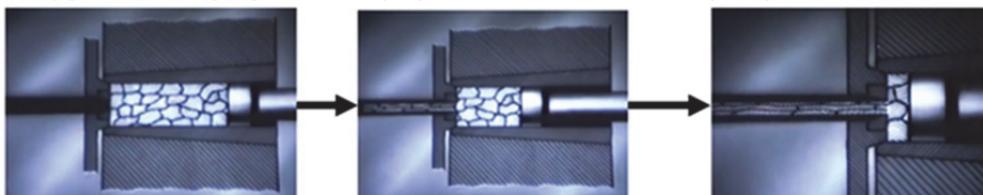


Рисунок 1 – Изменение структуры зерна металла

Широко распространённые и отлично изученные методы обработки (подготовки) поверхности сварочной проволоки сплошного сечения можно условно разделить на две группы: химические и технические [5].

Химические включают в себя:

1. Травление (процесс травления, как операция подготовки проволоки к сварке, влечёт за собой образование пемзообразной поверхности проволоки, накапливающей капиллярно – конденсированную влагу, что благоприятно влияет на образование дефектов в сварочном шве). На рисунке 2 отчётливо видны микротрещины и их структура на поверхности сварочной проволоки подверженной химическому травлению;

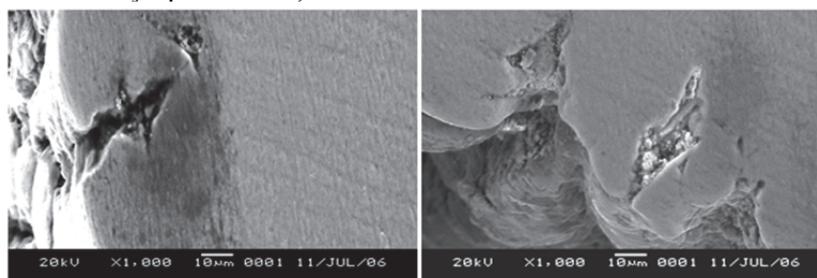


Рисунок 2 – Структура микротрещин на поверхности проволоки подверженной химическому травлению

2. Омеднение (омеднение предназначено защищать проволоку (от коррозии, воздействия окружающей среды), но поскольку сварочная проволока до её омеднения имеет дефекты, содер-

жащие капиллярно – конденсированную влагу, после омеднения дефекты продолжают своё развитие под воздействием гальванической пары, что вызывая электроэрозионную коррозию). На рисунке 3 представлено изображение поверхности сварочной проволоки подверженной омеднению, явно видны дефекты поверхности.

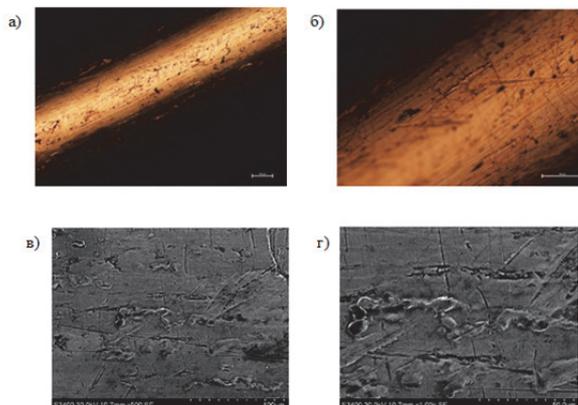


Рисунок 3 – Внешний вид поверхности омеднённой проволоки:

а, б – изображение оптического микроскопа; в, г – изображение растрового микроскопа

К техническим относятся:

1. Обработка поверхности проволоки металлической щёткой или наждачной бумагой (что в свою очередь, отчищая поверхность от видимых дефектов (загрязнений, коррозии), но служит причиной образования, не видимых человеческому глазу структурных дефектов);

2. Опескоструивание (этот способ также нельзя считать наилучшим для подготовки сварочной проволоки. Поскольку при опескоструивании образуется рыхлый поверхностный слой с местами вырывов металла с поверхности, приводящий к накоплению капиллярно-конденсированной влаги, которая во время сварки распадается на молекулы кислорода и водорода, при кристаллизации сварочной ванны выделяющийся водород не успевае полностью удаляться из металла шва, что приводит к образованию в нем газовых пор. А то факт, что опескоструивание сопровождается внедрением частиц электрокорунда на поверхности, является причиной непроваров за счёт смещения баланса энергии на плавление проволоки (поскольку температура плавления электрокорунда 2050 °С)). На поверхности проволоки в исходном состоянии (рис. 4) имеются риски протяженностью от 45 до 15 мкм, шириной 1...20 мкм. В полостях рисков имеются органические загрязнения (светлые участки). Поверхностные дефекты проволоки после операции промывки в мыльном растворе не изменились, органических загрязнений не выявлено. Внешний вид проволоки, прошедшей опескоструивание электрокорундом 14А зернистостью 16Н по ГОСТ 28818-90 не имеет дефектов исходного состояния (протяженных борозд, загрязнений закатов и трещин), но характеризуется существенно проработанным рыхлым поверхностным слоем. Имеются места вырыва металла с поверхности частицами электрокорунда, микроцарапины, кроме того, обнаружены внедренные в этот слой частицы электрокорунда размером 4 мкм.

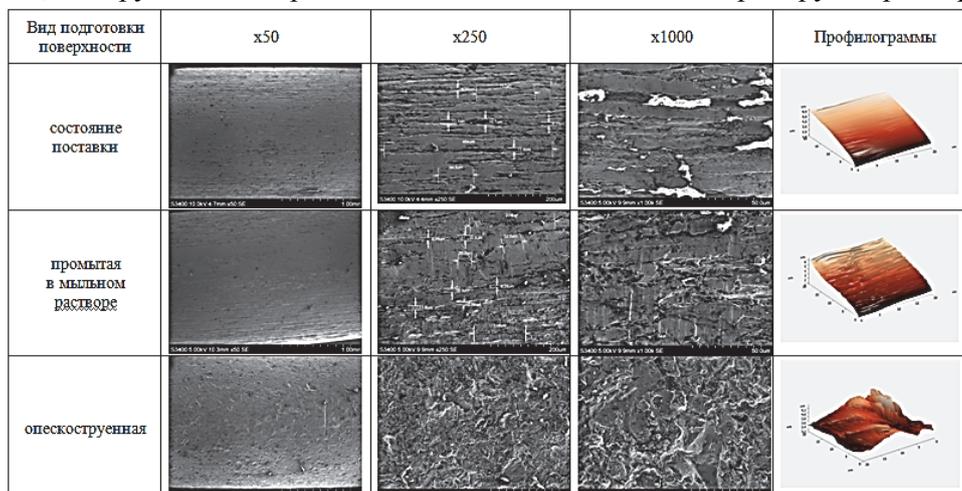


Рисунок 4 – Внешний вид поверхности проволоки в различном состоянии

В связи с перечисленными условиями несоответствия и не пригодности, как производства, так и подготовки присадочного материала, нас заинтересовал малоизвестный способ - обработка поверхности сварочной проволоки сплошного сечения при помощи лазерного луча. Лазерная чистка металла процесс уже не новый, широко применяемый и достаточно досконально изученный [6]. Данная технология применяется в следующих отраслях: нефтеперерабатывающей, автомобильной, аэрокосмической, военной, также технология очень востребована для очистки пресс-форм, объектов архитектуры и старины, однако применение лазера в сварочном производстве, как метода обработки поверхности присадочного материала ещё не изучено. Что же позволило нам считать, что лазерная очистка подойдёт для столь «ювелирного» процесса, так это то, что интенсивность лазерного воздействия на металл регулируется и может быть настолько мала, что не разрушит обрабатываемую поверхность, но этой мощности достаточно, чтобы разрушить шлаковые/коррозионные образования. То есть при лазерной обработке мы можем добиться не только чистого, но и структурно не разрушенного поверхностного слоя металла сварочной проволоки, а при необходимости, по средствам увеличения мощности, можно оплавляя поверхность проволоки исправить все дефекты, образовавшиеся при производстве сварочной проволоки сплошного сечения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Битков, В. В. Технология и машины для производства проволоки / В. В. Битков, А. Г. Залазинский. – Екатеринбург : ИМаш УрО РАН, 2004. – 337 с.
- 2 ГОСТ 7871 – 75. Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. – Введ. 1976 –07–01. – М. : Стандартиформ, 1974. 53 с.
- 3 ГОСТ 27265 – 87. Проволока сварочная из титана и титановых сплавов. – Введ. 1987–03–31. – М. : Издательство стандартов, 1987. 52 с.
- 4 ГОСТ 2246 – 70. Проволока стальная сварочная. Технические условия. – Введ. 1973–01–01. – М. : Стандартиформ, 2008. – 47 с.
- 5 Акулов, А. И. Сварка в машиностроении т. 2 / Г. А. Асиновская, В. В. Баженов – Москва : «Машиностроение», 1978. – 462 с.
- 6 Пат. 2660534 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> В 23 К 26/352, В 21 F 99/00. Способ обработки поверхности сварочной проволоки / Муравьев В. И. , Бахматов П. В. , Кравченко А. С. , Стробыкин С. А. , Волжин С. А. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КнАГТУ»). – заявл. 04.04.2017 ; опубл. 06.07.2018, Бюл. № 19. – 2 с.

УДК 621.865

Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент; Shchelkunov Evgeny Borisovich  
Карпенко Владимир Анатольевич, студент; Karpenko Vladimir Anatolievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### САМОСКЛАДЫВАЮЩИЕСЯ РОБОТЫ ОРИГАМИ

#### SELF-FOLDING ORIGAMI ROBOTS

Аннотация. Одним из перспективных направлений робототехники является оригами, получившее название благодаря применению в конструкции роботов складных структур, сходных с известным видом декоративно-прикладного искусства. Все разнообразие роботов на основе оригами можно разделить на два типа: обладающие функцией самоскладывания и не обладающие такой функцией. В работе представлена классификация, разделяющая самоскладывающихся роботов оригами на роботов по количеству заданных форм и по способу складывания.

Abstract. One of the promising areas of robotics is origami, which got its name due to the use of folding structures in the design of robots, similar to the well-known type of arts and crafts. The whole variety of origami-based robots can be divided into two types: those with a self-folding function and those without such a function. The paper presents a classification that divides self-folding origami robots into robots according to the number of given shapes and according to the folding method.

Ключевые слова: робот, оригами, складывание, программируемый материал.

Keywords: robot, origami, folding, programmable material.

В настоящее время в мире активно ведутся работы по поиску новых принципов действия, новых конструкций, новых материалов для роботов, предназначенных для решения сложных задач, недоступных традиционным роботам: манипулирования объектами неправильной формы, выполнения полосных операций и др. [1-6]. Одним из перспективных направлений робототехники является оригами, получившее название благодаря применению в конструкции роботов складных структур, сходных с известным видом декоративно-прикладного искусства.

В традиционном оригами существует несколько базовых приемов складывания (сладок). Согласно [7] наиболее подходящими для роботов являются узоры складок магического шара (рисунок 1, а), Миура Ори (рисунок 1, б), Йошимура (рисунок 1, в) диагональный (рисунок 1, г). Все разнообразие роботов на основе оригами можно разделить на два типа: обладающие функцией самоскладывания и не обладающие такой функцией.

Самоскладывание – это способность конструкции складываться и/или раскладываться без внешних манипуляций. [8].

Функция самоскладывания может быть достигнута двумя путями:

- применением в конструкции роботов программируемых материалов, способных менять свою форму под действием тепла;
- применением конструкций, состоящих из шарнирно соединенных модулей.

В качестве программируемых материалов используются многослойные композитные листы с узором динамических складок и интегрированными приводами сгибания. Обычно указанные композиционные материалы включают структурные и сжимающие слои.

Узор складок и расположение приводов обеспечивают листу одну или несколько форм складывания [9].

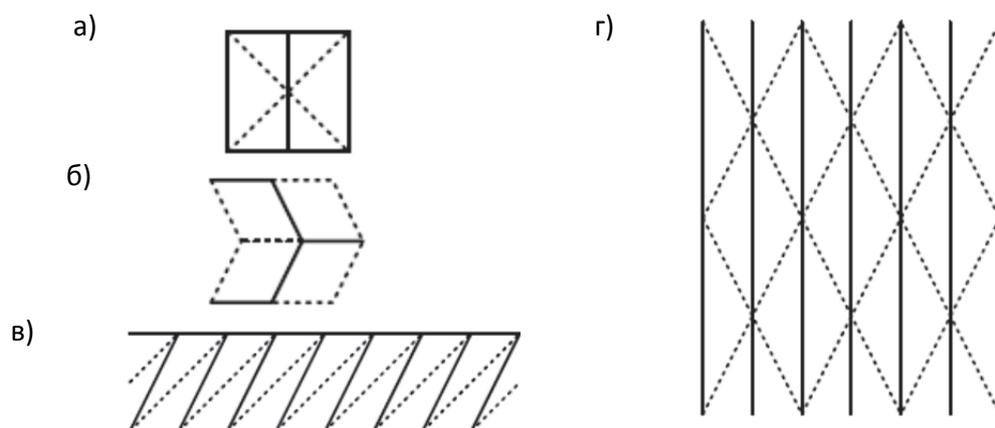
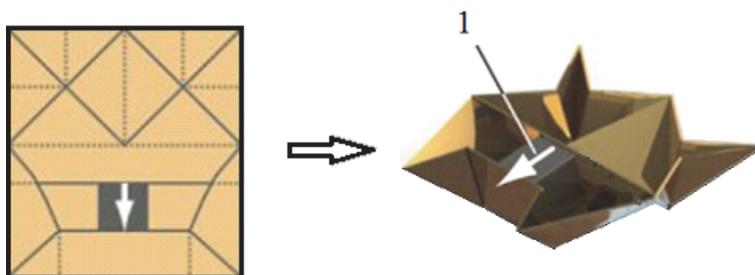


Рисунок 1 – Узоры складок оригами для роботов:

а – магический шар; б – Миура Ори; в – Йошимура; г – диагональный [7]

На рисунке 2 показана развертка из полистирола с узором динамических складок и сложенный из нее медицинский робот [2, 10]. Позицией 1 обозначен неодимовый магнит, располагающийся между складками робота. Робот приводится в движение посредством воздействия на неодимовый магнит внешнего магнитного поля.



1 – неодимовый магнит

Рисунок 2 – Складывания робота оригами

На рисунке 3 представлена идея композиционного программируемого материала с набором из двух заданных форм. [9] Квадратный лист разделен складками на 32 равнобедренных треугольника. Треугольники соединены между собой вставками из эластомера и перемычками из ни-

тиноловой фольги (материала с механической памятью формы), являющимися приводами сгибания. При пропускании электрического тока через определенную цепь нитиноловых перемычек они нагреваются и деформируются, таким образом, что лист принимает форму лодки или самолета.

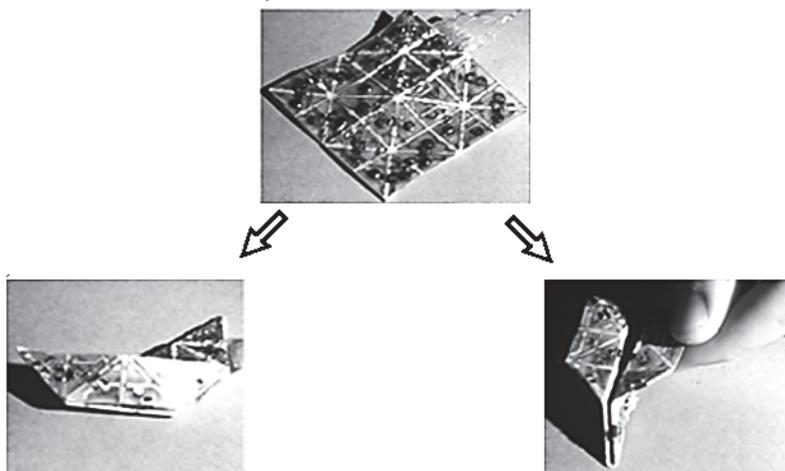


Рисунок 3 – Программируемый материал с двумя заданными формами сгибания [10]

Примером шарнирного соединения отдельных модулей робота может служить робот, собранный на основе приводного модуля Могі треугольной формы (рисунок 4, а) [11]. На каждой из трех сторон приводного модуля смонтированы приводы вращательного движения. Три пассивных модуля треугольной формы соединены с приводным модулем посредством плоских шарниров (рисунок 4, б). Управление пассивными модулями происходит от бортового контроллера, расположенного внутри приводного модуля.

Благодаря шарнирному соединению модулей и трем независимым приводам робот может складываться, принимая различные формы (рисунок 4, в, г).

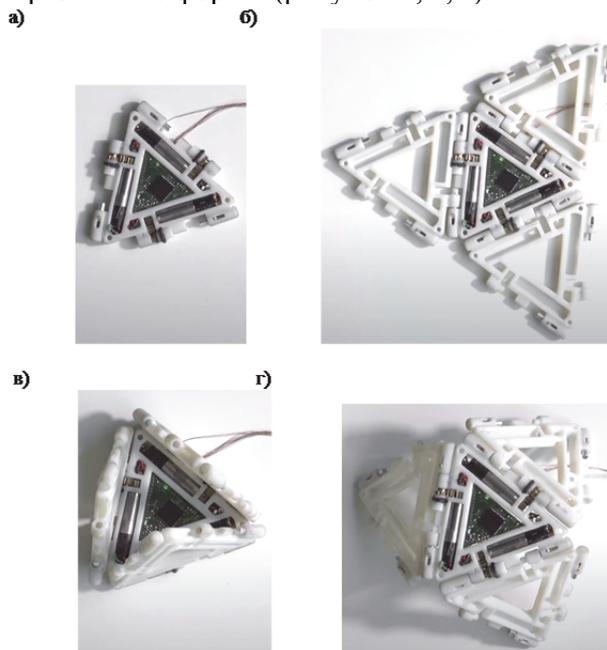


Рисунок 4 – Пример шарнирного соединения отдельных модулей робота [11]

В работе представлена классификация, разделяющая самоскладывающихся роботов оригами на роботов по количеству заданных форм и по способу складывания.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Сухоруков С.И. Анализ существующих подходов к построению следящих систем управления промышленными роботами/ С.И. Сухоруков, Е.С. Сергеева // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Редколлегия: С.И. Сухоруков (отв. ред.), А.С. Гудим, Н.Н. Любушкина. Комсомольск-на-Амуре, 2021. С. 67-71.

2 Miyashita, Shuhei, Steven Guitron, Marvin Ludersdorfer, Cynthia R. Sung, and Daniela Rus. "An Untethered Miniature Origami Robot that Self-folds, Walks, Swims, and Degrades." 2015 International Conference on Robotics and Automation, May 2015.

3 Лепехина С.Ю. Разработка структуры робототехнического комплекса для применения в кулинарии / С.Ю. Лепехина, С.И. Сухоруков // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 г. : в 4-х частях редкол. Э.А. Дмитриев (отв. ред.), А.В. Космынин (зам. отв. ред.). Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – Ч. 2. – 382 с. С. 29-31. 3

4 Лысов Н.А. Исследование возможностей управления промышленным роботом-манипулятором с применением G-кодов/ Н.А. Лысов, С.И. Сухоруков // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы III Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г. : в 3 ч. / редкол. Э.А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 1. – 484 с. С. 304-307.

5 Programmable matter by folding E. Hawkes, B. An, N. M. Benbernou, H. Tanaka, S. Kim, E. D. Demaine, D. Rus, R. J. Wood Proceedings of the National Academy of Sciences Jul 2010, 107 (28) 12441-12445; DOI: 10.1073/pnas.0914069107.

6 Щелкунов Е.Б. Мягкие роботы/ Щелкунов Е.Б., Виноградов С.В., Щелкунова М.Е., Карпенко В.А., Красиков Н.А.// Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2021. - № I(49). - С. 83-91.

7 Onal, C.D. & Wood, Robert & Rus, Daniela. (2011). Towards printable robotics: Origami-inspired planar fabrication of three-dimensional mechanisms. Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). 4608 - 4613. 10.1109/ICRA.2011.5980139.

8 Origami-inspired active structures: a synthesis and review Edwin A Peraza-Hernandez<sup>1,2</sup>, Darren J Hartl<sup>1,2</sup>, Richard J Malak Jr<sup>1,3</sup> and Dimitris C Lagoudas<sup>1,2</sup> Published 11 August 2014 • © 2014 IOP Publishing Ltd.

9 Programmable matter by folding E. Hawkes, B. An, N. M. Benbernou, H. Tanaka, S. Kim, E. D. Demaine, D. Rus, R. J. Wood Proceedings of the National Academy of Sciences Jul 2010, 107 (28) 12441-12445; DOI: 10.1073/pnas.0914069107.

10 S. Miyashita, S. Guitron, S. Li, D. Rus, Robotic metamorphosis by origami exoskeletons. Sci. Robot. 2, eaao4369 (2017).

11 Belke, Christoph H. and Jamie Paik. "Mori: A Modular Origami Robot." IEEE/ASME Transactions on Mechatronics 22 (2017): 2153-2164 DOI: 10.1109 / TMECH.2017.2697310.

УДК 621.9:519.8

Юрченко Максим Сергеевич, магистр; Yurchenko Maxim Sergeevich

Саблин Павел Алексеевич, кандидат технических наук, доцент; Sablin Pavel Alekseevich

Щетинин Владимир Сергеевич, доктор технических наук, профессор;

Shchetinin Vladimir Sergeevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ИНСТРУМЕНТА С ШЕРОХОВАТОСТЬЮ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ТОЧЕНИЯ**

## **RELATIONSHIP OF SPATIAL OSCILLATIONS OF THE INSTRUMENT WITH THE ROUGHNESS OF THE MACHINED SURFACE ON THE EXAMPLE OF TURNING**

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы влияния пространственных колебаний режущего инструмента на шероховатость обработанной поверхности. Рассмотрены параметры процесса резания, влияющие на интенсивность и частоту колебаний вершины режущего инструмента.

Из статьи следуют выводы, что шероховатость поверхности зависит от относительных колебательных процессов обрабатываемой детали и режущей кромки инструмента в рабочем пространстве во многом вызванными процессом стружкообразования.

Abstract. The article deals with the influence of spatial vibrations of the cutting tool on the roughness of the treated surface. The parameters of the cutting process that affect the intensity and frequency of vibrations of the cutting tool tip are considered.

The article concludes that the surface roughness depends on the relative vibrational processes of the workpiece and the cutting edge of the tool in the working space, largely caused by the chip formation process.

Ключевые слова: параметры шероховатости; качество поверхности; динамика процесса резания.  
Keywords: roughness parameters; surface quality; dynamics of the cutting process.

Современное развитие техники и технологий предъявляют повышенные требования к качеству изготовления деталей для различных узлов и агрегатов. Так, например, при изготовлении ряда деталей летательных аппаратов [1 - 10], возникает необходимость снятия очень большого объема материала (до 90 %), при этом, очень остро стоит вопрос применения высокопроизводительной обработки с получением заданного конструкторами точности и качества обработки.

Если точность обработки в большей степени зависит от точности системы СПИЗ (станок приспособление – инструмент – заготовка) [2], то на качество обработки резанием влияет целый комплекс параметров. Такими параметрами можно считать режимы резания, износ режущей кромки инструмента, неоднородность обрабатываемого материала и многие другие. Все эти параметры влияют на качество обработанной поверхности через изменения сил резания; динамическую устойчивость технологической системы; распределение тепла в зоне резания и так далее [3].

Данной проблеме в последнее время уделяется достаточно пристальное внимание со стороны исследователей, о чем свидетельствуют работы таких ученых [4, 5]. В работах [6] рассматриваются вопросы динамических колебаний инструмента и заготовки в определенной плоскости. В работах [7] изучен вопрос о влиянии различных технологических режимов и способов фрезерования на качество обработки по различным параметрам шероховатости ( $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_q$ ,  $R_p$ ,  $R_c$ ,  $R_t$ ,  $R_v$ ,  $R_{sm}$ ,  $R_{ku}$ ,  $R_{sk}$ ) для пространственных поверхностей.

Оценка параметров шероховатости в соответствии с ГОСТ Р ИСО 4287-2014 осуществляется в определенной плоскости поверхности  $ZOX$  (рисунок 1) [8]. В плоскости  $ZOY$  профиль поверхности имеет совершенно другую характеристику, чем в плоскости  $ZOX$ . В этой связи, для оценки качества поверхности в плоскостях  $ZOX$  и  $ZOY$ , необходимо применять различные параметры шероховатости. Так, например, при продольном точении параметры шероховатости, измеренные в радиальном направлении, в большей степени зависят от динамических характеристик технологической системы; в то время, как параметры шероховатости, измеренные в осевом направлении, больше зависят от скорости подачи, степени заострения вершины режущего инструмента и в меньшей степени зависят от динамических характеристик.

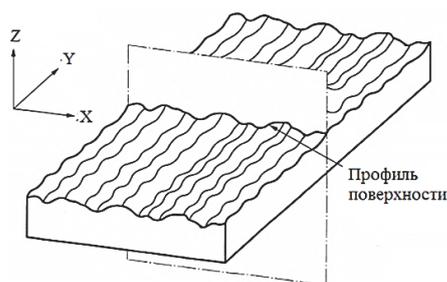


Рисунок 1 – Профиль поверхности по ГОСТ Р ИСО 4287-2014

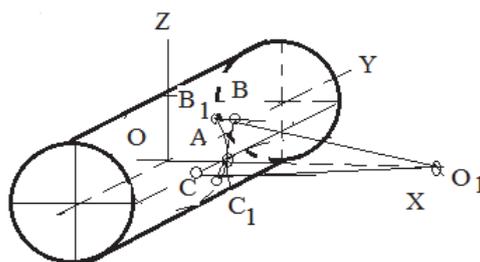


Рисунок 2 – Отклонение вершины режущего инструмента от теоретической точки контакта с заготовкой в плоскостях  $ZOX$  или  $ZOY$

В настоящее время авторами рассмотрено только влияние режимов резания на качество поверхности обработки, а также влияния динамических процессов в одной из плоскостей  $ZOX$  или  $ZOY$ .

Однако следует отметить, что режущая кромка относительно обрабатываемой поверхности совершает динамические колебательные перемещения в пространстве.

На примере обработки цилиндрического точения (рисунок 2) видно, что колебания в плоскости  $YOX$  приводит к перемещению вершины инструмента относительно заготовки на величину  $CC_1$  и в плоскости  $ZOX$  на величину  $BB_1$  соответственно (здесь, вопреки всем известным устоям и для простоты понимания рисунков 1 и 2, мы интегрировали систему координат из

ГОСТ Р ИСО 4287-2014 в схему точения). Тогда, общее отклонение от теоретической точки (линии) резания составит:

$$\Delta = \sqrt{BB_1^2 + CC_1^2},$$

где  $\Delta$  - суммарное (пространственное) отклонение вершины режущего инструмента;

$BB_1$  и  $CC_1$  – отклонение вершины режущего инструмента в плоскостях YOX и ZOX соответственно.

Чем больше амплитуда пространственных колебаний, тем больше высота неровностей обрабатываемой поверхности (шероховатости). Также на параметр шероховатости влияет частота колебаний вершины режущего инструмента. Учитывая тот фактор, что жесткость системы СПИЗ в разных плоскостях различна то и параметры шероховатости будут в этих плоскостях различны.

Для получения требуемой шероховатости обрабатываемой поверхности на ряду с установлением параметров обработки, необходимо выполнить оценку динамики пространственных колебаний инструмента относительно заготовки.

В работе [9] выполнены исследования перемещения вершины инструмента относительно детали в зависимости от частоты стружкообразования (рисунок 3, а). На графиках видно, что перемещение вершины инструмента в данном случае уже не представляет собой правильный эллипс перемещений. Предельный цикл рассогласовывается, происходит удвоение его периода. При увеличении частоты стружкообразования до 88,5 Гц (рисунок 3, б) разрушение предельного цикла продолжается – происходит утроение периода. Такие колебания приводят к тому, что получаемая шероховатость обработанной поверхности в разных плоскостях получается не одинаковая. Чем больше амплитуда пространственных колебаний, тем выше высота выступов шероховатости.

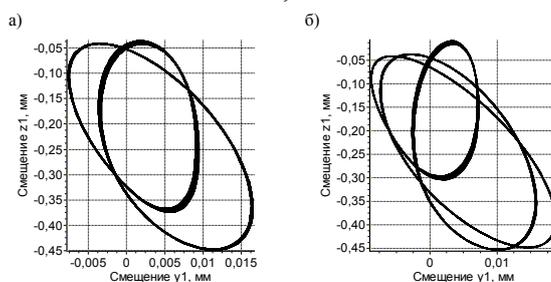


Рисунок 3 – Перемещение вершины инструмента относительно детали в виде предельного цикла динамической системы резания: а – резание с образованием элементной стружки и частотой отделения элементов 58,5 Гц (удвоение периода предельного цикла); б – 88,5 Гц (утроение периода)

Как отмечено выше что величины параметров шероховатости связана с частотой стружкообразования, которая в свою очередь зависит от колебаний инструмента относительно заготовки. В работе [8] представлены исследования взаимосвязи скорости резания с силой резания и шероховатостью поверхности.

Из графиков видно, что при обработке стали (рисунок 4), с увеличением скорости резания, уменьшается амплитуда колебаний вершины в рабочем пространстве за счет уменьшения силы резания и как следствие высоты микронеровностей (шероховатость) обработанной поверхности.

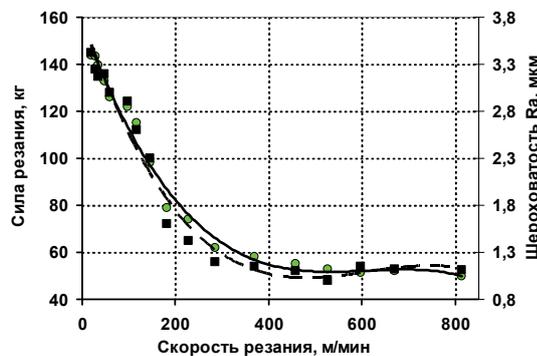


Рисунок 4 – Зависимость силы резания (сплошная линия) и шероховатости обработанной поверхности (пунктирная линия) от скорости резания при фрезеровании закаленной стали 40X

Из вышесказанного можно сделать заключение, что шероховатость поверхности зависит от относительных колебательных процессов обрабатываемой детали и режущей кромки инструмента в рабочем пространстве во многом вызванными процессом стружкообразования.

В настоящее время в КнАГУ проводятся научные исследования, направленные на изучение влияния колебаний инструмента относительно заготовки на качество обработанной поверхности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Муравьев, В.И. Особенности образования специфических дефектов при сборке крупногабаритных титановых конструкций летательных аппаратов / Муравьев В.И., Григорьев В.В., Бахматов П.В. // Вестник Московского авиационного института. - 2019. Т. 26. № 4. С. 17-27.

2 Кудинов, В.А. Динамика станков / В.А. Кудинов. – Москва : Машиностроение, 1967. – 368с.

3 Биленко, С.В. Использование цветовой пирометрии при изменении температуры стружки при высокоскоростной обработке / С.В. Биленко, П.А. Саблин, Н.К. Леонтьевская // Контроль. Диагностика. – 2013 № 8. – с. 37-43

4 Заковоротный, В.Л. Влияние флуктуаций на устойчивость формообразующих траекторий при точении / Заковоротный В.Л., Гвинджилия В.Е. // Известия высших учебных заведений. Северокавказский регион. Серия: Технические науки. 2017. № 2 (194). С. 52-61.

5 Кабалдин, Ю.Г. Самоорганизующиеся процессы в технологических системах обработки резанием. Диагностика, управление : монография / Ю.Г. Кабалдин, А.М. Шпилев – Владивосток: Дальнаука, 1998. – 296 с.

6 Кабалдин, Ю. Г. Математическое моделирование динамической устойчивости процесса резания в виде нелинейного осциллятора с разрывными характеристиками / Ю. Г. Кабалдин, С. В. Биленко, П. А. Саблин // Вестник машиностроения. 2006. – №10, С. 35–43.

7 Гимадеев, М.Р. Повышение качества механообработки сложнопрофильных деталей на пятикоординатных обрабатывающих центрах : специальность 05.02.07 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» : дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Гимадеев Михаил Радикович ; Тихоокеанский государственный университет. – Хабаровск, 2018. – 142 с. – Место защиты: Комсомольский-на-Амуре государственный университет. Комсомольск-на-Амуре, 2018.

8 ГОСТ Р ИСО 4287-2014. Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности. Профильный метод. Термины, определения и параметры структуры поверхности = Geometrical Product Specifications (GPS). Surface texture. Profile method. Terms, definitions and surface texture parameters : нац. стандарт Российской Федерации : изд. офиц. : утв. и введ. в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 декабря 2014 г. N 2078-ст : переиздание : январь 2019 / подгот. Обществом с ограниченной ответственностью "ЦИТОпроект" (ООО "ЦИТО-проект") на основе собственного перевода на русский язык англоязычной версии стандарта ISO 4287 "Geometrical Product Specifications (GPS) - Surface texture: Profile method - Terms, definitions and surface texture parameters", IDT.

9 Саблин, П.А. Повышение эффективности высокоскоростной механической обработки : специальность 05.03.01 «Технология и оборудование механической и физико-технической обработки» : дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Саблин Павел Алексеевич ; Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет. Комсомольск-на-Амуре, 2008. – 141 с.

10 Башков, О.В. Исследование деформационно-технологических характеристик стали 12X18N10T / О.В. Башков, В.А. Ким, С.З. Лончаков, Р.А. Физулаков, И.В. Белова // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019 № 1-1(37). с. 77-83.

## СЕКЦИЯ 6. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

УДК 621.18

Агарков Олег Викторович, магистрант; Agarkov Oleg Viktorovich

Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент;

Khvostikov Alexander Stanislavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА НЕПРОЕКТНОМ ТОПЛИВЕ

### DEVELOPMENT OF CRITERIA FOR RELIABILITY AND EFFICIENCY OF EQUIPMENT RUNNING ON NON-PROJECT FUEL

Аннотация. Проектирование котельного оборудования происходит для определенного вида топлива. Однако в силу определенных обстоятельств иногда на электростанциях происходит работа на непроектном топливе. В данной работе рассматриваются последствия, влияющие на надежность и эффективность работы котельного агрегата и вспомогательного оборудования на непроектном топливе. Для проектирования изменений в конструкцию котельных установок разработаны критерии надежности и эффективности работы.

Abstract. The design of boiler equipment takes place for a certain type of fuel. However, due to certain circumstances, sometimes work on non-project fuel takes place at power plants. This paper examines the consequences affecting the reliability and efficiency of the boiler unit and auxiliary equipment on non-project fuel. Reliability and efficiency criteria have been developed for designing changes to the design of boiler installations.

Ключевые слова: котлоагрегат, эффективность, надежность, характеристики топлива, факельное сжигание.

Keywords: boiler unit, efficiency, reliability, fuel characteristics, flaring.

Эффективность работы котельных установок и вспомогательного оборудования зависит в главной степени от характеристик используемого топлива. В эпоху рыночных отношений переход на новые непроектные виды топлива обусловлен не только дефицитом проектного топлива, но и экономическими соображениями. Переход на непроектное топливо требует выполнения организационных и реконструктивных мероприятий на установленном оборудовании и ознакомлении персонала ТЭЦ с особенностями использования этого топлива. Однако, вследствие ограниченности временных и материальных ресурсов, электростанции выполняют переход без подготовки оборудования.

Проведем анализ влияния непроектного топлива на оборудование. Работу выполним на примере Комсомольской ТЭЦ-2 (г.Комсомольск-на-Амуре). На Комсомольской ТЭЦ-2 эксплуатируются три котлоагрегата марки БКЗ 160-100Ф и четыре котлоагрегата марки БКЗ 210-140Ф. Все котлы рассчитаны на сжигание бурого угля Райчихинского месторождения. В последнее время работа котлоагрегатов производится на угле Ургальского месторождения (см. табл. 1). Доля углей в энергетическом балансе Дальнего востока составляет не менее 40% от общего потребления, что обуславливается низкой стоимостью выработки на единицу мощности [1].

Характеристики и состав топлива оказывает влияние абсолютно на весь технологический процесс. Сравнительный анализ применяемых углей показал, что внедряемые топлива (Ургальский и Переяславский) по сравнению с базовым (Райчихинский) имеют более высокую теплотворную способность  $Q_H^P$ , что, несомненно, повлечет увеличение температур по всему газовому тракту котла.

Класс взрывоопасности Переяславского угля – IV группы, коэффициент взрываемости  $K_T > 3,5$ . Для использования таких углей, согласно типовой инструкции правил взрывобезопасности устройств топливоподачи, необходимо сушку угля выполнять уходящими газами. Для регулирования эксплуатационной температуры пылегазовоздушной смеси за мельницей (сепаратором) предусматривается присадка в газоздухопровод перед мельницей низкотемпературных дымовых газов

при газовой сушке слабopодогрeтого и холодного воздуха при воздушной сушке топлива. Уголь Переяславского месторождения имеет повышенную минерализацию, вследствие чего были выявлены отложения сульфитов кальция на нижних кубах воздухоподогревателя. Также в минеральной части угля Переяславского месторождения содержится в твердом виде триоксид серы, который в топке котла под воздействием высоких температур распадается на диоксид серы и кислород. Вместе с дымовыми газами диоксид серы попадает в золоулавливающую установку типа «Мокрый Вентури» и при контакте с водой создает раствор сернистой кислоты, которая, реагируя с оксидами кальция в золе, образует твердые соединения сульфитов кальция в золоулавливающей установке. При сжигании Переяславского угля происходит интенсивный занос сульфитами кальция каплеуловителей золоулавливающих установок. На основании вышеизложенного можно заключить, что сжигание Переяславского угля на Комсомольской ТЭЦ-2 возможно только после проведения глубокой реконструкции основного и вспомогательного оборудования.

Таблица 1 – Характеристики углей Комсомольской ТЭЦ-2

| №                                     |                        | 1          | 2            | 3             |
|---------------------------------------|------------------------|------------|--------------|---------------|
|                                       | Бассейн, месторождение | Ургальское | Райчихинское | Переяславское |
|                                       | Марка                  | Г, Р       | 2Б, Р        | 2Б, Р         |
| Состав рабочей массы топлива, %       | $W^P$                  | 10,0       | 37,0         | 33,0          |
|                                       | $A^P$                  | 31,1       | 13,9         | 11,7          |
|                                       | $S^P$                  | 0,4        | 0,3          | 0,2           |
|                                       | $C^P$                  | 46,6       | 34,9         | 41,1          |
|                                       | $H^P$                  | 3,4        | 2,1          | 2,8           |
|                                       | $N^P$                  | 0,8        | 0,5          | 0,7           |
|                                       | $O^P$                  | 7,7        | 11,3         | 11,5          |
| Выход летучих $V^I$                   |                        | 42,0       | 43,0         | 45            |
| Теплота сгорания $Q_H^P$ , кДж/кг     |                        | 18040      | 11720        | 14690         |
| Коэффициент размолотоспособности, кло |                        | 1,3        | 1,35         | 1,25          |
| Температурные характеристики золы     | $t_1$                  | 1200       | 1150         | 1140          |
|                                       | $t_2$                  | 1500       | 1240         | 1220          |
|                                       | $t_3$                  | >1500      | 1340         | 1240          |

Уголь Ургальского месторождения имеет значительно более высокую теплотворную способность по сравнению с проектным – более чем в 1,5 раза, и высокие температуры плавкости золы. При таких условиях эксплуатации необходимо соблюдение температурных режимов работы котельных агрегатов, что требует изменение в конструкции или изменение параметров работы оборудования.

Проектирование изменений в конструкции котельных установок с целью снижения температур горения должно выполняться по критериям эффективности. Для оценки эффективности работы котельных установок и вспомогательного оборудования предлагается учитывать следующие особенности.

1. Увеличение теплоты сгорания приводит к увеличению адиабатной температуры горения и уровня температур продуктов сгорания в пароперегревателе, что влечет за собой ускорение шлакообразования поверхностей. Это может привести к снижению температуры перегрева пара на повышенных нагрузках и неудовлетворительной работе металла пароперегревателей, вплоть до разрыва труб поверхностей нагрева. Температура газов на выходе из топки должна ограничиваться 1100 °С. Температура газов перед конвективными пучками не должна превышать 850 °С.

2. Температура уходящих газов не должна превышать 215 °С. Повышение температуры уходящих газов свидетельствует о низком КПД тепловоспринимающих поверхностей котла.

3. Температура перегретого пара из условий экономичности и надежности должна варьироваться в небольших пределах (отклонение от -10 до +5 °С).

Кроме этого необходимо обеспечить расход воздуха для горения и расход уходящих газов ниже предельных паспортных значений вентиляторов и дымососов. Также оценивается работа сушильно-мельничной системы с позиции обеспечения эффективности помола  $R_{90}$  и максимальной скорости сушильного агента в пределах 3-5 м/с. Работа на непроектном топливе с обеспечением оптимальных условий его сжигания может быть достигнута изменением тонкости пыли. Изменение тонкости помола может быть достигнуто изменением скорости в шахте при наличии

гравитационного сепаратора. Необходимо обеспечить экологическую безопасность работы котельного агрегата.

Внедрение непроектного топлива происходит в несколько этапов. Первым этапом является опытное сжигание топлива. Программа опытного сжигания топлива определяется предварительными изысканиями с помощью сравнения характеристик топлив. При опытном сжигании на различных режимах определяют параметры работы котла, систем шлакоудаления и золоулавливания, топливоподготовки и других вспомогательных систем. После этого изучают состояние поверхностей нагрева.

Предыдущие этапы анализируют и определяют объем изменений в конструкции котельного агрегата и вспомогательного оборудования, которые необходимо произвести для того, чтобы привести показатели в нормативные значения. При большом объеме реконструкции после проведения изменений оборудования выполняется повторное опытное сжигание, и так до тех пор, пока нормативные показатели не будут достигнуты или их отклонение будет незначительно. Для того чтобы адекватно выполнить реконструкцию необходимо при каждом опытном сжигании стремиться к получению полного объема данных о состоянии оборудования и эти данные должны быть адекватны. Достигнуть поставленных целей можно при работе грамотных специалистов правильно проинструктированных перед началом работ [2].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Дереча А.А., Леонтьев В.И. Программа расчёта параметров работы котельной установки при сжигании непроектных углей // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, в 3 ч. Комсомольск-на-Амуре, 2020. С. 400-401.

2 Капельсон Л.М. Организация и проведение опытного сжигания непроектного топлива // Электрические станции. - 2001. - № 5. С. 16-21.

УДК621.165

Дыкер Денис Константинович, магистрант; Dyker Denis Konstantinovich  
Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент;  
Khvostikov Alexander Stanislavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ПРОЕКТ ЦЕХА ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК НА ТЕРРИТОРИИ КОМСОМОЛЬСКОЙ ТЭЦ-2**

#### **PROJECT OF THE SHOP OF HEAT PUMP INSTALLATIONS ON THE TERRITORY OF KOMSOMOLSKY COMBINED HEAT AND POWER PLANT №2**

Аннотация. В работе представлен проект технологического комплекса (цеха), включающего в себя оборудование теплонасосной установки для использования тепловой энергии конденсатора турбины Комсомольской ТЭЦ-2, отличающийся использованием пластинчатых полусварных теплообменников высокой мощности. Проведена оценка эффективности работы теплоэлектростанции с тепловым насосом. Разработан проект поэтапного строительства цеха. Реализация проекта позволяет повысить эффективность работы теплоэлектростанции за счет улучшения вакуума конденсатора и снижения затрат на производство тепловой энергии.

Abstract. The paper presents a project of a technological complex (workshop), which includes equipment for a heat pump installation for using the thermal energy of the turbine condenser of Komsomolsky Combined Heat and Power Plant №2, which is distinguished by the use of high-capacity plate semi-welded heat exchangers. An assessment of the efficiency of the operation of a thermal power plant with a heat pump was carried out. A project for the phased construction of the workshop has been developed. The implementation of the project allows to increase the efficiency of the thermal power plant by improving the vacuum of the condenser and reducing the cost of heat production.

Ключевые слова: тепловой насос, утилизация теплоты, энергоэффективность.  
Keywords: heat pump, heat recovery, energy efficiency, power unit.

Энергосбережение связано с использованием низкопотенциальных источников, оставаясь на сегодняшний день актуальным направлением для решения вопросов экономии ресурсов на тепловых электрических станциях. Большинство развитых стран Европы и Америки давно используют в качестве источников тепла низкопотенциальные источники энергии, такие как солнечная энергия, энергия ветра, энергия земли и т.д. [1]. Использование низкопотенциальных источников энергии возможно с помощью тепловых насосов. Наибольшее распространение тепловые насосы получили в США (около 4 800 МВт). Несмотря на большое количество научных трудов отечественных ученых по тепловым насосам, они не нашли широкого применения в России.

Применение теплонасосных установок (ТНУ) является выгодным не только с экономической точки зрения, но и представляется экологически безопасным вариантом [3,4]. Однако их массовое применение ограничивается отсутствием законодательной базы и государственной поддержки [2].

Целью магистерской диссертацией является повышение экономической эффективности и оптимизация тепловых потерь посредством строительства в структуре Комсомольской ТЭЦ-2 цеха ТНУ для обеспечения тепловой нагрузки потребителя.

Для обеспечения цели поставлены следующие задачи:

1. Исследование режимов работы системы теплоснабжения Комсомольской ТЭЦ-2.
2. Проведение оптимизационного исследования эффективности Комсомольской ТЭЦ-2 с цехом ТНУ.
3. Выбор типов и марок основного и вспомогательного оборудования для компоновки цеха ТНУ.

Для утилизации низкопотенциальной энергии конденсатора был выбран компрессионный ТНУ, отличающийся простотой конструкции и минимальным набором оборудования. Утилизация тепла происходит в теплообменнике, где тепло от системы технического водоснабжения передается к рабочему телу. В качестве рабочего тела был выбран аммиак, обладающий большей теплоемкостью по сравнению с другими фреонами. Затем рабочее тело сжимается в компрессоре, где повышается давление и температура. Рабочее тело в конденсаторе с повышенными параметрами отдает свое тепло системе теплофикации и далее расширяется в расширительном клапане. Расчет ТНУ производился на одноконтурной и двухконтурной схеме. Результаты расчета ТНУ приведены в работе [5]. Наибольшая эффективность достигается в двухконтурном исполнении с промежуточными теплообменниками. Эффективность оценивалась по количеству электрической энергии на привод компрессора. В одноконтурной схеме с промежуточным теплообменником затраты электрической мощности составляют 3,85 МВт, в одноконтурной схеме с промежуточным теплообменником и пароохладителем 3,66 МВт, а в двухконтурной схеме 2,77 МВт.

Ввиду плотной компоновки основного и вспомогательного оборудования, обвязки трубопроводов в условиях главного корпуса Комсомольской ТЭЦ-2, а также требований к химически опасным промышленным и пожароопасным объектам определена необходимость строительства отдельно стоящего технологического корпуса – цеха ТНУ. По предварительной оценке, геометрические размеры цеха составляют 25 x 28 м.

В качестве основного оборудования цеха ТНУ используются:

- теплообменные кожухотрубные аппараты с неподвижными трубными решетками (испарительная группа) по ТУ 3612-024-00220302-02;
- пластинчатые полусварные теплообменники (Т20-BWFG «Alfa-laval»), переохладители (М10-BWFT «Alfa-laval») и промежуточные теплообменники (ТК20-BWFX «Alfa-laval») (конденсаторная группа);
- промышленные компрессорные установки (для R717);
- баковое хозяйство (баки запаса R717);
- насосы циркуляции оборотной воды (насосы испарительной группы);
- насосы воды системы подпитки (насосы конденсаторной группы);
- насосы подачи аммиака в производственный цикл.

Вспомогательные системы: система автоматики и дистанционного контроля технологического процесса; система аварийной вентиляции с гарантируемой надежностью; система обнаружения и нейтрализации утечки аммиака; система самозакрывания дверей помещений; аварийная сигнализация; система автоматического пожаротушения и противопожарной сигнализации.

Источником тепловой энергии (теплоносителем) служит обратная циркуляционная вода из конденсатора турбины с температурой 43 °С с учетом ее охлаждения до 23 °С.

Тепловой насос позволяет более интенсивно охлаждать конденсатор, что, в свою очередь, приводит к получению более высокого вакуума и, как следствие, повышению коэффициента полезного действия турбины.

Разработан проект поэтапного строительства цеха. Строительство цеха ТНУ включает в себя следующие этапы: подготовительные геодезические работы, земляные работы, возведение конструкций фундаментов и надземной части, установка основного и вспомогательного оборудования (монтаж испарительных и конденсаторных теплообменников, монтаж компрессорной группы, бакового хозяйства, подъемно-транспортного оборудования и пр.), устройство внутренних сетей инженерно-технического обеспечения (систем вентиляции, пожаротушения, нейтрализации аммиака, вспомогательных систем, обвязки трубопроводов, КИПиА, благоустройство, устройство наружных сетей инженерно-технического обеспечения (монтаж линий трубопроводов, связей теплофикационных коллекторов), благоустройство объекта капитального строительства, пусконаладочные работы и начало испытаний, сертификация цеха ТНУ, ввод в эксплуатацию. Срок полной реализации проекта – 6 месяцев, что позволяет выполнить окончательное проектирование, строительство, монтаж и наладку уже в текущем году, а также произвести ввод оборудования в работу еще до наступления осенне-зимнего отопительного периода. Суммарная стоимость всех работ составит порядка 35 млн. руб.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Стожкова А.А. Оценка эффективности применения теплового насоса / А.А. Стожкова// Инновационная наука. 2019. №5. С. 61-62.

2 Трубаев П.А. Тепловые насосы: учеб. Пособие / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 143 с.

3 Боровков В.М. Эксергетический анализ работы ТЭЦ совместно с тепловым насосом / В.М.Боровков, А.А.Аль Алавин// Проблемы энергетики. – 2006. - №7-8. – С. 12-21.

4 Олейникова Е.Н. Исследование и оптимизация теплонасосных установок в структуре схем ПГУ – ТЭЦ, автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. тех. наук. – Москва. – 2015. – 16 С.

5 Дыкер Д.К., Хвостиков А.С. Расчет теплового насоса в составе системы теплофикации ТЭЦ В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях. 2021. С. 235-237.

УДК 621.577

Елхов Максим Александрович, магистрант; Elkhov Maxim Alexandrovich  
Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент;  
Khvostikov Alexander Stanislavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ**

#### **INVESTIGATION OF THE USE OF HEAT PUMPS FOR DISTRICT HEATING**

Аннотация. Эффективность применения тепловых электростанций определяется тепловыми потерями. Коэффициент полезного действия современных электростанций достигает 40%. Наибольшие потери тепла происходят в конденсаторе. Данная работа посвящена исследованию и анализу опыта использования низкопотенциальной энергии конденсатора для теплоснабжения.

Abstract. The efficiency of thermal power plants is determined by thermal losses. The efficiency of modern power plants reaches 40%. The greatest heat loss occurs in the condenser. This work is devoted to the study and analysis of the experience of using low-potential capacitor energy for heat supply.

Ключевые слова: тепловой насос, конденсатор, низкопотенциальное тепло, эффективность электростанции.

Keywords: heat pump, condenser, low-potential heat, power plant efficiency.

Наибольшая доля выработки электрической энергии происходит на тепловых электростанциях, работающих на органическом топливе. Основу расходов на выработку электрической и тепловой энергии составляют затраты на топливо. Также немаловажным являются выбросы загрязняющих веществ и тепловые потери. Экономические и экологические факторы обуславли-

вают стремление проектировщиков снижать расходы топлива на выработку единицы электрической и тепловой энергии.

Создание комплекса технологического оборудования и разработка типовых технических решений по использованию тепловых насосов в системах теплоснабжения относится к приоритетным задачам энергетической стратегии России на период до 2030 года.

Тепловые насосы по циклам и схемам работы подразделяются на компрессионные (парокомпрессионные и газоконпрессионные) и сорбционные (абсорбционные и адсорбционные). Мало распространены тепловые насосы, основанные на эффекте Ранка, двойного цикла Ренкина, цикла Стирлинга, цикла Брайтона, а также тепловые насосы термоэлектрические, обращенный топливный элемент и т.д. Тепловые насосы классифицируют по источникам низкопотенциального тепла: окружающий воздух, водоемы, грунтовые и подземные воды, поверхностный и глубинный грунт, технологические источники. Для российских регионов анализ литературных источников показывает низкую эффективность солнечной энергии и энергии воздуха, а теплота грунта требует отчуждения земель для растениеводства. Наиболее перспективными источниками низкопотенциальной теплоты для тепловых насосов являются теплота естественных природных водоемов ( $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), сбросная теплота канализационных стоков и сбросная теплота в градирнях ( $35\text{--}40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) [1].

Одно из направлений использования тепловых насосов – выработка тепла для централизованного теплоснабжения. Существует несколько подходов выработки тепла: непосредственно на электрической станции, внедрение теплового насоса непосредственно в системы централизованного теплоснабжения и использование изолированных систем отопления [1, 2]. При внедрении тепловых насосов на ТЭЦ используются низкопотенциальные источники технологического цикла, в другом случае используют теплоту воздуха в межотопительный период, геотермальное тепло или теплоту канализации. Внедрение теплового насоса в систему централизованного теплоснабжения выгодно в период перехода от систем централизованного теплоснабжения с ТЭЦ, обладающей достаточной эффективностью, однако, имеющей значительные потери при транспортировке.

Применение компрессионных тепловых насосов в системах децентрализованного теплоснабжения возможно в негазифицированных районах как альтернатива электроотоплению. Также внедряют сорбционные тепловые насосы, отличающиеся отсутствием электрического компрессора и, следовательно, существенно меньшими затратами электроэнергии, а также тем, что позволяют использовать менее глубокие скважины бурения при геотермальных источниках низкопотенциального тепла. Для существующих систем использования тепловых насосов в системах децентрализованного отопления можно отметить высокие удельные капитальные вложения, ограничение по температуре на выходе не более  $60\text{--}65\text{ }^{\circ}\text{C}$  и охлаждение грунта вблизи системы теплосбора. Опыт применения тепловых насосов в Ярославской области и европейских странах позволяет сделать вывод о наибольшей эффективности таких систем в составе комплексной системы теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования, применяющиеся в России, в том числе и для промышленных зданий. Наиболее перспективным решением для крупных и промышленных зданий является применение так называемых кольцевых систем.

Тепловые насосы встраиваются в систему неочищенных сточных вод. Примерами применения тепловых насосов, утилизирующих тепло канализации являются: установка, предназначенная для подогрева водопроводной воды перед котлами районной тепловой станции восточной коммунальной зоны г. Зеленограда (2,07 МВт), теплонасосные установки на базе канализационных насосных станций в Набережных Челнах, Перми и Вологде. Все эти установки работают на базе компрессионных тепловых насосов и имеют дополнительный подогрев воды, подаваемой в систему центрального отопления. Также встречаются проекты по утилизации тепла шахтных вод (шахта «Осинниковская», г. Новошахтинск).

Наиболее эффективно применение тепловых насосов большой мощности в крупных городах. Мощные тепловые насосы имеют более низкие капиталовложения на 1 кВт тепловой мощности, меньшую занимаемую площадь и более высокие технико-экономические показатели. Крупные парокомпрессионные тепловые насосы с винтовыми компрессорами производят в Новосибирске (ЗАО «Энергия») тепловой мощностью 500 – 3000 кВт (большая мощность достигается за счет объединения блоков по 500 кВт), с центробежными компрессорами – в Казани (НПО «Казанькомпрессормаш») тепловой мощностью до 8,5–11,5 МВт. Самый крупный парокомпрессионный тепловой насос имеет тепловую мощность до 30 МВт с двухступенчатыми центробежными компрессорами. Примеры внедрения мощных тепловых насосов в России:

- парокompрессионные: г. Тюмень, Велижанский водозабор, для отопления поселка (3700 кВт), г. Горно-Алтайск (270 кВт), г. Новосибирск, для горячего водоснабжения Академгородка в летнее время (1000 кВт), использующие в качестве низкопотенциального тепла водоемы (7-10 °С);
- абсорбционные: Новосибирская ТЭЦ-4 (2000 кВт), ТЭЦ-28 ОАО «Мосэнерго», использующие отработанный в турбине пар.

Основу тепловых потерь электростанции составляют потери в конденсаторе. Невозможность использования теплоты конденсатора обусловлена низкими температурами подогрева. При прямоточном техническом водоснабжении перепад температур до и после конденсатора не может быть более 5 °С. При использовании градирен – перепад температур не более 10 °С. Повысить эффективность применения низкопотенциальных тепловых источников могут тепловые насосы.

Наибольшую эффективность внедрения в централизованную систему отопления имеют абсорбционные тепловые насосы. Источником тепловой энергии для преобразования теплоты служат отборы пара, что повышает эффективность паровых турбин за счет увеличения производства электроэнергии на тепловом потреблении. При использовании в качестве низкопотенциального источника теплоты конденсатора можно сократить температуру конденсации, что также повышает эффективность паровой турбины за счет увеличения теплоперепада, срабатываемого в турбине.

Анализ эффективности применения абсорбционного теплового насоса в составе турбоустановки Т-180/210-130 для выработки тепловой энергии показывает, что лучше использовать абсорбционный тепловой насос единичной мощности 25 МВт, из которых 14,51 МВт передаются от циркуляционной воды градирни с коэффициентом трансформации 1,778. Результаты расчета турбоустановки на 6 тепловых насосов с общей тепловой мощностью 150 МВт позволяют сделать вывод о повышении КПД по производству электроэнергии на 0,69 %, улучшении вакуума на 1,5 кПа, приросте электрической мощности на 1,775 МВт, уменьшении удельного расхода условного топлива на производство электроэнергии на 46,191 кг/(кВт\*ч) [3].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Тепловые насосы в современной промышленности и коммунальной инфраструктуре. Информационно – методическое издание. — М.: Издательство «Перо», 2016. – 204 с.

2 Кобылкин М.В. Повышение эффективности использования тепловых насосных установок в системах «ТЭЦ-потребитель»: специальность 05.14.01 – Энергетические системы и комплексы: дис. ... канд. техн. наук / Кобылкин Михаил Владимирович; Забайкальский государственный университет. – Чита – 2018. – 133 с.

3 Шидловская Д.К., Седелников Г.Д. Абсорбционный тепловой насос для турбоустановки Т-180/210-130 // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. материалы 45-й научно-технической конференции студентов и аспирантов. ФГБОУ ВПО «КнАГТУ». 2015. С. 543-545.

УДК 624.21

Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук; Zhurbina Irina Nikolaevna

Журбин Владимир Олегович, ведущий инженер; Zhurbin Vladimir Olegovich

Костиков Сергей Александрович, студент; Kostikov Sergei Aleksandrovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Дальневосточный филиал ФАУ «РОСДОРНИИ»

Harbin Institute of Technology

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОПУСКА ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО МОСТОВЫМ СООРУЖЕНИЯМ

### THE STUDY OF THE POSSIBILITY OF PASSING HEAVY WEIGHT AUTOMOBILE VEHICLES ON BRIDGE CONSTRUCTIONS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию возможности пропуска тяжеловесных автомобильных транспортных средств по мостовым сооружениям. Рассматривается определение коэффициентов загрузки относительно нормативных и расчетных нагрузок.

Abstract. This work is devoted to the study of the possibility of full-weight vehicles on bridge structures. The definition of load coefficients in relation to normative and calculated indicators is considered.

Ключевые слова мосты, грузоподъемность мостов, коэффициенты загрузки, подвижная нагрузка.

Keywords: bridges, carrying capacity, load coefficients, moving load.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Грузоперевозчик просит произвести оценку возможности пропуска тяжеловесных автомобильных транспортных средств по мостовым сооружениям.

Характеристика груза: не делимый. Габариты – 6.25x4.3x3.40м, масса – 60 т. Длина, ширина, высота автопоезда с грузом – 21.653x4.5x4.35 м. Общая масса груза с тягачом и полуприцепом 91.587 т.

На автомобильной дороге n-ное число мостовых сооружений, которые в соответствии с Приказом Министерства транспорта РФ от 5 июня 2019 г. N 167 «Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства», подлежат оценке технического состояния.

На основании этого, проезд по данным мостовым сооружениям, указанного выше груза, допускается после дополнительного обследования данных мостовых сооружений и проведения расчетов грузоподъемности с целью определения возможности пропуска сверхнормативной нагрузки в соответствии с [1, 2, 3, 4].

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЕЗДА ТЯЖЕЛОВЕСНОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ПО МОСТОВЫМ СООРУЖЕНИЯМ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Возможность проезда тяжеловесного АТС по мостовым сооружениям определяется величиной коэффициента загрузки  $K_{загр}$ . несущих элементов моста. Коэффициенты загрузки рассчитывают, как соотношение изгибающих моментов и поперечных сил в сечениях элементов моста от заявленной нагрузки и нагрузок НК, соответствующих фактической грузоподъемности мостов. Фактическая грузоподъемность – это показатель, установленный с учётом фактического состояния сооружения по результатам диагностики, обследования, а также, при необходимости, дополнительного маршрутного обследования при пропуске сверхнормативной нагрузки.

Расчет коэффициентов загрузки мостовых сооружений маршрута перевозки должны выполняться, как правило, при условии пропуска заявленных нагрузок в одиночном порядке по оси сооружений, а для мостов, находящихся в ремонте, – по любой полосе движения, с ограничением скорости до 10 км/час. Результаты расчета для двух мостов, выполненного в программе MIDAS, в виде максимальных, наиболее неблагоприятных величин  $K_{загр}$ . представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчета

| № | Наименование сооружения, проектные нагрузки | Коэффициент загрузки |           |
|---|---------------------------------------------|----------------------|-----------|
|   |                                             | нормативный          | расчетный |
| 1 | мост через р. Березовка, НК-80              | 0.79                 | 0.65      |
| 2 | мост через руч. Петровский, НК-80           | 0.63                 | 0.47      |

Предельные значения по изгибающим моментам в середине пролета и поперечным силам в приопорном створе приняты согласно типовому проекту пролетных строений. В случае отсутствия информации по типовому проекту и предельных значений, выполняется расчет согласно отраслевого дорожно-методического документа (ОДМ).

На рисунке 1 показана схема пользовательской (Груз) и стандартной (НК-80) подвижной нагрузки.

Коэффициенты загрузки определены относительно нормативных и расчетных нагрузок. Относительно расчётных нагрузок коэффициенты загрузки как правило меньше на  $x$  число раз, равное произведению коэффициента надёжности и динамического коэффициента к нагрузке (примерно в 1.2÷1.5 раз).

Коэффициенты загрузки определены из условий пропуска нагрузки в одиночном порядке (при отсутствии на сооружении каких-либо нагрузок) по оси пролётного строения.

Значение коэффициента загрузки  $K_{загр} \leq 1.0$  свидетельствует о возможности пропуска заявленных нагрузок, при котором несущие элементы моста загружены меньше, чем от нормативной нагрузки, допускаемой фактическим состоянием моста. При этом сохраняется дополнительный запас прочности, предусмотренный коэффициентом надёжности мостового сооружения (1.2-1.5) и снижением динамического воздействия путем ограничения скорости движения заявленных нагрузок по мостам [5, 6].

## РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОСУЩЕСТВЛЕНИЮ БЕЗОПАСНОЙ ПЕРЕВОЗКИ ТЯЖЕЛОВЕСНОГО ГРУЗА

По мостовым сооружениям допускается пропуск заявленных нагрузок общей массой 91.587 т при условии проезда по оси сооружения в одиночном порядке со скоростью до 10 км/час

и отсутствии других нагрузок на сооружении (в соответствии с расчетом коэффициентов загрузки). Для обеспечения указанных условий движения АТС должно сопровождаться автомобилем прикрытия [4, 5, 6].

При ширине транспортного средства более 4.0 м (фактически 4.5 м) его движение должно сопровождаться патрульным автомобилем ГИБДД [4, 5, 6].

Поскольку высота заявленного автотранспортного средства с грузом больше 4 м (фактически 4.35 м), грузоперевозчик обязан проводить контрольные промеры высоты под путепроводами и другими искусственными сооружениями и коммуникациями на маршруте перевозки [4, 5, 6].

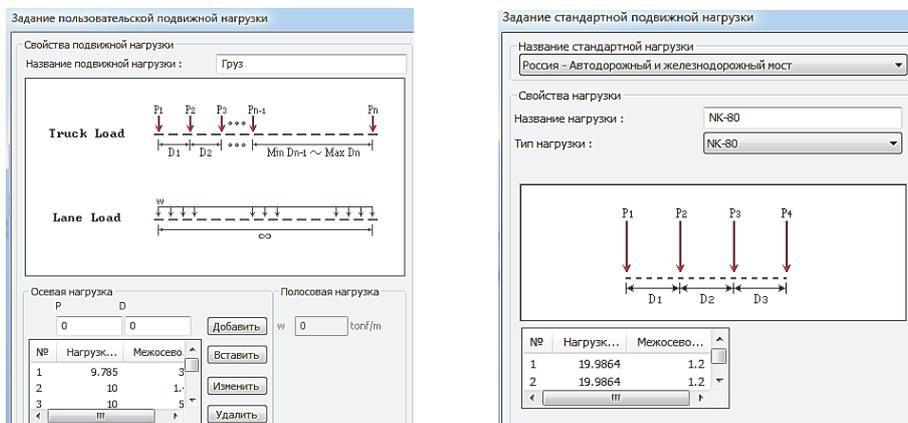


Рисунок 1 – Схема задания пользовательской и стандартной подвижной нагрузки

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Приказ Министерства транспорта РФ от 5 июня 2019 г. N 167 «Об утверждении Порядка выдачи специального разрешения на движение по автомобильным дорогам тяжеловесного и (или) крупногабаритного транспортного средства».

2 ВСН 24-88 Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог.

3 Письмо Росавтодора от 17.03.2014 № ОС-28/1270-ис. Отраслевой дорожный методический документ.

4 Федеральный закон от 08.11.2007 г. № 257-ФЗ (ред. от 27.05.2014 г.) «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

5 Постановление Правительства РФ от 21 декабря 2020 г. № 2200 «Об утверждении Правил перевозок грузов автомобильным транспортом и о внесении изменений в пункт 2.1.1 Правил дорожного движения Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).

6 Письмо Федерального дорожного агентства (Росавтодор) от 27 июня 2014 г. №01-28/12706 «О вступлении в силу приказа Минтранса России» от 15.01.2014 г. № 7.

УДК 656.225

Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук; Zhurbina Irina Nikolaevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ

### TECHNICAL EQUIPMENT FOR THE TRANSPORT OF DANGEROUS CARGOS BY RAILROAD TRANSPORTATION

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию транспортных средств, применяемых для перевозки опасных грузов железнодорожным транспортом. Представлена их краткая характеристика. Рассмотрены требования к местам погрузки и выгрузки, требования безопасности, маркировка транспортных средств.

Abstract. This work is devoted to the study of vehicles used for the transport of dangerous cargos by railroad transport. Their brief characteristics are presented. The requirements for places of loading and unloading, safety requirements, marking of vehicles are considered.

Ключевые слова: опасный груз, погрузочно-разгрузочные работы, вагон-цистерна, контейнер-цистерна.

Keywords: dangerous cargo, loading and unloading operations, tank wagon, tank container.

Для транспортировки опасных грузов по железным дорогам могут использоваться только специализированные технические (транспортные) средства. Рассмотрим их на примере перевозки сжиженного природного газа (СПГ). На рисунке 1(а) представлен пример нового железнодорожного вагон-цистерны модели 15-5106, оснащенного криогенным насосом общей вместимостью 65,4 м<sup>3</sup>. Такой вагон-цистерна транспортируется в составах общего назначения. На рисунке 1(б) представлен контейнер-цистерна модели КЦМ-40/0,7 общей вместимостью 40 м<sup>3</sup> (применяется также при перевозках автомобильным и морским транспортом, что делает его универсальным в использовании).

В соответствии с Правилами перевозки опасных грузов, такие вагоны-цистерны и контейнеры-цистерны должны иметь определенную маркировку: знаки опасности (ромбы), информационные таблицы опасного груза, транспортное наименование, шифр и предупредительный знак [1]. При перевозке СПГ применяются знаки опасности, представленные на рисунке 2. Класс 2 означает газы сжатые. В информационной таблице оранжевого цвета указывается код опасности и идентификационный номер ООН: № ООН 1972 «Метан охлажденный жидкий или газ природный охлажденный жидкий с высоким содержанием метана» [2].



Рисунок 1 – Специализированные транспортные средства:  
а – вагон-цистерна модели 15-5106; б – контейнер-цистерна модели КЦМ-40/0,7



Рисунок 2 – Маркировка легковоспламеняющегося газа

Разработка и введение в эксплуатацию таких вагонов и контейнеров целесообразна в результате повышенного спроса на перевозку опасной продукции [3]. Использование новых технологий при создании таких тар, обеспечивает кондиционность груза и полную его сохранность. Наиболее важным является процесс организации погрузки и разгрузки такой тары.

Погрузочно-разгрузочные работы с опасным грузом производятся на местах, которые находятся либо на специализированных станциях, либо на специально выделенных местах станции [4]. Эти места оборудованы необходимыми средствами пожаротушения. Используемое освещение должно быть взрывобезопасным. К нему относятся светильники, стационарное и переносное электрическое освещение, выполненное по специальным требованиям и мерам безопасности. Погрузка и выгрузка груза производятся круглосуточно, если для этого имеется достаточное освещение. В противном случае – только днем. При работе с опасным грузом подъемные механизмы, лебедки, оборудованы двумя тормозами. Если у лебедки только один тормоз, то допустимая грузоподъемность 75 % от общей. Такелажные работы ведутся только такими приспособлениями, которые не образуют искру при ударе.

Как видно, транспортировка опасного груза железнодорожным транспортом, в частности СПГ, имеет свои особенности и требует определенного подхода. Поэтому немногие компании организуют доставку таких грузов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам: с изменениями на 27 ноября 2020 года: утв. Советом по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества от 05.04.96 № 15: введены в действие 1997-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902165571> (дата обращения: 24.02.2022).

2 ГОСТ 19433-88. Грузы опасные. Классификация и маркировка: с изменением № 1: утв. и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19 июня 1988 г. № 2957: дата введения 1990-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901714253> (дата обращения: 24.02.2022).

3 Белов, А. К. Современное состояние рынка нефтепродуктов в России / А. К. Белов, О. В. Гунькова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 197-198.

4 Петренко, П. В. Технология доставки нефтепродуктов / П. В. Петренко, И. В. Каменских // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 301-303.

УДК 656.078

Зубарев Дмитрий Юрьевич, студент; Zubarev Dmitrii Yurievich

Чабанова Евгения Владимировна, кандидат педагогических наук, доцент;

Chabanova Evgeniia Vladimirovna

Пермский государственный аграрно-технологический университет  
имени академика Д.Н. Прянишникова

## ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА

### FEATURES OF VARIOUS TYPES OF TRANSPORT

Аннотация. В статье рассматриваются основные виды транспортных средств, применяемых на территории Российской Федерации, их технологические особенности, слабые и сильные аспекты их эксплуатации.

Abstract. The article discusses the main types of vehicles used on the territory of the Russian Federation, their technological features, weak and strong aspects of their operation.

Ключевые слова: грузовые перевозки, автомобили, авиация, авиатранспорт, трубопровод, водный транспорт, железные дороги, транспорт.

Keywords: freight transport, automobiles, aviation, air transport, pipeline, water transport, railways, transport.

Российская Федерация является первой страной в мире по занимаемой площади. Охват огромной территории позволяет иметь широкий выбор в расположении населенных пунктов. Добыча полезных ископаемых, постройка научных центров, расположение военных пунктов, в том числе, на границе государства, требует наличия качественной логистики, позволяющей в оптимальные сроки осуществлять грузовые и пассажирские перевозки в масштабах страны [1]. По этой причине развитие транспортных систем на территории Российской Федерации с каждым годом становится всё более значимой задачей. Для выявления направлений работы над улучшением сформировавшейся транспортной системы следует провести анализ технических особенностей имеющихся транспортных средств [3].

В этой связи, целью данного исследования становится изучение особенностей различных видов транспортных средств, применяемых на территории Российской Федерации.

В соответствии с целью, определен перечень задач: составление списка видов транспортных средств; изучение технических особенностей, отличающих конкретный вид транспорта от прочих; определение позитивных и негативных аспектов эксплуатации вида транспорта.

Транспорт, согласно определению из открытых источников, является совокупностью всех видов путей сообщения, транспортных средств, устройств и сооружений на маршрутах, позволяющих осуществлять грузовые и пассажирские перемещения из одного пункта в другой.

Транспорт, в соответствии с определенными признаками, принято разделять на виды следующим образом:

- автомобильный транспорт;
- воздушный транспорт;
- водный транспорт;
- трубопроводный транспорт;
- железнодорожный транспорт.

Ниже приведен анализ особенностей, достоинств и недостатков каждого вида транспорта.

Автомобильный транспорт – вид транспорта, позволяющий осуществлять транспортировку грузов и пассажиров по безрельсовым дорогам. В отличие от рельсового транспорта, автомобильный имеет больше степеней свободы, так как вектор движения автомобилей не ограничен направлением рельсового пути. Как правило, автомобильный транспорт используется для относительно быстрой транспортировки людей и грузов на относительно небольшие расстояния, в сельскохозяйственных, гражданских, военных целях. На дальние расстояния автомобили перевозят скоропортящиеся грузы, а также грузы, нуждающиеся в быстрой доставке, относительно хрупкие и ценные. Автомобильный транспорт является неотделимой частью хозяйственных отраслей страны. Благодаря концентрации автомобилей в крупных транспортных компаниях позволяет совершенствовать процесс перевозок. Это сокращение нерациональных перевозок, организация перевозок груза напрямую от производителя, улучшение обслуживания, расширение дислокации сервисных сетей [2].

Преимуществами автомобильного транспорта являются широкая распространённость, доступность, мобильность, относительная дешевизна эксплуатации и обслуживания. Однако, поскольку автомобильный транспорт в основном перевозит грузы на небольшие расстояния, его доля в грузообороте страны составляет лишь 7%, несмотря на то, что в зарубежных странах данный показатель составляет до 75% [6].

К недостаткам автомобильного транспорта относится плохо развитая сеть автомобильных дорог, требующая крупных денежных вложений, а также невысокие эксплуатационные параметры автомобилей, не позволяющие перевозить крупногабаритные или многотоннажные грузы.

В связи с выявленными проблемами следует произвести следующие изменения: создать условия для повышения потребительских качеств производимых автомобилей и автомобильных дорог, пересмотреть структуру парка автомобилей, снижать эксплуатационные затраты посредством увеличения эффективности транспорта. В силу постоянного расширения и пополнения автомобильного парка вносить подобные изменения весьма целесообразно.

Воздушный транспорт – вид транспорта, осуществляющий перемещения в воздушном пространстве, не требующий непрерывных дорожных магистралей. В нашей стране авиационный транспорт выполняет различные функции, основные – пассажирские перевозки и срочные грузовые перевозки на относительно большие расстояния. В условиях, где невозможно перемещение на автомобильном транспорте, авиация служит единственным средством перемещения [5].

Достоинства воздушного транспорта: большая скорость транспортировки пассажиров и грузов, высокая автономность и мобильность, значительное сокращение преодолеваемого расстояния по сравнению с прочими видами транспорта, возможность преодоления больших расстояний в беспересадочном режиме, большая грузоподъемность.

К недостаткам авиатранспорта можно отнести высокие эксплуатационные затраты, зависимость от погодных условий, статистика аварийности – при крушении самолёта шансы пассажиров и персонала на выживание близки к нулю. Недостатки авиационного транспорта на территории Российской Федерации стали причиной глубокого упадка данной отрасли.

Водный транспорт – вид транспорта, использующего водное пространство в качестве среды перемещения. В рамках логистики внутри Российской Федерации будет рассмотрен внутренний водный (речной) транспорт. Реки являются исторически сложившимся способом транспортировки. В силу данного фактора многие крупные населенные пункты нашей страны были построены рядом с реками, поскольку те обеспечивали торговую роль таких городов. Данная тенденция на текущий момент сохраняется [4].

Достоинства: обеспечение высокой провозной способности на глубоких водоёмах; низкая себестоимость перевозок; низкие требования к объему капитала.

Недостатки: скорость доставки пассажиров и грузов относительно низкая. В некоторых случаях она ниже скорости перевозок на железнодорожном транспорте. Также стоит отметить сезонность транспорта, зависимость от погодных условий, невозможность эксплуатации в зимний период, в силу чего возникает проблема нерегулярности сообщения. Ещё одним недостатком является извилистость речных путей, что увеличивает путь, необходимый для преодоления расстояния, в 3-3,5 раза в сравнении с прочими средствами передвижения.

Трубопроводный транспорт – особый вид транспорта, позволяющий осуществлять доставку сырья и продуктов по трубопроводам. Данный вид транспорта используется в энергетической промышленности, позволяя осуществлять транспортировку нефти, газа, воды для коммунальных нужд и обогрева зданий, и так далее. Является неотъемлемым элементом городской и промышленной инфраструктуры [8].

К достоинствам подобного транспорта относят: возможность повсеместной укладки и эксплуатации; независимость от погодных условий; необходимость преодолевать меньшие расстояния; герметизация труб, позволяющая сохранять качество сырья; меньшие, по сравнению с прочими видами транспорта, удельные капиталовложения; непрерывность процесса транспортировки; исключение отрицательного воздействия на экологию [9].

Недостатки следующие: большая металлоёмкость, необходимая для производства и укладки труб; необходимость подготовки перекачиваемого сырья; необходимость постоянного обновления линий трубопроводов; скорость перекачки составляет 70-80 км/сутки, что значительно ниже скорости перемещения любого другого транспорта.

Железнодорожный транспорт – наиболее эффективный и экономически выгодный вид транспорта, позволяющий осуществлять перевозку большого количества пассажиров и больших объемов груза на дальние расстояния. Пропорционально с увеличением объема и дальности перевозок возрастает экономическая эффективность [10].

По сравнению с автомобильным видом транспорта железнодорожный имеет значительные экологические, энергетические и экономические преимущества при транспортировке больших объемов грузов на дальние расстояния. Также к преимуществам железнодорожного транспорта относятся: независимость от метеоусловий; практически непрерывная работа; устойчивые транспортные связи; простая организация разгрузки-загрузки.

К недостаткам стоит отнести: высокие требования к рельефу местности, на котором планируется прокладка железнодорожных путей, в связи, с чем длина пути поезда может быть значительно больше автомобильных путей сообщения; относительно невысокая скорость перевозки; ограниченное количество перевозчиков, которые, в силу отсутствия конкуренции, позволяют снижать уровень обслуживания и увеличивать тарифы на перевозку; высокая степень изношенности подвижных составов;

Проблемы существующих видов транспорта связаны, преимущественно, с их техническими особенностями. Практика показывает, что эксплуатация каждого вида транспорта необходима в реалиях нашей страны, поэтому даже частичный отказ от любого вида транспорта приведет к дестабилизации в экономике [7]. Поэтому наиболее рациональным решением является раз-

витие предприятий и научных центров, занимающихся разработкой и улучшением транспорта, а также оптимизацией затрат и повышением экономической эффективности посредством внедрения инновационных технологий в производственные и транспортные процессы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Абаимов Р.В., Малащук П.А. Теория транспортных процессов и систем [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://www.studmed.ru/abaimov-r-v-malashchuk-p-a-teoriya-transportnyh-processov-i-sistem\\_87495d6e8b8.html](https://www.studmed.ru/abaimov-r-v-malashchuk-p-a-teoriya-transportnyh-processov-i-sistem_87495d6e8b8.html) (дата обращения: 15.12.2021).

2 Автомобильный транспорт [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://studopedia.ru/3\\_87389\\_avtomobilniy-transport.html](https://studopedia.ru/3_87389_avtomobilniy-transport.html)(дата обращения: 15.12.2021).

3 Чашухин М.К., Чабанова Е.В. Состояние и возможности развития транспортной сети страны В сборнике: Интеллектуальная логистика. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. Составители: Е.В. Крюкова, В.В. Родненко. Астрахань, 2021. С. 181-185.

4 Речные информационные системы Казанцев Е.В., Брызгалова Е.А., Чабанова Е.В. В сборнике: Транспорт: проблемы, цели, перспективы (ТРАНСПОРТ 2020). Материалы всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией Е.В. Чабановой. 2020. С. 28-32.

5 Воздушный транспорт - это... Что такое Воздушный транспорт? [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://zeverok.ru/vod-trans/>(дата обращения: 15.12.2021).

6 Железнодорожный транспорт в России [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://studopedia.ru/8\\_127877\\_zheleznodorozhniy-transport.html](https://studopedia.ru/8_127877_zheleznodorozhniy-transport.html)(дата обращения: 15.12.2021).

7 Автоматизированные информационные системы на автомобильном комплексе Шурыгина А.П., Чабанова Е.В. В сборнике: Транспорт: проблемы, цели, перспективы (ТРАНСПОРТ 2020). Материалы всероссийской научно-технической конференции. Под редакцией Е.В. Чабановой. 2020. С. 76-80.

8 Пространственно-временное значение транспортных функций [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/prostranstvenno-vremennoe-znachenie-transportnyh-funktsiy-v-sovremennyh-usloviyah>(дата обращения: 15.12.2021).

9 Состояние и особенности развития трубопроводного транспорта России на современном этапе <https://moluch.ru/archive/241/55717/> [Электронный ресурс]. - Режим доступа: (дата обращения: 15.12.2021).

10 Трубопроводный транспорт России в системе поставок углеводородов [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/truboprovodnyy-transport-rossii-v-sisteme-postavok-uglevodorodov>(дата обращения: 15.12.2021).

УДК 656.02

Каменских Ираида Витальевна, кандидат физико-математических наук, доцент;  
Kamenskikh Iraida Vitalievna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

### MODELING OF THE CITY TRANSPORT SYSTEM

Аннотация. Данная работа посвящена моделированию транспортной системы города. Приводятся особенности транспортной системы города Комсомольска-на -Амуре.

Abstract. This work is devoted to modeling the transport system of the city. The features of the transport system of the city of Komsomolsk-on-Amur are given.

Ключевые слова: транспортная система города, пассажиропоток, моделирование.

Keywords: transport system of the city, passenger traffic, modeling.

Существование и развитие любого города тесно связано с функционированием городской транспортной системы. В современных городах перевозки пассажиров осуществляют конкурирующие между собой несколько видов общественного транспорта: автобусы, троллейбусы, трамваи, метро, пригородные электропоезда. Городские жители, предпочитающие комфорт и мобильность, все чаще отказываются от общественного транспорта, пользуются услугами такси (в

городах работают десятки фирм такси) или личным автотранспортом. В результате существенно увеличилось количество легковых автомашин и усложнилась ситуация на дорогах. Возникают трудности в оценке работы городского транспорта, в планировании его развития, улучшения городской транспортной инфраструктуры. В настоящее время для большинства крупных городов мира созданы модели транспортных систем, а для некоторых европейских государств созданы модели транспортной системы для всей территории (Германия, Швеция). Созданы массивы данных по транспортной инфраструктуре, населению, транспортным средствам, предприятиям всех отраслей, по объемам грузовых и пассажирских потоков на всех видах транспорта. Современные возможности вычислительной техники позволяют обработать огромные массивы данных с учетом их изменения в режиме реального времени. Для нескольких российских городов созданы модели городских транспортных систем (Москва, Санкт-Петербург). Создание таких моделей – процесс трудоемкий и довольно затратный, требующий учета особенностей конфигурации и различных параметров моделируемой транспортной системы.

Основной характеристикой, определяющей работу городского транспорта, является пассажиропоток. Формирование пассажиропотоков проходит по нескольким направлениям: от спальных районов города до места работы (и обратно), из спальных районов до места получения услуг (медицинских, образовательных, культурно-развлекательных, торговых и т.д.). Для больших городов с населением более миллиона человек возникают пассажиропотоки от мест загородного проживания до места работы в центре города. Сам пассажиропоток можно представить состоящим из нескольких частей: трудящиеся, учащиеся (школьники и студенты), неработающие (например, пенсионеры). Каждая часть потока имеет свое основное (или ориентировочное) время движения, интенсивность, регулярность. Максимальные характеристики имеет поток работающего населения города, и для обеспечения его перевозки вводятся основные маршруты общественного транспорта. Например, в городе Комсомольске-на-Амуре (молодой промышленный центр, в 2022 году городу исполняется 90 лет) основные жилые микрорайоны были построены для работников градообразующих промышленных предприятий, и, соответственно, транспортные маршруты обеспечивали доставку работников до места работы и обратно. Например, в при вокзальном районе были построены дома для работников Амурского судостроительного завода, и введены автобусные маршруты № 26, 20 и 18. Со временем, естественно, такая концентрация работников по районам изменилась или исчезла, появились дополнительные автобусные маршруты, связывающие новые микрорайоны, производственные предприятия и предприятия сферы услуг (например, крупные торговые центры). В результате, на некоторых участках дорог одни маршруты дублируют друг друга, а другие стали менее востребованными. Например, по участку проспекта Ленина от пр. Первостроителей до пл. Metallургов до недавнего времени осуществлялось движение автобусов восьми маршрутов (9, 102, 104, 18, 21, 30, 25, 22), несколько остановок на данном участке имели маршруты № 31, 26. Отказ от самого экологически чистого городского транспорта, трамваев, привел к «транспортной изоляции» довольно больших районов центральной части города: от ул. Аллея Труда до набережной реки Амур (ул. Пионерская, пр. Мира, пр. Октябрьский, ул. Дзержинского); микрорайона от ул. Вокзальной до Магистрального шоссе (рисунки 1). Это снижает востребованность жилья в данных районах и доступность объектов сферы услуг. При создании модели спроса на транспортные услуги необходимо определить несколько параметров: продолжительность поездки, количество пересадок (в тяжелом дальневосточном климате предпочтение будет отдано беспересадочным маршрутам), удаленность остановок от места проживания или цели поездки, интервалы подхода транспорта к остановке, количество пассажиров в транспортном средстве (комфорт поездки). Для спроса на услуги транспорта характерна суточная, недельная и сезонная неравномерность. Спрос может быть оценен на текущий момент и на будущий период.

С ростом количества транспортных средств снижается пропускная способность городских дорог. Так «узкими местами» в Центральном районе города Комсомольска-на-Амуре можно назвать район пл. Metallургов, пр. Ленина, ул. Комсомольская, ул. Вокзальная. Таким образом, происходит естественное изменение городской транспортной системы, и возникает необходимость оценки ее функционирования в настоящий момент, прогнозирования ее развития и поиска вариантов для возможной оптимизации. При решении оптимизационной задачи желательно получить оптимум по двум основным параметрам – обеспечение транспортом пассажиропотоков и безубыточной (прибыльной) работы предприятий общественного транспорта города.

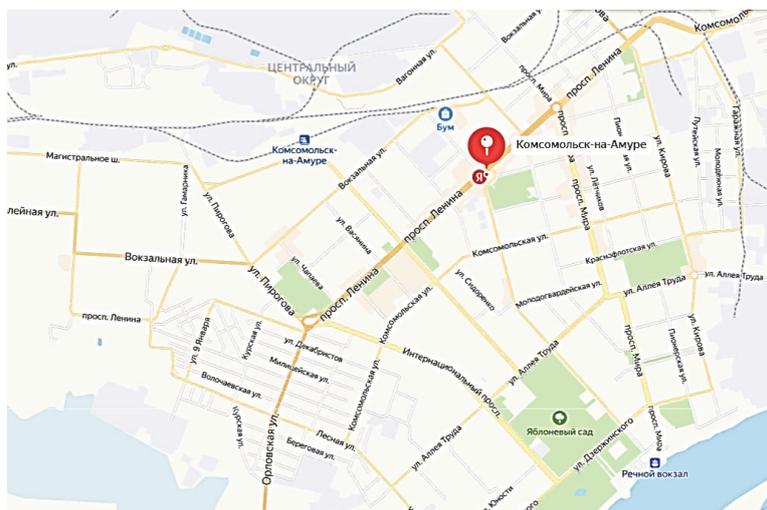


Рисунок 1 – Дорожная сеть (Сервис Яндекс Карты)

Для создания модели работы городского транспорта (предложение транспортных услуг) необходима база данных по характеристикам и конфигурации дорожной сети: количество полос движения, направления движения, режимы работы светофоров, пропускная способность дорог, знаки и разметка, скоростной режим. В расчет должны быть внесены данные по существующим маршрутам городского транспорта: расписание, длительность, интервалы, остановки, скорость движения, количество транспортных средств на маршруте. Привлекательность маршрута для транспортных предприятий можно оценить по размерам затрат и величине прогнозируемой прибыли. Для процедур поиска решения задач необходимы массивы данных по существующей и постоянно обновляемой информации о пассажиропотоке и предложении транспортных услуг с учетом данных о транспортных потоках по наиболее загруженным участкам дорожной сети города.

УДК 621.311

Ковалёв Андрей Викторович, студент; Kovalev Andrey Viktorovich

Шаломов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, доцент; Shalomov Vyacheslav Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЯМОТОЧНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ**

### **ABOUT THE ADVANTAGES OF USING A DIRECT-FLOW SYSTEM OF TECHNICAL WATER SUPPLY FOR STEAM TURBINE INSTALLATIONS IN THE CLIMATIC CONDITIONS OF THE KHABAROVSK TERRITORY**

Аннотация. В настоящей работе сформулированы цель и задачи исследования, кратко описаны способы охлаждения конденсаторов паротурбинных установок, сделано заключение о целесообразности применения прямоточного охлаждения в климатических условиях Хабаровского края.

Abstract. In this paper, the purpose and objectives of the study are formulated, the methods of cooling condensers of steam turbine installations are briefly described, and a conclusion is made about the feasibility of using direct-flow cooling in the climatic conditions of the Khabarovsk Territory.

Ключевые слова: система технического водоснабжения, паровая турбина, давление в конденсаторе, расчётное исследование, тепловая экономичность.

Keywords: technical water supply system, steam turbine, condenser pressure, design study, thermal efficiency.

Тепловые электрические станции (ТЭС) потребляют большое количество воды. Основным потребителем воды являются конденсаторы паровых турбин, где циркуляционная вода используется для конденсации отработавшего пара и поддержания глубокого вакуума. Источниками технического водоснабжения могут быть реки, озера, моря и артезианские воды. Температура охлаждающей воды на входе в конденсатор зависит от характера источника водоснабжения, климатических условий и времени года. Она может изменяться от 0 до 30 градусов.

Различают три типа систем технического водоснабжения (СТВ) - прямоточную, оборотную, комбинированную. Дадим краткую характеристику каждой из них.

Прямоточная система обеспечивает электростанцию (ЭС) водой непосредственно из реки со сбросом используемой воды обратно в реку ниже водозабора. Можно перечислить следующие преимущества прямоточных систем:

1) обеспечение более высокой энергетической эффективности выработки энергии и связанное с этим снижение выбросов в окружающую среду парниковых газов, тепла и загрязняющих веществ;

2) наименьшее потребление электроэнергии на собственные нужды электростанции;

3) эти системы более надёжны и безопасны, а входящие в них устройства для охлаждения ответственных потребителей значительно проще;

4) более низкие инвестиционные и эксплуатационные затраты.

Отмечаются и негативные воздействия прямоточных систем на окружающую среду:

1) возможность аварийного попадания масел в водоёмы системы смазки турбин и вспомогательного оборудования, трансформаторов и др.; этот недостаток практически устранён турбостроителями;

2) возможность гибели рыбы и водных организмов на водозаборах охлаждающей воды; технически решаемая проблема;

3) тепловое воздействие на водную среду; оно не превышает установленных норм.

В Хабаровской генерации АО «Дальневосточная генерирующая компания» прямоточную СТВ имеют Комсомольская ТЭЦ-2, Хабаровская ТЭЦ-1, Хабаровская ТЭЦ-2, Майская ГРЭС-2. На трёх перечисленных станциях источником водоснабжения является река Амур. На Майской ГРЭС в Солнечно-Гаванском районе источником охлаждающей воды служит морская вода залива Охотского моря.

Оборотная система водоснабжения применяется, когда дебит источника недостаточен для прямоточной системы или, когда последняя неэкономична вследствие большой высоты подачи или большого удаления ТЭС от источника. Обратная схема водоснабжения имеет искусственные охладительные устройства: пруды - охладители, брызгальные бассейны, градирни. На электростанциях Хабаровской генерации пруды-охладители и брызгальные бассейны не используются. Поэтому говорить будем только о градирнях. К преимуществам оборотной схемы технического водоснабжения с градирнями относят:

1) большую свободу в выборе места расположения станции, упрощение экспертизы и получения разрешения на строительство;

2) отсутствие выбросов отеплённой воды в водоём;

3) компактность станции.

К основным недостаткам оборотной СТВ с градирнями следует отнести:

1) при равных начальных параметрах рабочего тела и электрической мощности - пониженная экономичность электростанции;

2) безвозвратное водопотребление;

3) стоимость гидротехнических сооружений для оборотной системы значительно выше, чем для прямоточной;

4) наличие дополнительных систем: подпитки, обеспечивающей восполнение потерь на продувку, испарение и унос в охладителях; продувки, предназначенной для поддержания качества оборотной воды в приемлемых пределах;

5) обледенение градирен в зимний сезон.

Примером применения СТВ с башенной вытяжной градирней могут служить Комсомольская ТЭЦ-3, Хабаровская ТЭЦ-3.

В сентябре 2020 года в Хабаровском крае введена в эксплуатацию новая электрическая станция – Советско-Гаванская ТЭЦ установленной мощности 126 МВт, расположенная на берегу Охотского моря. На станции для охлаждения конденсаторов ТУ и другого оборудования предусмотрена СТВ с трёхсекционной вентиляторной градирней. В декабре 2019 года на острове Сахалин на берегу Татарского пролива введена в действие Сахалинская ГРЭС-2 с установленной мощностью 120 МВт. На станции установлена сухая (радиаторная) градирня.

Комбинированные СТВ сочетают охлаждение воды, поступающей из конденсаторов, по прямоточной схеме с охлаждением воды от других аппаратов или механизмов по оборотной схе-

ме с градирнями. В качестве примера можно привести Амурскую ТЭЦ-1 Хабаровской генерации, на которой конденсаторы ПТУ одновременно охлаждаются как от прямоточной, так и от оборотной системы с башенными испарительными градирнями.

Из приведённых достоинств прямоточной СТВ, выделить надо самое главное из них - обеспечение наиболее высокой энергетической эффективности выработки энергии по сравнению с другими типами СТВ. Тепловая эффективность ТУ зависит, прежде всего, от температуры охлаждающей воды на входе в конденсатор. И Советско-Гаванская ТЭЦ, и Сахалинская ГРЭС-2 построены на берегах Охотского моря с двух сторон Татарского пролива, где температура морской воды даже в летнее время не превышает  $+9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В зимнее время её значения находятся в пределах  $+2 - +4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Среднегодовая температура морской воды будет около  $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Температура охлаждённой воды после вентиляторной градирни  $23-24\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Если принять из рекомендуемого источниками диапазона [1] нагрев охлаждающей воды в конденсаторе  $\Delta t_{\text{в}} = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температурный напор  $\Delta t = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , то температура насыщения получится: для варианта прямоточной СТВ с морской водой (1-й вариант)  $t_{\text{н}} = 19\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для варианта оборотной СТВ с вентиляторной градирней (2-й вариант) -  $t_{\text{н}} = 37\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Давление в конденсаторе  $p_{\text{к}}$  является функцией температуры насыщения, таким образом, для 1-го варианта  $p_{\text{к}} = 2,2\text{ кПа}$ , для 2-го -  $p_{\text{к}} = 6,3\text{ кПа}$ . С понижением  $p_{\text{к}}$  повышается тепловая экономичность и мощность ТУ. Это объясняется тем, что при постоянных значениях начальных параметров пара снижение давления в конденсаторе приводит к росту располагаемого теплоперепада в турбине. Теплоперепад же прямо пропорционален мощности турбины.

Основной целью магистерской диссертации является расчётное исследование экономичности турбоустановок ТЭС с различными вариантами систем охлаждения, применяемых в условиях низких температур источников водоснабжения Хабаровского края.

Предварительный анализ технико-экономических показателей тепловой экономичности ПТУ с вариантными СТВ проведён по результатам расчёта тепловой схемы ТУ Т-63-12,8 Советско-Гаванской ТЭЦ. Исследование проведено для теплофикационного режима работы ТУ на номинальной мощности 63 МВт с тепловой нагрузкой отопительных отборов 116 МВт. Начальные параметры пара: давление  $p_0 = 12,8\text{ МПа}$ ; температура  $t_0 = 555\text{ }^{\circ}\text{C}$  [2]. Расход пара в турбину в обоих вариантах устанавливался одинаковым. Итоги расчёта сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчётные данные технико-экономических показателей при различных способах охлаждения конденсатора ТУ

| Технико-экономические показатели турбоустановки                | Оборотное охлаждение с вентиляторной градирней | Прямоточное охлаждение морской водой |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------|
| Среднегодовая температура охлаждающей воды, $^{\circ}\text{C}$ | 23                                             | 5                                    |
| Мощность, МВт                                                  | 63                                             | 63                                   |
| Удельный расход пара, кг/(кВт·ч)                               | 4.52                                           | 4.47                                 |
| Расход тепла на турбоустановку, кВт                            | 196618                                         | 194524                               |
| КПД ТУ по производству электроэнергии                          | 0.805                                          | 0.827                                |
| Удельный расход тепла на выработку электроэнергии, кДж/(кВт·ч) | 4471                                           | 4352                                 |
| КПД ТЭЦ по производству электроэнергии                         | 0.726                                          | 0.746                                |
| Удельный расход условного топлива, г/(кВт·ч)                   | 169                                            | 165                                  |

Результаты получились следующими. В случае применения прямоточной СТВ с морской водой уменьшается удельный расход пара на 1,1 %. Снижается удельный расход теплоты на выработку электроэнергии на 2,66 %, в результате чего уменьшается расход условного топлива на 252 кг/ч или примерно на 6 т/сутки. Однако в настоящее время проектирование ТЭС и АЭС с прямоточной СТВ в соответствии с Водным кодексом РФ не допускается [3]. Вопрос о возврате прямоточных систем охлаждения электростанций по обращению концерна «Росатом» обсуждается в Правительстве РФ. ПАО «Росатом» строит атомные энергоблоки за границей и вопрос о снижении стоимости проектирования и строительства становится приоритетным.

Выводы.

1) Сопоставительный обзор преимуществ и недостатков систем технического водоснабжения, применяемых на ТЭС и АЭС, указывает на то, что по основным показателям прямоточная система охлаждения ПТУ экономичнее по сравнению с оборотными системами водоснабжения.

2) Предварительно проведённой расчётной оценкой установлено, что от возможного применения прямоточной СТВ с охлаждением конденсаторов морской водой на новой Советско-Гаванской ТЭЦ экономия условного топлива может составлять около 6 т/сутки.

3) Многолетний опыт эксплуатации Майской ГРЭС, использующей для охлаждения конденсаторов морскую воду из Охотского моря, показывает, что загрязнения залива продуктами производственной деятельности электростанции не происходило.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Трухний, А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: Учебное пособие для вузов / А.Д. Трухний, Б.В. Ломакин. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 540 с.

2 Турбина паровая Т-63-13/0,25 для ТЭЦ г. Советская Гавань. Технические условия ИРЕЦ.384621.088ТУ ОАО «Калужский турбинный завод», Калуга, 2011.

3 О возможности применения прямоточных систем водоснабжения, используемых в целях охлаждения при проектировании ТЭС и АЭС. Протокол совместного заседания Научного совета РАН по проблемам надёжности и безопасности больших систем энергетики и Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС». Электрические станции 2014, № 12, с. 27 – 34.

УДК 621.311

Макаров Вячеслав Владимирович, студент; Makarov Vyacheslav Vladimirovich

Шаломов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, доцент; Shalomov Vyacheslav Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

#### **АКТУАЛЬНОСТЬ ПЕРЕХОДА НА СУПЕРКРИТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПАРА КОНДЕСАЦИОННЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ 300-500 МВт**

#### **RELEVANCE OF THE TRANSITION TO SUPERCRITICAL PARAMETERS OF STEAM OF SUPERCRITICAL PRESSURE CONDENSING POWER UNITS WITH A CAPACITY OF 300-500 MW**

Аннотация. В данной работе сделан краткий обзор развития конденсационных энергоблоков сверхкритического давления в направлении повышения параметров свежего пара, поставлена цель и задачи на исследование.

Abstract. In this paper, a brief overview of the development of supercritical pressure condensing power units in the direction of increasing the parameters of fresh steam is made, the purpose and objectives for the study are set.

Ключевые слова: энергоблок, паровая турбина, сверхкритические начальные параметры пара, электрическая мощность, численное исследование.

Keywords: power unit, steam turbine, supercritical initial parameters of steam, electric power, numerical study.

В 60-х годах в СССР широко внедрялись блоки сверхкритического давления (СКД) с промежуточным перегревом пара мощностью 300 МВт [1], а в конце этого периода были созданы первые энергоблоки 500 и 800 МВт. В отличие от западноевропейских стран в СССР были отвергнуты промежуточные параметры пара 17,0 – 18,0 МПа и предпочтение было отдано энергоблокам СКД с параметрами: давление свежего пара 24 МПа, температура свежего пара 565 °С, температура пара после промежуточного перегрева 565 °С (в дальнейшем 24 МПа, 565/565 °С). Это вывело страну в передовые энергетические державы мира.

К 1993 г. в России работало 126 энергоблоков СКД отечественного производства мощностью от 300 до 1200 МВт, больше, чем в любой другой стране мира. В настоящее время конденсационные блоки СКД дают свыше 60 % электрической энергии, вырабатываемой конденсационными турбоагрегатами, а все энергоблоки СКД (конденсационные и теплофикационные) производят около 33 % всей электроэнергии России. Переход от давления 13,0 МПа к сверхкритическому 24,0 МПа при тех же температурах и вакууме позволил повысить эффективность использования топлива на 4 – 6 %. После начального периода ввода в действие энергоблоков СКД в СССР была сделана успешная попытка повышения параметров до суперсверхкритических. В

1966 г. на Каширской ГРЭС Мосэнерго был введён в эксплуатацию энергоблок, в состав которого входили уникальная паровая турбина СКР-100 и котёл, рассчитанные на начальное давление 30 МПа, и начальную температуру 650 °С. Блок длительное время работал на расчётных параметрах. К сожалению, работы на блоке СКР были прекращены, в результате чего отечественное котло- и турбостроение отстало от западных производителей.

Начавшийся в последнее десятилетие за рубежом переход от сверхкритических к суперсверхкритическим параметрам (ССКП) при давлении свежего пара 30 МПа и температуре свежего пара и промежуточного перегрева 600/600 °С повышает экономичность примерно на 5 % даже без учёта возможного на современном этапе совершенствования оборудования.

Исследователи отмечают, что нынешние усилия направлены на создание оборудования, способного работать при температурах пара 700 – 760 °С. Детали, эксплуатируемые при таких температурах, изготавливают из никелевых сплавов, таких как давно уже использующихся в газовых турбинах. В Европе и США проведены исследования и длительные промышленные испытания критических деталей из никелевых сплавов.

Освоенные в России конструкционные материалы позволяют перейти на температуру пара 593 °С [3].

В статье [2] авторы отмечают, что КПД нетто энергоблоков нового поколения равен 43 – 46 %. Исключение составляют несколько энергоблоков с ещё большим КПД нетто (49 – 53) %, которые постоянно работают с очень низкой температурой охлаждающей воды, поступающей в конденсаторы (морская вода из придонных слоёв с температурой (2,3 – 2,7 °С), и поэтому имеют очень низкое давление в конденсаторе ( $p_k \approx 0,0023$  МПа) и высокую влажность в последней ступени (до 15 %).

Все энергоблоки имеют повышенную начальную температуру свежего пара и промежуточного перегрева. Практически «стандартной» для энергоблоков нового поколения стала температура 580 °С в Европе и 600 °С в Японии. Большинство энергоблоков нового поколения выполнено на начальное давление 24 – 26 МПа. Температура питательной воды имеет тенденцию к её повышению вплоть до 310 – 340 °С.

С повышением начальной температуры целесообразно повышать начальное давление пара, так как при этом возрастает термический КПД цикла. На опытном котле ТЭЦ Всероссийского теплотехнического института (ВТИ) с давлением пара 30 МПа и температурой 650 °С прошла длительную апробацию высоколегированная сталь ЭП-184. Эту сталь можно применять для выходной ступени пароперегревателя [3]. Предварительные оценочные расчёты показывают, что для варианта блока мощностью более 500 МВт давление свежего пара за котлом должно быть на уровне  $p_e = 29$  МПа (перед турбиной 28 МПа).

Какие же преимущества по экономичности ПТУ и практически для всего энергоблока реально даёт изменение параметров пара? Если за исходную базу принять параметры 23 МПа/540/540 °С, то относительный рост КПД ТУ составит [3]: 0,07 – 0,12 % при повышении  $p_0$  на 1,0 МПа; 0,18 – 0,23 % при увеличении  $t_0$  на 10 °С; 0,15 – 0,19 % при увеличении  $t_{mn}$  на 10 °С; 1,0 – 1,5 % при использовании двойного промперегрева. В целом от перехода на суперкритические параметры пара можно повысить экономичность энергоблока до 3.2 % [3].

Целью настоящей работы является численное исследование влияния повышения начальных параметров пара на тепловую эффективность конденсационного энергоблока СКД с выходом на ССКП.

Для реализации поставленной цели планируется решать следующие основные задачи:

- 1) выбор базовой турбоустановки для исследования; изучение её технических данных и особенностей тепловой схемы;
- 2) моделирование расчётной тепловой схемы и формирование блок-схемы расчётного исследования;
- 3) расчётное исследование отдельного и совместного влияния повышения давления и температуры свежего пара на тепловую экономичность энергоблока;
- 4) анализ технико-экономических показателей турбоустановки по результатам расчётов;
- 5) расчётная оценка экономического эффекта.

В 1998 году [4] в Московском энергетическом институте (МЭИ) была выполнена разработка общей концепции турбоустановки (ТУ) для замены энергоблоков 300 МВт с турбинами Харьковского турбинного завода (ХТЗ, ныне «Турбоатом») с сохранением строительной части

машинного зала, но с изменением фундамента. При разработке ТУ ставилась задача повышения температур до  $t_0 = t_m = 575^\circ\text{C}$ . Известно, что первоначально турбина была спроектирована на  $560/565^\circ\text{C}$  и в настоящее время работает при  $540/540^\circ\text{C}$ .

В России турбоустановки К-300-240 строят на Ленинградском металлическом заводе (ЛМЗ). В настоящее время в эксплуатации находится 27 угольных энергоблоков с турбинами К-300-240, в том числе 17 производства ХТЗ, 10 – производства ЛМЗ. Более 75 % этих турбин имеет наработку свыше 170 тыс. ч, около 18 % превысила 200 тыс. ч эксплуатации. Примерно такое же положение наблюдается и с 50 газомазутными энергоблоками. Однако планируемое техническое перевооружение энергоблоков мощностью 300-500 МВт надо вести с учётом достижений современного турбо - и котлостроения.

Для достижения цели и решения задач диссертационной работы по исследованию влияния повышения начальных параметров пара на экономичность конденсационных энергоблоков СКД с выходом на суперкритические параметры пара в качестве базового варианта выбираем ТУ К-300-240.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Андрей Владимирович Щегляев и его роль в развитии отечественной теплоэнергетики / А.Г Костюк, А.Е. Булкин. – Теплоэнергетика № 6, 2003. – с. 2 -5.

2 Разработка технических решений по созданию турбоустановки для блока суперкритических параметров пара / Г.Д. Авруцкий, И.А. Савенкова, В.М. Лазарев, В.В. Акуленко, А.Л. Шварц, С.А. Иванов. – Теплотехника 2005, № 10, с. 36 – 40.

3 Дорохов Е.В. Основы проектирования тепловой схемы энергоблоков ТЭС на суперкритических параметрах пара: учеб. пособие / Е.В. Дорохов, А.С. Седлов. – М: Издательский дом МЭИ, 2007. – 152 с.

4 Трухний, А.Д. Паротурбинные энергоблоки нового поколения / А.Д. Трухний, Б.М. Трояновский // Энергетик 1998, № 2.- С. 9 – 13.

УДК 334:656.073

Момот Захар Александрович, студент; Momot Zakhar Alexandrovich

Красильникова Ольга Алексеевна, кандидат технических наук; Krasilnikova Olga Alekseevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РОССИИ

### WAYS TO INCREASE RUSSIA'S TRANSIT POTENTIAL

Аннотация. Статья посвящена актуальным вопросам увеличения объёмов транзитных перевозок по транспортным коридорам России. Показаны особенности использования институциональных мер для поддержки транзитных перевозок: координация деятельности транспортных компаний; совершенствование трансграничных процедур; использование цифровых технологий; создание благоприятных условий для транзита. Унификация институциональных мер будет развивать конкуренцию на рынке транзитных перевозок.

Abstract. The article is devoted to topical issues of increasing the volumes of transit freight along the transport corridors of Russia. The specifics of the use of institutional measures to transit freight support are shown: coordination of the activities of transport companies; improvement of cross-border procedures; use of digital technologies; creation of favorable conditions for transit. Unification of institutional measures will develop competition in the transit transport market.

Ключевые слова: транспортная система, транзитные перевозки, институциональные меры, трансграничные процедуры.

Keywords: transportation system, transit freight, institutional measures, cross-border procedures.

Одной из главных задач развития транспортной системы России является повышение транзитного и экспортного потенциала страны. Транспорт является одним из крупнейших не сырьевых экспортёров. Прирост транзитных перевозок по транспортным коридорам России в 2021 г. увеличился на 7,7 млн. т. Для достижения этой цели потребовалось снять инфраструктурные ограничения, ликвидировать разрывы и «узкие места» в сети национальных транспортных коридоров.

доров, а также активно использовать и другие меры поддержки транзитных перевозок. К числу таких мер относят различные организационные, управленческие, координационные механизмы, которые специфичны для каждой отрасли и определяются её технологическими особенностями. Назначение таких мер заключается в упрощении взаимодействия перевозчиков (логистических операторов) как между собой, так и с международными владельцами инфраструктуры (портов, терминалов, путей сообщения), административными органами (таможенные, пограничные, антитеррористические службы) и другими элементами.

Современный этап развития мировой экономики характеризуется углублением интеграционных процессов, а их результативность в значительной мере зависит от работы транспортных систем, снижения транспортных издержек. На сокращение транспортных затрат огромное значение оказало внедрение контейнерных технологий, которые значительно повысили производительность погрузочно-разгрузочных работ, обеспечили высокий уровень безопасности и ряд других преимуществ по сравнению с традиционными способами доставки. Основная часть контейнерных грузов перевозится морским путём. Однако в сообщении между многими странами Евразийского континента перевозка контейнеров по сухопутным коридорам России имеет определенные преимущества по сравнению с морскими маршрутами. В условиях конкуренции поставщики товаров с высокой добавленной стоимостью заинтересованы в сокращении сроков доставки грузов. Продолжительность перевозки контейнеров из Китая в страны Европейского союза по морю достигает 60 дней, а доставка этих же грузов по российским железным дорогам составляет около двух недель. Поэтому в последние годы многие страны континента стараются использовать транзитные коридоры России и ряда стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС) [1].

Привлекательность транспортных коммуникаций ЕАЭС для транзита обусловлена несколькими факторами. Во-первых, географическими факторами, так как по их территории проходят кратчайшие и наиболее безопасные сухопутные маршруты между крупнейшими экономическими центрами Европы и Азии. Во-вторых, инфраструктурными, так как созданная конфигурация международных трансграничных транспортных коридоров по линиям «Запад – Восток» и «Север – Юг» обеспечивает высокий уровень транспортной доступности для самых разных стран и регионов континента. Поэтому транспортные коридоры ЕАЭС выступили в качестве инфраструктурной основы экономического коридора «Новый Евразийский сухопутный мост», который играет важную роль в китайском проекте «Экономический пояс Шёлкового пути» [2].

Однако, использование современной транспортной инфраструктуры ещё не гарантирует высокую эффективность транзитных перевозок. Часть издержек связаны с выполнением административных операций при пересечении транзитными грузами национальных границ. Подобные операции и правила выступают в качестве своеобразных барьеров, преодоление которых увеличивает продолжительность и стоимость доставки товаров получателям. В то же время, имеются значительные резервы в сокращении торговых издержек (их величина в ряде случаев превышает адвалорный тариф) за счёт оптимизации таможенных процедур. Причём наибольший эффект могут получить развивающиеся и наименее развитые экономики, которые, как правило, имеют более высокий уровень торговых издержек и не могут полноценно участвовать в международной кооперации. Торговые и транспортные расходы создают серьёзные социально-экономические вызовы для этих государств, так как низкие объёмы внешней торговли являются одной из причин высокой волатильности внутренних цен на потребительские товары. Поэтому упрощение таможенных и пограничных процедур на границах способно снизить потери на «трансграничные барьеры», что, как следствие, приведёт к увеличению объёмов международных транзитных перевозок

Главная цель упрощения процедур международной торговли заключается в максимально возможном сокращении количества проводимых инспекций и досмотров грузов, используемых разрешительных документов, но при безусловном соблюдении интересов национальной безопасности.

Федеральная таможенная служба России использует автоматическую регистрацию электронных деклараций на товары. После регистрации электронная декларация поступает к таможенному инспектору для контроля. Реализация данной технологии значительно сокращает сроки таможенных операций. Средние сроки автоматического выпуска товаров не превышают 5 минут.

В целях упрощения процедур торговли страны ЕАЭС внедряют инновационные способы перемещения грузов через национальные границы. В частности, начала использоваться электронная система идентификации (прослеживаемости – traceability) товаров. Внедрение такой системы повышает эффективность контроля качества пищевой продукции на всех стадиях движе-

ния по цепочке «производство – поставка – реализация» и позволяет своевременно обнаруживать и устранять многие угрозы для всех участников такой цепи.

В настоящее время современные цифровые, информационные и навигационные технологии активно используются при организации взаимодействия разных видов транспорта на базе морских портов, крупных транспортных узлов, «сухих портов» (удалённых терминалах).

Унификация правил пропуска транзитных грузов является одной из самых распространенных мер институциональной поддержки транзита. Например, Россия и Казахстан в сотрудничестве с КНР создали Трансконтинентальный международный автодорожный коридор «Западная Европа – Западный Китай», который проходит по территории трёх стран и соединяет морские порты Китая с Балтийскими гаванями. Этот коридор смогут использовать все страны Центральной Азии как для международной торговли со странами континента, так и для транзита грузов в морские порты. При движении по установленным маршрутам перевозчики будут освобождены от уплаты сборов и платежей, связанных с владением или использованием транспортными средствами, а также с использованием или содержанием автомобильных дорог. И таких примеров, создании транзитных коридоров, можно привести достаточно много – «Север – Юг», который соединяет Россию с Ираном, Индией и другими странами Западной и Южной Азии, а также может использоваться европейскими странами для выхода к Индийскому океану, ТРАСЕКА, Транскаспийский маршрут, Лазурит и др. Таким образом, институциональные меры играют важную роль в увеличении транзитного потенциала транспортной системы страны.

Для повышения эффективности транзитных перевозок и увеличения их объёмов необходимо развивать механизмы интеграции транспортных коридоров отдельных государств в единую систему международных транзитных коридоров, совершенствовать организационно-технологические условия осуществления транзитных перевозок, упрощать трансграничные процедуры, внедрять цифровые технологии и электронный документооборот, создавать межгосударственные структуры координации перевозочного процесса, проводить согласованную тарифную политику и создавать другие важные условия для повышения эффективности и увеличения объёмов транзитных перевозок.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ларин О.Н. Перспективы интеграции транспортных систем Евразийского экономического союза // Проблемы национальной стратегии. 2017. № 4. С. 152-170.

2 Прокофьев И.В., Ларин О.Н., Кратаева К.Е. Инициатива «Один пояс – один путь» – новая платформа для расширения российско-китайского сотрудничества в транспортной сфере // Проблемы национальной стратегии. 2017. № 6. С. 11-48.

УДК 62-67, 62-69

Овсянников Даниил Евгеньевич, студент; Ovsyannikov Daniil Evgenievich  
Московский Политехнический университет

#### **РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В Г. МОСКВА**

#### **CALCULATION OF ENERGY AND ECONOMIC EFFICIENCY OF SOLAR COLLECTORS IN MOSCOW**

Аннотация. В статье рассматривается один из способов повышения энергоэффективности здания за счет использования солнечной энергии. Рассчитаны мощность и экономическая эффективность установки солнечных коллекторов с целью получения тепловой энергии для горячего водоснабжения неэнергоёмких потребителей.

Abstract. The article discusses one of the ways to increase the energy efficiency of a building using solar energy. The power and economic efficiency of the installation of solar collectors for obtaining thermal energy for hot water supply of non-energy-intensive consumers are calculated.

Ключевые слова: возобновляемая энергия, солнечный коллектор, тепловая мощность, энергосбережение, экономическая эффективность.

Keywords: renewable energy, solar collector, thermal power, energy saving, economic efficiency.

В настоящее время в мире наблюдается активное развитие возобновляемых источников энергии. Основной причиной этому является исчерпаемость традиционных ископаемых, таких как: природный газ, уголь, продукты переработки нефти. С каждым годом объемы ископаемого топлива в земной коре уменьшаются, и, по многим прогнозам, некоторые могут иссякнуть уже в ближайшем будущем. Естественно происходит и удорожание невозобновляемых энергетических ресурсов, что также является значительным стимулом разработки и внедрения систем нетрадиционных источников энергии. На сегодняшний день говорить об экономической выгоде по сравнению с традиционной или атомной энергетикой рано, однако в некоторых областях достигнуты высокие показатели окупаемости. Современные технологии и уровень развития ветряных, солнечных установок, геотермальных сооружений и станций, использующих гидравлическую энергию, позволяют достигать высокий КПД при умеренных финансовых затратах [1]. Одной из наиболее перспективных отраслей возобновляемой энергетики является солнечная.

Солнечные установки в нашей стране уже доказали свою эффективность в регионах Южного и Северо-Кавказского федеральных округов и республике Алтай. В этих регионах наблюдается развитие солнечной энергетики и внедрение работающих станций, так как мощность солнечного излучения высока на их территории в течение всего календарного года [2]. Открытым остается вопрос об использовании солнечной энергии в широтах севернее 50°, где солнечная инсоляция заметно снижается. Использование солнечной энергии в регионах северных широт на сегодняшний день можно предложить только для неэнергоемких потребителей или как дополнительный источник ГВС или отопления к существующему.

Целью исследования является анализ энергоэффективности солнечных коллекторов в г. Москва. Одним из вариантов их использования является альтернативный источник горячего водоснабжения образовательных учреждений. Итогами работы станут значения выходной тепловой мощности установки и срок ее окупаемости.

Анализ проведен на двух моделях коллекторов: вакуумный коллектор марки «ЯSolar VU-20» российского производства и плоский коллектор марки Logasol SKN 4.0 немецкой компании Buderus.

В качестве экспериментального здания, на котором будет располагаться солнечная установка предлагается выбрать учебный корпус с площадью крыши 1500 м. кв. без теневых зон. Также в расчете предполагается, что угол наклона солнечной установки регулируется в зависимости от угла падения солнечных лучей в данное время года и является наиболее оптимальным.

Таблица 1 – Значения солнечной инсоляции с оптимальным углом восприятия солнечных лучей в городе Москва

| Месяц    | Солнечная инсоляция, кВт*ч/м <sup>2</sup> | Оптимальный угол наклона, ° |
|----------|-------------------------------------------|-----------------------------|
| Январь   | 1,64                                      | 72                          |
| Февраль  | 2,67                                      | 63                          |
| Март     | 3,77                                      | 50                          |
| Апрель   | 4,38                                      | 34                          |
| Май      | 5,67                                      | 20                          |
| Июнь     | 5,55                                      | 11                          |
| Июль     | 5,51                                      | 17                          |
| Август   | 4,79                                      | 29                          |
| Сентябрь | 3,35                                      | 43                          |
| Октябрь  | 2,36                                      | 58                          |
| Ноябрь   | 1,66                                      | 69                          |
| Декабрь  | 1,40                                      | 75                          |

Заявленное производителем вакуумного солнечного коллектора значение поглощения солнечной инсоляции равно 90%. Теплоизоляция корпуса в виде двойного мата минеральной ваты толщиной 60 мм обеспечивает потери тепла на тыльных и теневой сторонах не выше 1 Вт/м<sup>2</sup>, потери на данной солнечной установке будут составлять примерно 2 Вт/ч. Площадь рабочей поверхности составляет 1,66 м<sup>2</sup>. Расчетные значения округлены до целых. Формула (1) для расчета часовой мощности одного коллектора:

$$P_{\text{ч}} = E_{\text{ч}} 0,9S - 2, \quad (1)$$

где  $E_{\text{ч}}$  – мощность солнечной инсоляции, Вт/ч;

$S$  – площадь поглощения на одном коллекторе, м<sup>2</sup>.

Январь:  $1640 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 2448 \text{ Вт/ч} \approx 2,45 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Февраль:  $2670 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 3987 \text{ Вт/ч} \approx 4 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Март:  $3770 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 5630 \text{ Вт/ч} \approx 5,63 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Апрель:  $4380 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 6542 \text{ Вт/ч} \approx 6,54 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Май:  $5670 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 8469 \text{ Вт/ч} \approx 8,46 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Июнь:  $5550 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 8290 \text{ Вт/ч} \approx 8,3 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Июль:  $5510 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 8230 \text{ Вт/ч} \approx 8,2 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Август:  $4790 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 7154 \text{ Вт/ч} \approx 7,15 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Сентябрь:  $3350 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 5003 \text{ Вт/ч} \approx 5 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Октябрь:  $2360 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 3524 \text{ Вт/ч} \approx 3,52 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Ноябрь:  $1660 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 2478 \text{ Вт/ч} \approx 2,48 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Декабрь:  $1400 \times 0,9 \times 1,66 - 2 = 2089 \text{ Вт/ч} \approx 2,1 \text{ кВт/ч}$ .

Плоский солнечный коллектор по данным производителя имеет рабочую площадь поверхности 2,2 кв. м. с коэффициентом поглощения излучения 77%. Теплоизоляция выполнена в виде минеральной ваты толщиной 55 мм, что позволяет обеспечить тепловые потери не выше 5 Вт/м<sup>2</sup>. Для данной установки теплотери составят 11 Вт/ч. Формула (2) для расчета:

$$P_{\text{ч}} = E_{\text{ч}} 0,77S - 11 \quad (2)$$

где  $E_{\text{ч}}$  – мощность солнечной инсоляции, Вт/ч;

$S$  – площадь поглощения на одном коллекторе, м<sup>2</sup>.

Январь:  $1640 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 2767 \text{ Вт/ч} \approx 2,8 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Февраль:  $2670 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 4512 \text{ Вт/ч} \approx 4,5 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Март:  $3770 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 6375 \text{ Вт/ч} \approx 6,4 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Апрель:  $4380 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 7409 \text{ Вт/ч} \approx 7,4 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Май:  $5670 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 9594 \text{ Вт/ч} \approx 9,6 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Июнь:  $5550 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 9391 \text{ Вт/ч} \approx 9,4 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Июль:  $5510 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 9323 \text{ Вт/ч} \approx 9,3 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Август:  $4790 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 8103 \text{ Вт/ч} \approx 8,1 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Сентябрь:  $3350 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 5664 \text{ Вт/ч} \approx 5,7 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Октябрь:  $2360 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 3987 \text{ Вт/ч} \approx 4 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Ноябрь:  $1660 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 2801 \text{ Вт/ч} \approx 2,8 \text{ кВт/ч}$ ;  
 Декабрь:  $1400 \times 0,77 \times 2,2 - 11 = 2361 \text{ Вт/ч} \approx 2,4 \text{ кВт/ч}$ .

Площадь поглощения на этой модели позволяет получать значения мощности выше чем у вакуумного солнечного коллектора.

В соответствии с СП 30.13330.2020 «СНИП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий» [3] норма расхода горячей воды на одного потребителя составляет 5 литров. Исходя из среднего количества потребителей в учебном корпусе в 1000 человек, получим расход:

$$5 \times 1000 = 5000 \text{ л/сутки} = 5 \text{ м}^3/\text{сутки}$$

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение зданий определяется по формуле (3):

$$Q_{\text{ГВС}} = \frac{c \cdot m \cdot a \cdot \Delta t}{3600} \quad (3)$$

где  $c$  – теплоемкость воды, кДж/кг<sup>0</sup>С;

$m$  – число потребителей горячей воды;

$a$  – норма расхода горячей воды на одного потребителя в сутки, л;

$\Delta t$  – температура нагрева воды, <sup>0</sup>С;

Вода из сети поступает с температурой 10<sup>0</sup>С.

В нашем экспериментальном здании тепловой поток на горячее водоснабжение составит:

$$Q_{\text{ГВС}} = (4,19 \times 5000 \times 55) / 3600 = 320 \text{ кВт/ч};$$

Таким образом, в учебное время для покрытия мощности на ГВС понадобится количество, которое можно посчитать по формуле (4):

$$N = \frac{Q_{\text{ГВС}}}{P_{\text{ч}}} \quad (4)$$

где  $Q_{\text{ГВС}}$  – средний тепловой поток на горячее водоснабжение, кВт/ч;

$P_{\text{ч}}$  – часовая мощность одного коллектора, кВт/ч.

ЯSolar VU-20  
 Январь:  $320 / 2,45 \approx 131$ ;  
 Февраль:  $320 / 4 \approx 80$ ;  
 Март:  $320 / 5,63 \approx 57$ ;  
 Апрель:  $320 / 6,54 \approx 49$ ;  
 Май:  $320 / 8,48 \approx 38$ ;  
 Июнь:  $320 / 8,3 \approx 39$ ;  
 Июль:  $320 / 8,2 \approx 39$ ;  
 Август:  $320 / 7,15 \approx 45$ ;  
 Сентябрь:  $320 / 5 \approx 64$ ;  
 Октябрь:  $320 / 3,52 \approx 91$ ;  
 Ноябрь:  $320 / 2,48 \approx 129$ ;  
 Декабрь:  $320 / 2,1 \approx 153$ .

Logasol SKN 4.0  
 Январь:  $320 / 2,8 \approx 115$ ;  
 Февраль:  $320 / 4,5 \approx 71$ ;  
 Март:  $320 / 6,4 \approx 50$ ;  
 Апрель:  $320 / 7,4 \approx 43$ ;  
 Май:  $320 / 9,6 \approx 34$ ;  
 Июнь:  $320 / 9,4 \approx 34$ ;  
 Июль:  $320 / 9,3 \approx 35$ ;  
 Август:  $320 / 8,1 \approx 40$ ;  
 Сентябрь:  $320 / 5,7 \approx 57$ ;  
 Октябрь:  $320 / 4 \approx 80$ ;  
 Ноябрь:  $320 / 2,8 \approx 115$ ;  
 Декабрь:  $320 / 2,4 \approx 134$ .

Исходя из полученных значений, мы определяем нужное количество солнечных установок. Однако, как видно по результатам расчета, в Москве только в период с марта по сентябрь солнечные коллекторы в оптимальном количестве с точки зрения эффективного капиталовложения, способны давать требуемое количество горячей воды.

Если ограничиться количеством 50 штук, то можно посчитать экономию на ГВС от централизованного отопления и срок окупаемости установки.

Тариф ЖКХ за кубометр горячей воды в Москве на начало 2022 года для потребителей, не относящихся к категории население составляет 172,47 руб. Тогда затраты на горячее водоснабжение в учебном корпусе с количеством потребителей 1000 человек составят (5):

$$K = p \cdot V \cdot n \quad (5)$$

где  $p$  – стоимость кубометра горячей воды, руб;  $V$  – расход горячей воды в здании,  $\text{м}^3$ ;  
 $n$  – число дней потребления.

$$172,47 \times 5 \times 30 = 25\,870,5 \text{ руб.}$$

Установка плоских солнечных коллекторов в количестве 50 штук с марта по сентябрь обеспечивает практически полную экономию на ГВС, вакуумные коллекторы не дадут требуемого в здании объема воды. При стоимости в 58 322 рубля, заявленной на официальном сайте компании (стоимость указана на 18.12.21), 50 панелей обойдутся в:

$$58\,322 \times 50 = 2\,916\,100 \text{ рублей.}$$

Также в общую смету проекта входят дополнительные затраты, такие как: системы креплений, системы контроля (температурные датчики, манометры, предохранительный клапан), циркуляционный насос, монтажные работы, трубопроводы. Учитывая опыт проектов по установке солнечных коллекторов, [4] можно сказать, что эти затраты примерно обходятся в 100000 рублей.

Срок окупаемости составит:

$$T = 3\,016\,100 / 181\,090 \approx 17 \text{ лет.}$$

Сроки окупаемости при установке вакуумных коллекторов ЯSolar VU-20 будут более длительными.

При сроке эксплуатации в 20 лет, который еще и не учитывает возможные неисправности в работе оборудования, 17 лет является достаточно длительным сроком окупаемости. Выходные значения мощности солнечных коллекторов в городе Москва не позволяют на сегодняшний день говорить о выгоды и энергоэффективности их использования даже для неэнергоемких потребителей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 REN21 (2021), Renewables in Cities 2021 Global Status Report (Paris: REN21 Secretariat). [Электронный ресурс] – 2021. – URL: <https://www.ren21.net/cities-2021/> (дата обращения 20.12.2021)

2 М.Г. Дибиров, Н.А. Амадиева Потенциал использования солнечной энергии для отопления и горячего водоснабжения зданий в республике Дагестан. // Вопросы структуризации экономики. – 2018. – № 2. – С. 41-45

3 “Свод правил СП 30.13330.2020 "СНИП 2.04.01-85\* Внутренний водопровод и канализация зданий” [(утв. приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 30 декабря 2020 г. N 920/пр) Дата введения - 1 июля 2021 г.]. [Электронный ресурс] – 2021. – URL: [https://www.faufcc.ru/upload/sp/orders/30\\_920\\_20201230.pdf](https://www.faufcc.ru/upload/sp/orders/30_920_20201230.pdf) / (дата обращения 18.12.2021)

4 Т.Н. Белоглазова, Т.Н. Романова Эффективность внедрения солнечных коллекторов // Экономика и экология. – 2014. № 4. – С. 357 – 359.

УДК 621.578

Пиголицына Элина Александровна, магистрант; Pigolitsyna Elina Alexandrovna  
Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент;  
Khvostikov Alexander Stanislavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ВНЕДРЕНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ХОЛОДА НА СВОБОДНЕНСКОЙ ТЭЦ ДЛЯ НУЖД АМУРСКОГО ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА**

### **INTRODUCTION OF COLD GENERATION AT THE SVOBODNENSKAYA CHP FOR THE NEEDS OF THE AMUR GAS PROCESSING PLANT**

Аннотация. Свободненская ТЭЦ – высокотехнологичная электростанция, построенная для обеспечения нужд Амурского газоперерабатывающего завода. ТЭЦ обеспечивает завод тепловой и электрической энергией. Большой расход энергии происходит на установках воздушного охлаждения. Предлагается для экономии энергии использовать абсорбционные холодильные машины.

Abstract. Svobodnenskaya CHP is a high-tech power plant built to meet the needs of the Amur Gas Processing Plant. The CHP provides the plant with thermal and electric energy. Large energy consumption occurs in air cooling installations. It is proposed to use absorption refrigerating machines to save energy.

Ключевые слова: тригенерация, выработка холода, абсорбционный холодильная машина, газопереработка, энергоэффективность.

Keywords: trigeneration, cold generation, absorption refrigerating machine, gas processing, energy efficiency.

Амурский газоперерабатывающий завод (ГПЗ) возводится для извлечения гелия и других компонентов (этан, пропан, бутан, пентан-гексановая фракция) из восточносибирских месторождений природного газа, поставляемого по газопроводу «Сила Сибири». Гелий – стратегически важный продукт в высокотехнологичных секторах экономики.

Место строительства завода, выбрано основываясь на двух факторах. Во-первых, основной потребитель гелия – Азия. Кроме этого, восточносибирские месторождения газа относятся к числу самых крупных гелийсодержащих газоконденсатных месторождений (до 1 % гелия). Строительство Амурского ГПЗ позволит, при выходе завода на полную мощность, вывести Россию в мировые лидеры производства гелия.

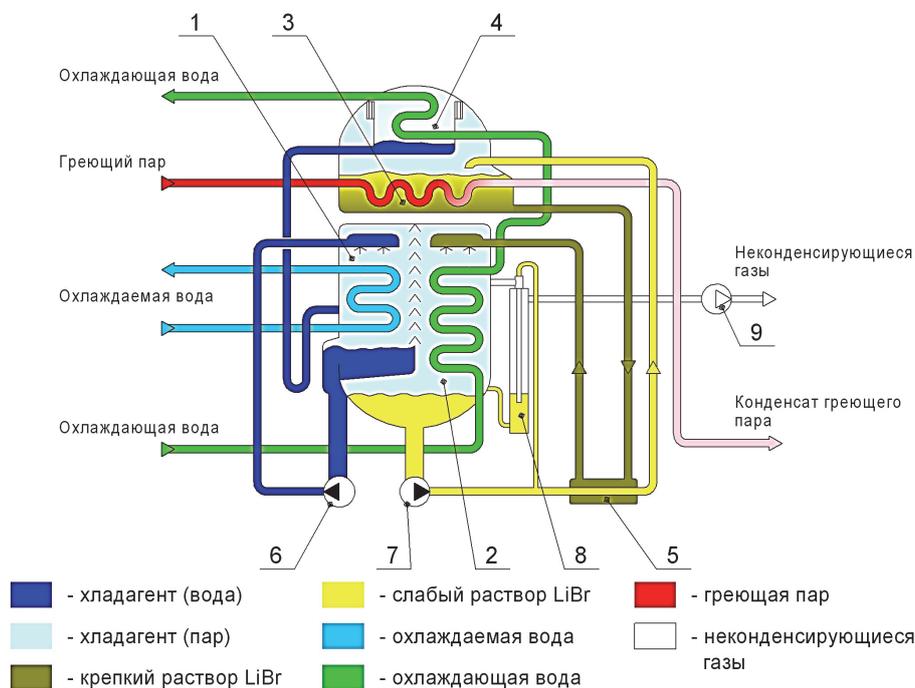
Для обеспечения Амурского ГПЗ тепловой и электрической энергией в непосредственной близости от завода построена электростанция. Свободненская ТЭЦ является современной электростанцией, оснащенной двумя паровыми турбинами ПК-80-12,8/1,57 и тремя паровыми котлами Е-320-13,8-560Г (ТГЕ-135). Одновременно со строительством и увеличением мощности Амурского ГПЗ планируется ввод новых мощностей электростанции. Поэтому именно сейчас необходимо определится с требуемым оборудованием для дооснащения электростанции. Паровые турбины с помощью генератора вырабатывают электрическую энергию, имеют производственные и теплофикационные отборы.

ГПЗ имеет большой расход электроэнергии на аппаратах воздушного охлаждения и на насосах перекачки оборотной воды. Также велики объемы потребления тепловой энергии для обеспечения процессов ректификации. Величина отношения энергозатрат к полученному количеству сжиженного природного газа и выделяемых фракций является одним из главных критериев, который следует учитывать при разработке новых и эффективных решений. Предлагается для обеспечения процесса охлаждения очищенного газа перед сушкой дооснастить оборудование электростанции абсорбционными холодильными машинами, что позволит значительно сократить затраты тепловой и электрической энергии.

При производстве гелия наиболее энергозатратным является сжатие метановой фракции и этанола. На Амурском ГПЗ этот процесс осуществляется с помощью детандеров. Детандеры понижают температуру за счет совершения работы. Также охлаждение требуется для осуществления процесса сушки газа, осуществляющийся при температуре –30 °С. Для получения гелия, разделения метановой и этановой фракций используются температуры ниже –100 °С. Все эти процессы охлаждения возможно осуществлять посредством холода, вырабатываемого на Свободненской ТЭЦ, объединив в единый технологический процесс производство электричества, тепла

и холода, называемый тригенерацией. Тригенерация – это комбинация когенерационной установки ТЭЦ (совместной выработкой тепловой и электрической энергии) и абсорбционной холодильной машины, вырабатывающей холод за счет потребления произведенной энергии пара и утилизирующей низкопотенциальное тепло.

Принцип действия абсорбционной холодильной машины представлен на рисунке 1. Преобразование теплоты выполняется с помощью двух компонентов с разными температурами кипения при одинаковом давлении. Компонент с более низкой температурой кипения называется хладагентом (вода), с более высокой – абсорбентом (бромистый литий LiBr). При совершении цикла холодильной машины раствор меняет свои свойства в зависимости от концентрации. Рабочий раствор образуется в абсорбере 2. Абсорбция включает в себя смешение жидкой и паровой фазы и поглощение пара жидкостью. Процесс поглощения происходит при охлаждении водой. Далее в насосе 7 давление повышается от давления кипения до давления конденсации. В рекуперативном теплообменнике 5 раствор подогревается и подается в генератор 3. В генераторе раствор кипит, и вода испаряется. Пар поступает в конденсатор 4, где сжижается с отводом тепла от охлаждающей воды, после чего поступает в испаритель. Водяной пар из испарителя соединяется в абсорбере с крепким раствором бромистого лития из генератора, прошедшего через теплообменник и отдавшего свое тепло рабочему раствору.



1 – испаритель, 2 – абсорбер, 3 – генератор, 4 – конденсатор, 5 - теплообменник, 6 – насос хладагента, 7 – насос растворный, 8 – газоотделитель, 9 – насос вакуумный.

Рисунок 1 – Схема абсорбционной машины

Эффективность применения абсорбционной холодильной машины доказана многими исследованиями [1-2]. Расчеты показывают снижение затрат электроэнергии на производство гелия и сжижение природного газа.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мехрпуйя М., Зайцев А.В., Лисовцов А.О. Внедрение новых технологических решений в циклы внешнего охлаждения процессов извлечения гелия и ожижения природного газа // Омский научный вестник. Серия Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2020. Т. 4. № 2. С. 37-47.

2 Султангузин И.А., Шомова Т.П., Шомов П.А. Применение тепловых насосов на газоперерабатывающих предприятиях // Сантехника, Отопление, Кондиционирование. 2015. № 6 (162). С. 48-51.

## **ОБСУЖДЕНИЕ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ТЭК**

### **DISCUSSION OF THE CURRENT STATE OF CYBERSECURITY OF THE OIL AND GAS INDUSTRY OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX**

Аннотация. В данной работе, основанной на анализе актуальных источников литературы, предпринимается попытка рассмотрения текущего развития киберзащиты нефтегазовой отрасли и, на основе этого, представления нынешнего состояния кибербезопасности ТЭК в целом.

Abstract. This paper, based on an analysis of current literature sources, attempts to review the current development of cyber security in the oil and gas industry and, on that basis, to present the current state of cybersecurity of the FEC as a whole.

Ключевые слова: безопасность критических инфраструктур, ТЭК, нефтегазовый сектор, кибер-риски.  
Keywords: critical infrastructure security, energy, oil and gas sector, cyber risks.

Надежная кибербезопасность секторов ТЭК требует целостного подхода к защите принадлежащих ему систем со стороны различных субъектов и участников обозначенного рынка. Это справедливо и для отрасли нефтегазовой цепи поставок, характеризующейся взаимосвязанностью и взаимозависимостью ее элементов, где необходимо повышать уровень киберзащиты всем сообществом данного направления энергетической экономики [1].

Недавняя кибератака с применением программы-вымогателя Ransomware на американскую компанию Colonial Pipeline, крупного владельца и оператора трубопроводов, отвечающего за транспортировку почти половины транспортного топлива в восточные районы США, стала наглядным примером уязвимости критической инфраструктуры к кибер-рискам и в очередной раз подтвердила заявления экспертов о том, что надежность цепей поставок энергоносителей, как сегодня, так и в будущем, во многом зависит от надлежащего обеспечения кибербезопасности [2].

В этом контексте правительства и предприятия должны приспосабливаться к постоянно растущей области угроз и уязвимостей. Это происходит и сегодня: власти многих стран активно борются с ежедневно возникающими глобальными кибератаками, разрабатывая новые нормативные акты и расширяя сферы сотрудничества с частным сектором, а также напрямую повышая технологическую защиту критической инфраструктуры. Однако, что касается предприятий, в том числе нефтегазовых компаний, то им не следует полагаться исключительно на соответствующие правительственные программы и политические решения, а предпринимать свои внутриорганизационные попытки решения сложных задач по снижению случаев кибератак и уменьшению всевозможных кибер-рисков [3].

Сегодня интенсивное давление рынка продолжает стимулировать цифровую революцию в нефтегазовом секторе. В этом контексте пандемия COVID-19 вызвала рост удаленной работы и поспособствовала развитию цифровых и сетевых систем, повышающих эффективность и минимизирующих вредные выбросы в атмосферу многих направлений экономики. Эти очевидные конкурентные преимущества цифровых активов означают, что цифровизация нефтегазовой отрасли будет продолжаться. То есть все большее количество промышленных процессов, имеющих решающее для ТЭК значение, будут опираться на сетевое оборудование с цифровым управлением. Однако критичным здесь является то, что природа оцифрованных систем как таковая несет в себе повышенные кибер-риски и уязвимости в киберзащите [4].

Современное цифровое оборудование имеет более широкий функционал, нежели его традиционные аналоги, а, соответственно, и большее количество возможностей для хакеров. Таким образом, растет не только частота кибератак, но и их виды, изощренность и направленность осуществления. Если раньше вредоносные ПО, вирусы и злоумышленный взлом данных, связанных с управляющим воздействием систем нефтегазовой отрасли, были направлены на информационные технологии (ИТ) последней, то сегодня не редки случаи кибератак и на операционные технологии (ОТ) [5].

Обозначенная угрожающая среда становится новой нормой для оцифрованных критически важных направлений нефтегазовой инфраструктуры, которые представляют интерес не только для преступников, преследующих финансовые цели, но и для государственных служащих в рамках геополитической деятельности. Поэтому эксперты рекомендуют членам совета директоров крупных компаний и ответственным за информационную безопасность лицам быть готовыми к увеличению случаев кибератак на соответствующие предприятия ТЭК. Отмечается, что в нынешней повестке дня даже для лидеров отрасли, хорошо осведомленных о кибер-рисках и тенденциях кибератак, с которыми сталкивается нефтегазовая промышленность, создание надежной инфраструктуры кибербезопасности может оказаться сложной задачей [3].

В рамках контекста данной работы важно отметить публикацию книги «Руководство для совета директоров и должностных лиц компаний» на Всемирном экономическом форуме (ВЭФ), которая представляет собой новый план действий по обеспечению безопасности критической инфраструктуры. Предполагается, что руководство поможет лидерам нефтегазовой отрасли решить проблемы кибер-рисков и внедрить в организациях ключевые рекомендации, а также поддерживать надлежащие стандарты во всей энергетической экосистеме. Публикация является результатом дискуссий и сотрудничества сообщества партнеров упомянутого форума, в которое входят такие крупные компании ТЭК, как Siemens Energy и Saudi Aramco [6, 7].

В заключение следует перечислить набор из шести отраслевых причинно-следственных принципов из руководства рабочей группы ВЭФ, которые, как ожидается, помогут нефтегазовым компаниям управлять кибер-рисками и укреплять киберустойчивость предприятий ТЭК:

1. Регулирование подходов к кибербезопасности

Усилия по обеспечению кибербезопасности зависят от широкого участия организаций и компаний. Согласование мероприятий по киберзащите и четкая подотчетность являются здесь основополагающими факторами успеха.

2. Киберустойчивость при проектировании критической инфраструктуры

Учет различных факторов киберзащиты, как параметров при проектировании и реализации корпоративной кибербезопасности, помогает улучшить результаты по выявлению, устранению и предотвращению кибератак.

3. Корпоративная ответственность за киберустойчивость

Признавая ту тенденцию, что сложность и частота киберугроз будет со временем только увеличиваться, нефтегазовым организациям следует изучить имеющиеся на предприятиях кибер-риски и взять на себя ответственность за управление ими.

4. Комплексный подход к управлению кибер-рисками

Поскольку управление кибер-рисками требует определенных средств, ресурсов и подотчетности, в нефтегазовом секторе особенно важно своевременно обнаруживать и предотвращать киберугрозы для всей цепочки создания стоимости с той целью, чтобы, к примеру, одно слабое по кибербезопасности звено не привело к остановке работы и функционирования всего производства.

5. Сотрудничество в рамках экосистемы

Учитывая то, что слабые звенья в системах киберзащиты могут находиться за пределами предприятий и организаций, намеренные усилия по обмену информацией о киберугрозах и соответствующий передовой опыт всех систем той или иной компании должны быть ключевыми подходами при осуществлении комплекса мероприятий по повышению уровня кибербезопасности нефтегазовой отрасли, чтобы способствовать повышению стабильности значительной части отрасли ТЭК.

6. Планирование обеспечения киберустойчивости в масштабах целой экосистемы

Поскольку прекращения случаев кибератак не ожидается, разработка планов по обеспечению киберустойчивости помогает уменьшить ущерб от тех кибер-инцидентов, которые частично или полностью увенчались успехом. Сюда следует включить обучение кибербезопасности, которое позволяет специалистам по защите критически важных систем проверять и совершенствовать средства киберзащиты, а также улучшать качество сотрудничества с другими партнерами в рамках обозначенной отрасли [5].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Rusman G., Morozova Y. Measures to Ensure Cybersecurity of Industrial Enterprises: A Legal Perspective // IEEE Security & Privacy. – 2021. – № 1. – С. 2-7.

2 Smith D. Cybersecurity in the energy sector: are we really prepared? // Journal of Energy & Natural Resources Law. – 2021. – Т. 39. – № 3. – С. 265-270.

3 Lamba A. Protecting ‘Cybersecurity & Resiliency’ of Nation’s Critical Infrastructure–Energy, Oil & Gas // International Journal of Current Research. – 2018. – Т. 10. – № 1. – С. 76865-76876.

4 Khulukshinov D. et al. Transformation of the fuel and energy complex in the context of digitalization of the russian economy // International Review. – 2021. – № 3. – С. 36-41.

5 The US pipeline attack shows the energy sector must act now on cybersecurity. Here are 6 ways how [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.weforum.org/agenda/2021/05/oil-gas-cybersecurity-ransomware-colonial-pipeline/>, свободный. – (дата обращения: 13.02.2022).

6 Cyber Resilience in the Oil and Gas Industry: Playbook for Boards and Corporate Officers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.weforum.org/whitepapers/cyber-resilience-in-the-oil-and-gas-industry-playbook-for-boards-and-corporate-officers>, свободный. – (дата обращения: 14.02.2022).

7 Cyber Resilience in Oil & Gas [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.weforum.org/projects/cyber-resilience-in-oil-and-gas-industry>, свободный. – (дата обращения: 15.02.2022).

УДК 621.311.22

Скворцов Артем Викторович, магистрант; Skvorcov Artem Victorovich

Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент; Smirnov Aleksey Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕПРОЕКТНЫХ УГЛЕЙ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ**

### **FEATURES OF THE USE OF NON-PROJECT COALS AT THERMAL POWER PLANTS**

Аннотация. В энергетической сфере развитию угольной отрасли уделяется достаточное внимание. Интерес представляют также угольные электростанции, особенно те, которые в настоящее время вынуждены работать на непроектных видах угля. Это может привести к ряду негативных последствий. Поэтому для организации эффективной работы оборудования требуется проведение предварительного анализа с выработкой соответствующих рекомендаций.

Abstract. In the energy sector, sufficient attention is paid to the development of the coal industry. Coal-fired power plants are also of interest, especially those that are currently forced to work on non-project types of coal. This can lead to a number of negative consequences. Therefore, in order to organize the effective operation of the equipment, a preliminary analysis is required with the development of appropriate recommendations.

Ключевые слова: угольные электростанции, непроектное топливо, оценка условий работы оборудования.

Keywords: coal-fired power plants, non-project fuel, assessment of equipment operating conditions.

Согласно Энергетической Стратегии Российской Федерации на период до 2035 года [1], развитию угольной отрасли в нашей стране уделяется достаточное внимание. Соответственно интерес представляют и энергетические предприятия, использующие уголь в качестве топлива. Особенно актуальными вопросы эффективного использования угля становятся в регионах, где этот вид топлива является преобладающим на теплоэнергетических предприятиях. Так, по данным источника [2], для Сибирского федерального округа доля угольной генерации достигает 65%, для Дальневосточного федерального округа – 93%. К тому же, сохранение угольной генерации выступает как инструмент диверсификации топливного баланса [2].

Характерной чертой большинства действующих мощностей угольных тепловых электрических станций (ТЭС) является то, что они были введены достаточно давно. Поэтому сегодня большая часть ТЭС уже давно работают на так называемых непроектных сортах угольного топлива. Это объясняется как истощением соответствующих месторождений, так и изменением характеристик углей по мере разработки пластов. Например, по данным еще на 1997 год [3], в энергосистемах, тогда еще Дальэнерго, Хабаровскэнерго, Магаданэнерго и Амурскэнерго, доля проектных углей составляла от 25 до 50 %. А по отдельным станциям эта доля еще ниже. На сегодняшний день многие станции уже давно работают на непроектном угле. А учитывая особенности экономической политики в области закупок и поставок угля, на станциях бывает даже несколько видов угля.

Качество поступающего на станции непроектного угля, как правило, значительно отличается от расчетного (проектного) угля. При этом, характеристики непроектных углей (размолоспособность, выход летучих, теплота сгорания, состав) могут отличаться между собой в несколько раз. В связи с этим встают резонные вопросы: как сжигание непроектного угля сказывается на работе оборудования станции и как в таких условиях обеспечить эксплуатацию ТЭС с наибольшей эффективностью? В настоящей работе осветим некоторые стороны этих вопросов.

Прежде всего, перед переходом на сжигание непроектных марок угля, необходимо провести всестороннюю оценку состояния и потенциальных возможностей оборудования. Так, например, по данным источника [4] возможны следующие варианты по результатам такой оценки.

1. Использование непроектного угля допустимо. Это обеспечивается достаточной близостью характеристик проектного и заменяющего топлива, что не требует выполнения работ по реконструкции оборудования. Однако, возможны дополнительные малозатратные мероприятия, выявленные во время проведения опытного сжигания.

2. Использование непроектного угля возможно, но требует, в свою очередь, значительно большего объема работ по реконструкции и доводке оборудования. В данном случае перед проведением опытного сжигания угля необходимо провести реконструкцию котельного и вспомогательного оборудования с предварительной разработкой соответствующего проекта. По результатам опытного сжигания может быть выполнено уточнение объема доводочных работ.

3. Использование непроектного угля возможно в смеси с проектным углем или с газом и мазутом. Этот вариант применим в случае таких характеристик непроектного угля как меньшая теплота сгорания или большая влажность, что, свою очередь, может привести к снижению располагаемой мощности из-за недостаточной производительности топливоподачи и пылеприготовления.

4. Использование непроектного угля на имеющемся оборудовании нежелательно, поскольку приведет к значительной потере мощности или потребует кардинальной многозатратной реконструкции или замены основного и вспомогательного оборудования.

Таким образом, перед переводом электростанции на непроектное топливо необходимо провести предварительный анализ возможности обеспечения следующих условий работы оборудования [4]:

- устойчивость топочного режима с удовлетворительной полнотой сгорания;
- длительность работы в необходимом диапазоне нагрузок;
- обеспечение номинальных параметров пара;
- обеспечение допустимой температуры металла поверхностей нагрева;
- обеспечение устойчивого выхода шлака при жидком шлакоудалении;
- надежность и эффективность работы систем золошлакоудаления и золоулавливания с уровнем выброса твердых частиц в пределах допустимых значений;
- допустимый уровень выбросов в атмосферу оксидов азота и серы.

Что же происходит в реальности? Как показывает опыт, описанные выше процедуры практически на электростанциях не проводятся. По сути, проблемы, возникающие в эксплуатации при сжигании непроектного угля, решаются по мере их появления. Непроектный уголь может быть перемешан на угольном поле с проектным или другими марками угля. При этом получающаяся смесь имеет непостоянный состав и, соответственно, разные характеристики (теплоту сгорания, влажность и др.). Не известен бывает и период поставки нового угля: год, два и т.д. В таких условиях неопределенности весьма трудно спланировать и организовать эффективную работу оборудования. Поэтому в данной сфере необходима не только четкая документальная регламентация по переходу на непроектные виды угля, но также ее строгое соблюдение, заинтересованность в этом руководства, обеспечение соответствующей финансовой поддержки и продуманная программа поставок соответствующих марок углей.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Энергетическая Стратегия Российской Федерации на период до 2035 года (<https://minenergo.gov.ru/node/1026>).

2 Особенности климатической повестки для России. Угольная генерация в период низкоуглеродного развития энергетики в мире ([https://www.ng.ru/ng\\_energiya/2019-10-07/15\\_7695\\_climate.html](https://www.ng.ru/ng_energiya/2019-10-07/15_7695_climate.html)).

3 Материалы Зонального совещания по вопросам сжигания местных низкосортных углей, мазута, газа и организации ремонтов, реконструкции и модернизации оборудования в условиях необходимости снижения затрат и тарифов на тепло- и электроэнергию, 21-22 июля 1999 г. - Владивосток : Центр МКТ ДВГТУ, 1999. - 131 с.

4. Капельсон Л. М. Организация и проведение опытного сжигания непроектного топлива (<https://leg.co.ua/arhiv/generaciya/organizaciya-i-provedenie-opytnogo-szhiganiya-neproektnogo-topliva.html>).

УДК 621.311

Тетиора Сергей Юрьевич, аспирант; Tetiora Sergey Yurevich

Дальневосточный федеральный университет

## **К ВОПРОСУ ВЫБОРА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

### **TO THE ISSUE OF CHOOSING CRITERIA FOR ASSESSING THE INSULATION CONDITION OF HIGH-VOLTAGE EQUIPMENT**

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы выбора критериев оценки состояния изоляции высоковольтного электротехнического оборудования. Представлен перечень критериев, предлагаемых для определения степени опасности возникновения аварийного режима. Обозначена важность реализации полноценной диагностики высоковольтного оборудования и использования характеристик частичных разрядов для этих целей. Представлен критический анализ таким показателям как кажущийся заряд и показана невозможность создания на его основе реализации полноценной диагностики. Предлагается в качестве альтернативы использовать критерии получаемые при анализе последовательностей импульсов частичных разрядов как во временной, так и в частотной областях.

Abstract. The paper considers the issues of choosing criteria for assessing the state of insulation of high-voltage electrical equipment. A list of criteria proposed for determining the degree of danger of an emergency mode is presented. The importance of realizing a full diagnostics of high-voltage equipment and using the characteristics of partial discharges for these purposes is indicated. A critical analysis of such indicators as the apparent charge is presented and the impossibility of creating a full-fledged diagnostics based on it is shown. It is proposed, as an alternative, to use the criteria obtained in the analysis of partial discharge pulse sequences in both the time and frequency domains.

Ключевые слова: высоковольтное оборудование, диагностика, частичные разряды.

Keywords: high-voltage equipment, diagnostics, partial discharge.

Высоковольтное электротехническое оборудование (ВВЭО) является одним из важнейших звеньев в транспортировке и распределении электрической энергии. От технического состояния ВВЭО зависит надежность электроснабжения и энергосистемы в целом. Корректная и адекватная информация о его техническом состоянии позволяет планировать его своевременный ремонт и позволяет предотвращать возникновение аварийных ситуаций. Точность и полнота получаемой информации о техническом состоянии ВВЭО в большой степени определяется методами и критериями оценки технического состояния.

Согласно ежегодным отчетам Ростехнадзора одними из основных причин возникновения аварий на ВВЭО, является износ оборудования в процессе длительной эксплуатации, не своевременное проведение технического обслуживания и ремонта оборудования, а также производственные дефекты оборудования, приводящие к механическим повреждениям, разрушениям оборудования и возможному возгоранию. Срок службы и надежность ВВЭО определяется в первую очередь состоянием его основной изоляции. При этом согласно статистике по повреждаемости ВВЭО [1] пробой изоляционных конструкций является одной из основных причин возникновения аварийных ситуаций и повреждения оборудования. Соблюдение нормативно-технической документации о проведении регламентных испытаний, направленных, в частности, на оценку состояния изоляции ВВЭО, сформированной в 1990-2000 годах, позволяло длительное время обеспечивать в определенной степени безопасную эксплуатацию электрооборудования на существовавшем уровне научно-технического прогресса.

В соответствии с изменениями, внесенными в Стратегию развития электросетевого комплекса Российской Федерации, утвержденными распоряжением Правительства РФ от 29.11.2017 № 2664-р, с 2018 года в России осуществляется постепенный переход от системы планово-предупредительного ремонта на объектах электросетевого хозяйства к системе ремонта по фактическому техническому состоянию с реализацией принципа риск-ориентированного управления электросетевыми активами. Разработка современных научно-технических комплексов позволяет реализовывать и применять на практике все более наукоемкие и эффективные методы оценки технического состояния и диагностики высоковольтного оборудования, позволяющие глубже учитывать физические процессы, происходящие в изоляции, и, как следствие, точнее определять опасность присутствующих дефектов и оценивать оставшийся ресурс. В связи с этим параллельно с переходом к системе ремонта по фактическому техническому состоянию все большее значение приобретает реализация полноценной диагностики высоковольтного оборудования, в том числе в режиме реального времени.

Для реализации этого направления требуется разработка и применение новых более совершенных методов диагностирования и критериев оценки состояния изоляции. В процессе мониторинга силовых трансформаторов для определения степени опасности возникновения аварийного режима в настоящее время предлагается использовать следующие критерии [2]: превышение граничных концентраций углеводородных газов и рост концентрации более 10% в месяц, относительная скорость нарастания концентрации водорода 1000% в месяц; влажность трансформаторного масла 30 г/т; регулярность ЧР на уровне 0,5, кажущийся заряд не менее 10 нКл, длительность одного цикла регистрации ЧР от 1 с до 1 мин. Как видно из перечня критериев важное значение придается характеристикам частичных разрядов (ЧР), что также подтверждается многочисленными публикациями направленных на изучение ЧР. Это обусловлено тем, что параметры ЧР содержат значительную информацию о состоянии изоляции и о дефектах, содержащихся в ней, так как всегда свидетельствуют о наличии местной неоднородности электрического поля и являются сами по себе следствием этих дефектов и процессом постепенно разрушающем изоляцию. Большинство методов основаны на таком параметре как кажущийся заряд. Данный параметр является предложенным в связи с невозможностью определить истинный заряд в реальных условиях, а построение математических моделей, с целью углубления понимания физических процессов, на основе кажущегося заряда вызывает трудности и сопровождается некоторыми неопределенностями. Так сама концепция оценки технического состояния на базе кажущегося заряда основана на предположении об однородности электрического поля, единственности дефекта (источника ЧР). В некоторых интерпретациях множества ЧР, наблюдаемых за один период рабочего напряжения, высказывается предположение о формировании каждого ЧР в отдельном источнике. В действительности ситуация может быть отлична от двух представленных из-за чего возникает неопределенность в опасности наблюдаемого множества импульсов ЧР (интегральной картины ЧР). Также существующие неопределенности в концепции определения технического состояния на основе кажущегося заряда связаны с размерами и координатами дефекта, неопределенность в напряжении зажигания разряда (задаваемом, в определенных пределах, законом Пашена), неопределенность в напряжении погасания разряда, не учитываются омические и поляризационные потери. Если для оценки технического состояния в большинстве случаев этот параметр даёт достаточную информацию, то для диагностики оговорённые выше неопределенности являются критическими и не позволяют в полной мере получать диагностическую информацию на его основе. Таким образом необходим дальнейший поиск новых критериев на основе характеристик ЧР. Важным требованием к таким характеристикам является то, что они должны обладать детерминированной диагностической ценностью.

Одним из направлений в попытке уйти от оговорённых ранее неопределенностей является анализ спектральной плотности собственного электромагнитного излучения высоковольтного оборудования [3, 4]. Данный способ диагностики характеризуется анализом и сравнением энергетических спектров излучений вертикальной поляризации от контролируемого оборудования и эталонного на информативных частотных полосах, характеризующих техническое состояние основных конструктивных элементов. В качестве критериев оценки состояния изоляции конструктивных элементов различных классов напряжения используется значения интегральных мощностей энергетических спектров излучений вертикальной поляризации. Данные критерии оценки состояния изоляции обладают детерминированной диагностической ценностью и являются инте-

гральными, т.е. способны оценивать общее состояние изоляции конструктивных элементов оборудования на различном классе напряжений.

Другой важный вопрос с точки зрения реализации полноценной диагностики - это количество действительно существующих источников ЧР, являющихся реальными или потенциальными (способные при дальнейшем развитии стать реальными) дефектами. Инструмент для ответа на данный вопрос даёт анализ множества моментов времени импульсов ЧР, составляющих интегральную картину ЧР, которая в сущности является совокупностью последовательностей импульсов ЧР (серий) от различных источников во временной зависимости, с использованием квазидетерминированной модели (КДМ) ЧР. В ходе такого анализа можно определить реальное количество наиболее опасных дефектов, по совместительству являющиеся источниками серий ЧР, через разделение интегральной картины ЧР на множество правильных, т.е. физически возможных серий ЧР которые однозначно связаны с четырьмя основными параметрами: напряжения зажигания  $U_3$ , напряжение погасания  $U_n$ , амплитуды принужденного напряжения на включении  $U_m$ , и параметра начальных условий  $U_0$  (см. рисунок 1) [5,6].

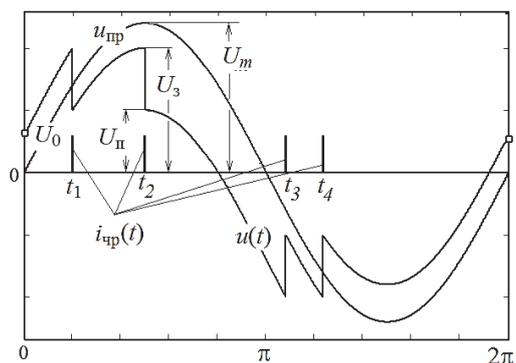


Рисунок 1 – Иллюстрация релаксационного процесса ЧР на периоде рабочего напряжения [4]

В этом наборе параметров связаны геометрические координаты включения, картина рабочего электрического поля в данной точке, характерный размер включения и его форма, диэлектрические свойства основной изоляции и включения, закон Пашена, поляризационные параметры изоляции, а также свойства ВАХ частичного разряда. Также после декомпозиции интегральной картины ЧР возможно произвести оценку опасности всех выявленных дефектов: согласно критерию квадратичной характеристики, наиболее опасным будет дефект, ассоциирующийся с наиболее длительной серией импульсов ЧР за рассматриваемый интервал времени.

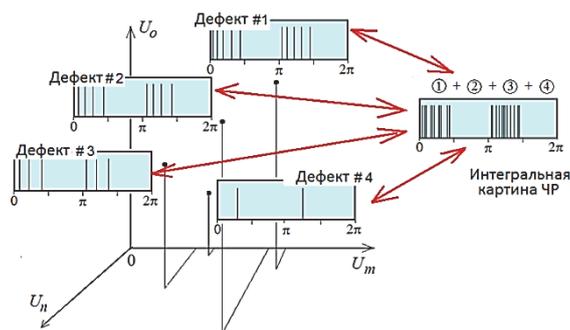


Рисунок 2 – Связь интегральной картины ЧР и правильных серий ЧР ассоциирующихся с выявленными дефектами в пространстве относительных величин  $U_m$ ,  $U_n$ ,  $U_0$  вычисленных относительно  $U_3$

В качестве критериев оценки состояния изоляции целесообразней использовать вместо критерия кажущегося заряда дифференциальный критерий квадратичной характеристики для отдельных включений и значения интегральных мощностей энергетических спектров излучений, которые можно определить путем анализа интегральной картины ЧР и их электромагнитных проявлений как во временной области (КДМ ЧР), так и в частотной (анализ спектральной плотности собственного ЭМИ оборудования). Развитие и в последствии использование указанных критериев и методов на них основанных позволит значительно приблизиться к реализации полноценной диагностики ВВЭО.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Львов М.Ю. Анализ повреждаемости силовых трансформаторов напряжением 110 кВ и выше//Электричество. 2010. № 2. С. 27–31.

2 Львов М.Ю., Львов Ю.Н. Оценка технического состояния силовых трансформаторов и автотрансформаторов напряжением 110 кВ и выше (развитие нормативно-технической документации)// Энергия единой сети № 2 (57) — 2021. С.33-41.

3 Патент на изобретение № 2749338 Российская Федерация, МПК G01R 31/00 (2006.01) заявл. 21.10.2020, опубл.08.06.2021, бюл. № 16

4 Павленко, С.В. Применение прогрессивных методов диагностики высоковольтного энергетического оборудования / С.В. Павленко, Н.В. Силин, Н.И. Игнатьев // Наука и технологии трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов, 2018. - Т.8. - №1. - С. 92-101.

5 Киншт Н.В., Петрунко Н.Н. Диагностика дефектов изоляции и задача о покрытии интегральной картины частичных разрядов// Информатика и системы управления. 2020. №2(64). С.91-102.

6 Tetiora S Yu, Silin N V, Petrunko N N. To the Evaluation of the Insulation State Based on the Analysis of Partial Discharges//International Conference on Automatics and Energy (ICAE 2021), Journal of Physics: Conference Series 2096 (2021) 012192

УДК 334:656.073

Турдугулова Гульзат, студентка; Turdugulova Gulzat

Исмаилова Жыргал Кусейиновна, кандидат философских наук; Ismailova Zhyrgal Kuseyinovna  
Кыргызский авиационный институт им. И. Абдраимова

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА ПАССАЖИРСКИХ АВИАПЕРЕВОЗОК В КЫРГЫЗСТАНЕ**

### **CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF THE PASSENGER AIR TRANSPORTATION MARKET IN KYRGYZSTAN**

Аннотация. Учитывая особую роль воздушного транспорта в обеспечении необходимых условий для нормального функционирования экономики страны и удовлетворения транспортных потребностей населения, в статье я рассмотрела текущее состояние и перспективы совершенствования отечественного пассажирского авиатранспорта в условиях низкой динамики рынка. Приведен обзор основных показателей гражданской авиации в республике. Определены преимущества и даны рекомендации по развитию малой авиации и отрасли в целом с целью процветания внутреннего и международного туризма. Определены перспективные направления прогресса.

Abstract. Taking into account the special role of air transport in providing the necessary conditions for the normal functioning of the country's economy and meeting the transport needs of the population, in the article I considered the current state and prospects for improving domestic passenger air transport in conditions of low market dynamics. An overview of the main indicators of civil aviation in the republic is given. The advantages are identified and recommendations are given for the development of small aviation and the industry as a whole in order to thrive domestic and international tourism. Promising areas of progress have been identified.

Ключевые слова: гражданский воздушный транспорт, рынок авиаперевозок, состояние, развитие, пассажирские авиаперевозки.

Keywords: civil air transport, air transportation market, condition, development, passenger air transportation.

С недавних пор значимость авиатранспорта в Кыргызстане возросла. Индустрия воздушного транспорта играет первостепенную роль в улучшении международного туризма и является одним из приоритетных направлений развития. Согласно официальной статистике, пассажиропоток в разрезе авиатранспорта непрерывно рос, особенно с 2006 по 2014 годы, когда идет увеличение пассажиропотока почти в четыре раза. Приведенные данные указывают на возрастание роли авиаперевозок в целом по республике, особенно на международных линиях. На повышение пассажиропотока повлияло увеличение экономической и торговой активности населения и усиление миграционных потоков граждан республики в другие страны. Также, Кыргызская Республика становится транзитным пунктом миграции населения из соседних стран [1]. 2020 год показал самые низкие показатели пассажиропотока с 2009 года в связи с введением временных запретов и ограничений в

условиях кризиса, вызванного влиянием пандемии COVID-19 [2]. Благодаря появлению новых авиапредприятий увеличились пассажирские и грузовые рейсы, и, конечно же, увеличилась прибыль предприятия» – прокомментировал *генеральный директор ОАО «МАН» Шаршеев Б.О.*

Открытое акционерное общество «Международный аэропорт «Манас», являясь основным авиатранспортным предприятием обеспечивает как внутренние, так и международные перевозки. К тому же обладая пропускной способностью 1700 человек в час, аэропорт представляет собой одну из самых крупных аэропортов в Центральной Азии. А такие наши аэропорты, как «Ош», «Иссык-Куль», «Каракол» и «Баткен» входят уже в структуру ОАО «Манас». «Джалал-Абад», «Нарын», «Исфана», «Караван», «Талас», «Казарман» – все другие оставшиеся аэропорты, что являясь региональными подразделениями, осуществляют только внутренние перевозки.

В настоящее время регулярные перевозки пассажиров обеспечивают отечественные авиакомпании «Air Manas», «Avia Traffic Company» и «Tez Jet Airlines».

Динамика пассажирских перевозок на примере ОАО «Международного аэропорта «Манас» показана на рисунке 1 [3].

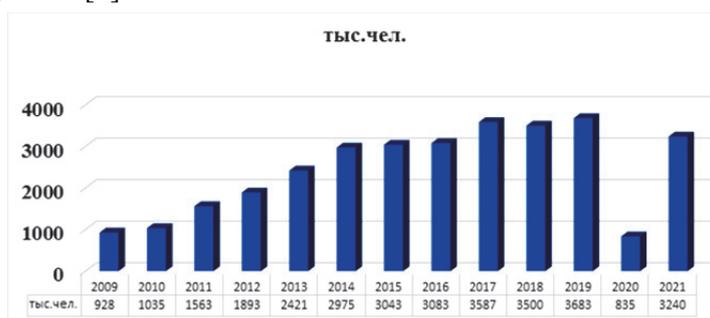


Рисунок 1 – Объем пассажирских перевозок в ОАО «МАН» воздушным транспортом

Представленные данные свидетельствуют о том, что пассажиропоток аэропорта Манас имеет высокие темпы прогрессирования на протяжении отчетного периода, за исключением 2016 и 2020 годов [4]. Замедление роста пассажиропотока в 2016 году (+1,31%) было обусловлено политической нестабильностью государства, а в 2020, как уже известно, связано с эпидемией.

Пандемия внесла свои коррективы. По сравнению с предыдущим годом пассажиропоток увеличился в 2,7 раз. С 1 января по 31 октября 2021 года было обслужено 27 тыс. 432 рейса. Несмотря на ограничения, вызванные пандемией, в Кыргызстане имеет место тенденция улучшения рынка воздушного транспорта. Расширяется география перевозок.

Вопросам поднятия рынка пассажирских авиаперевозок в стране посвящена работа Бекбоевой М.А. «Транспортная инфраструктура в развитии туристского рынка Кыргызской Республики» [5]. «Развитость авиасообщения - важный элемент устойчивого развития сферы туризма», - сообщает автор исследования. В статье акцентируется внимание на технической модернизации аэропорта «Манас» с целью соответствия международным требованиям, стандартам безопасности и качества обслуживания пассажиров и воздушных судов. Статья была опубликована в 2015 году, и с момента публикации статьи аэропорт «Манас» и другие региональные аэропорты Кыргызстана претерпели значительные изменения. На сегодня аэропорт «Манас» это технически совершенный объект наземной авиатранспортной инфраструктуры, способный принимать пассажирские и грузовые суда всех типов [6].

Гражданская авиация (ГА) является той отраслью, которая технологически быстро развивается, потому она особенно зависит от профессиональных и квалифицированных авиационных специалистов. По этой причине орган регулирования ГА особое внимание уделяет подготовке персонала. И наши учебные заведения – Кыргызский авиационный институт, Кыргызский авиационный колледж и ОсОО «Manas Training Centre» – идут постепенно к тому, чтобы в ближайшем будущем самостоятельно в полной мере удовлетворять потребности ГА в авиационных специалистах.

Необходимо также отметить и про рынок малой авиации. Малая или легкая авиация – воздушные суда, масса которых не превышает 5700 кг с максимальным числом пассажиров 9. Для развития внутреннего туризма она играет огромную роль. В Европе индустрия малой авиации невероятно развита. Бюрократические вопросы упрощены до минимума, а система тарификации и налогообложения хорошо продумана. Суда легкой авиации имеют возможность беспрепятственных трансграничных перелетов [7].

«Совсем недавно из-за значительного застоя в развитии малой авиации в стране, для решения накопившихся проблем и его развития, была разработана новая Концепция развития гражданской авиации Кыргызстана», – во время интервью упомянул Настаев Александр Иванович, директор Государственного агентства ГА, когда рассказывал о сильном отставании в развитии и росте индустрии легкой авиации. В Концепции учитываются системные проблемы в отрасли, есть рекомендации по ее развитию, такие как выход из «черного списка», так как *кыргызские авиапредприятия с 2006 года находятся в «черном списке» EASA*, охват авиасообщением всей территории страны, развитие легкой авиации, исключение повторения функций в органах управления и другие ключевые вопросы. Ко всему прочему отсутствие кадров и экономических возможностей, а это налоги, таможенные сборы и пошлины, первостепенные причины, не дающие при нынешних ценах на билеты развиваться малой авиации в стране. Вдобавок для развития малой авиации необходим полный пересмотр индустрии со стороны правительства, поскольку она имеет ряд преимуществ: экономичность в эксплуатации, многофункциональность, упрощенный процесс приобретения, простое хранение и транспортировка. Ко всему прочему следует добавить и создание единой нормативно-правовой базы, создания инфраструктуры и единой координационной системы, в том числе привлечение инвестиций и государственных средств для строительства развернутой инфраструктуры страны [8].

Если судить по данным Агентства гражданской авиации, то 70% пилотов страны составляют иностранцы. И причиной тому является невозможность трудоустройства выпускников института ввиду отсутствия опыта. «Поэтому для того, чтобы пилоты налетали определенные часы и получали опыт, необходимы небольшие самолеты, которые в дальнейшем будут обеспечивать прохождение специалистов, и была преемственность», – отмечает глава Госагентства гражданской авиации. Он также подчеркнул, что все пилоты начинали с малой авиации, а кадровый резерв требует малой авиации, которая в настоящее время слабо развита в Кыргызстане.

Также стоит отметить такую важную деталь, как режим открытого неба, который был введен с 15 января 2019 году по поручению экс-президента Сооронбая Жээнбекова. Данное мероприятие направлено на увеличение пропускной способности аэропортов страны и повышение уровня конкуренции в связи с появлением иностранных авиакомпаний. В то же время транзитный потенциал республики растет, и в условиях обычной экономической и эпидемиологической ситуации режим "открытого неба" поможет привлечь в Кыргызстан миллионы новых пассажиров [9].

В настоящее время на регулярной основе идут работы по улучшению реконструкции аэропортов, кроме этого всего сервиса и комфортабельности в общем для удобства пассажиров. Несмотря на пандемию, многие запланированные проекты были завершены. Так, например, в Международном аэропорту «Ош» работы по переустройству коммуникации аэродрома, перестройке искусственного покрытия перрона и расширению зала повышенной комфортности в зоне прилета уже завершены. Вдобавок в Международном аэропорту «Иссык-Куль» здание аэровокзала было расширено. А в данное время идут по строительству отдельного здания зала ожидания для создания комфортных условий для пассажиров и посетителей аэропорта. Ожидается, что проект будет завершен в начале этого года.

В 2022 году продолжится работа над улучшением инфраструктуры аэропортов и расширением географии полётов. Кроме того, планируется открыть прямой рейс в Будапешт (Венгрия). Соглашение было подписано с венгерской авиакомпанией «Wizz Air», являющейся первой европейской авиакомпанией. К тому же, планируется приобретение самолетов для дочерней авиакомпании «Air KG» с расчетом на пассажирские авиаперевозки, и, проекты по трем аэропортам – реконструкция аэропорта «Каракол», капитальный ремонт ВПП главной воздушной гавани страны, где в течение 47 лет осуществлялся только ремонт ям и открытие центра грузовых авиаперевозок в аэропорту «Ош».

В результате исследования удалось определить следующее:

1. Рынок пассажирских перевозок в Республике Кыргызстан является растущим и развивается стремительно.
2. Накопилось значительное число внутриотраслевых проблем, связанных с технологическими особенностями функционирования организаций.
3. Снизился объем пассажирских авиаперевозок в основном из-за высоких затрат на потребляемые авиацией матер-технические ресурсы, цены на которые практически достигли уровня мировых, и падения платежеспособности населения на внутреннем рынке.

4. Прогрессирующее старение и отставание от современных требований парка воздушных судов из-за отсутствия финансовых средств на приобретение новых воздушных судов.

5. Имеется острая необходимость развития малой авиации.

6. Важным фактором развития для аэропорта «Манас» может стать укрепление сотрудничества в рамках ЕАЭС, выраженное в развитии маршрутной сети и расширении взаимосвязей с зарубежными авиакомпаниями, что значительно облегчило бы передвижение граждан и способствовало развитию таких направлений, как туризм и деловое сотрудничество.

7. В стране ведется строительство инфраструктуры, необходимой для развития отрасли.

В заключение можно подвести итог, что отрасль воздушного транспорта в Республике Кыргызстан растет и развивается. А открытие новых направлений ведет к появлению «новых игроков» в рынке авиаперевозок. Но невзирая на сложившиеся во всем мире, не только в нашей стране, сложные экономические обстоятельства, связанные с пандемией, наше правительство конкретно предпринимает определенные меры по развитию индустрии воздушных перевозок. И так как воздушный транспорт играет ключевую роль в туризме, то и его дальнейшее развитие позволит ускорить темпы роста туристской индустрии. Поэтому, принимая во внимание всю сложившуюся ситуацию, на этом этапе особенно важно развивать инфраструктуру, направление малой авиации, которое в перспективе может послужить основой для внутреннего туризма.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Централизованный банк данных правовой информации Кыргызской республики. - URL: <http://cbd.minjust.gov.kg> (дата обращения: 03.02.2022). – Режим доступа: свободный.

2 Новости Кыргызстана. - URL: <https://kabar.kg> (дата обращения: 03.02.2022). – Режим доступа: свободный.

3 Официальный сайт комитета по статистике Республики Кыргызстан. – URL: <http://www.stat.kg/ru/news/grazhdanskaya-aviaciya-respubliki-cifry-i-fakty/> (дата обращения: 02.02.2022.). – Режим доступа: свободный.

4 Пассажиропоток в аэропортах Кыргызстана вырос на 1.7% за счет международных рейсов ECONOMIST – Финансовое издание. Республика Кыргызстан. – URL: <https://economist> (дата обращения: 03.02.2022) – Режим доступа: свободный.

5 Бекбоева, М.А. Транспортная инфраструктура в развитии туристского рынка Кыргызской Республики // 2015. С.109– 115.

6 Техническое оснащение аэропорта Манас. Аэропорт Манас Бишкек – официальный сайт. - URL: <http://www.airport.kg/about/technical-equipment> (дата обращения: 02.02.2022). Режим доступа: свободный.

7 Dresner M., Lin J. S. C., Windle R. The impact of low-cost carriers on airport and route competition // Journal of Transport Economics and Policy. – 1996. – С. 309–328.

8 Кыргызское телеграфное агентство. - URL: <https://kyrtag.kg>. дата обращения: 02.02.2022). Режим доступа: свободный.

9 Рублев В.В. Перспективы развития аэропорта «Манас» в условиях преодоления кризиса, вызванного влиянием пандемии COVID-19 // 2020. – С. 180–194.

УДК 656.025.4

Хисамутдинов Игорь Алексеевич, студент; Khisamutdinov Igor Alekseevich

Гунькова Ольга Владимировна, старший преподаватель; Gunkova Olga Vladimirovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ТЕНДЕНЦИИ ЭКСПОРТА КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ КРУПНЫХ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ**

#### **EXPORT TRENDS OF ROOFING MATERIALS ON THE EXAMPLE OF LARGE RUSSIAN COMPANIES**

Аннотация. В данной работе рассматривается рынок кровельных материалов и какое количество экспорта приходится на Россию на примере компании «Технониколь».

Abstract. This paper examines the market of roofing materials and how much export falls on Russia using the example of the «Technonikol» company.

Ключевые слова: экспорт, каменная вата, «Технониколь».

Keywords: export, stone wool, «Technonikol».

На рынке кровельных материалов действует большое число производителей, но уровень конкуренции распределяется по видам материалов.

Сегмент рулонных кровельных материалов представлен большим количеством компаний, и, в тоже время, высококонцентрирован. На ведущего игрока группу компаний (далее ГК) «ТехноНиколь» приходится до 45 % рынка (компания также является крупнейшим игроком в сегменте композитной черепицы).

На рынке металлической кровли (металлочерепица, кровельный профнастил, фарьцевая кровля) крупнейшим производителем является ГК «Металл Профиль».

В сегменте шифера более 60 % предложений приходится на двух производителей – ГК «BF Tech» и ООО «Комбинат Волна».

В сегменте ондулина (волнистые листы из целлюлозы) в России действует одно предприятие – «Ондулин групп» (филиал французской компании Onduline Group).

В сегменте керамической и песчано-цементной черепицы наибольшее присутствие характерно для двух российских производителей (крупнейший – БРААС ДСК-1), а также зарубежных компаний, в основном из Польши.

Экспорт кровельных материалов суммарно составляет около 15 % от объёма производства, основными получателями являются страны Ближнего Зарубежья (в частности Беларусь, Азербайджан, Таджикистан). В основном экспортируются рулонные кровельные материалы, шифер и профнастил.

Россия является главным поставщиком битумной кровли для Польши, Чехии, Болгарии, Румынии, Монголии, стран Балтии, Финляндии и почти всех стран СНГ.

Компания является поставщиком кровельных материалов в Европе уже более 15 лет. За 2021 год она поставила в Европу 55 млн.м<sup>2</sup> кровельных материалов. Преимущественно поставки проходят через контейнерный терминал в порту города Санкт-Петербург. В 2021 году сквозь него было отправлено 2,5 тыс. контейнеров с продукцией компании. До порта Санкт-Петербург груз доставляется автомобильным и железнодорожным транспортом, что позволяет перевозить большие объёмы продукции из дальних регионов, далее контейнеры перегружаются на морские суда и доставляются в страны Европы.

Завод «ТЕХНО» в Рязани производит базальтовую теплоизоляцию, которую поставляют на российский рынок, в страны Восточной Европы, Скандинавии. Поставки осуществляются автомобильным транспортом.

Компания «ТехноНиколь», как одна из ведущих компаний на Российском рынке, является интернациональной корпорацией и имеет два подразделения «ТехноНиколь Азия» и «ТехноНиколь Интернешнл». Каждое из подразделений ориентировано на Азиатский и Европейский рынок, соответственно.



Рисунок 1 – общий вид каменной ваты на паллете

Экспорт на Азиатский рынок кровельных материалов пользуется меньшим спросом, чем Европейский. За 2021 год было всего поставлено 3 млн.м<sup>2</sup> изоляционных материалов. Поставки проходят, в основном, по морю, через терминалы Приморского региона. Для удовлетворения повышающегося спроса, сокращения логистических цепочек, и упрощения распространения на рынки Дальнего Востока и Азии в 2016 году был построен завод «ТехноНиколь Дальний Восток», он же «ТЕХНО» в Хабаровске. Первые страны-импортёры стали Китай и Канада. Завод выпускает кровельную теплоизоляцию из каменной ваты, различные виды огнезащиты и технической изоляции. Общий вид представлен на рисунке 1.

Для экспорта могут осуществляться несколько путей доставки продукции до Владивостокского контейнерного терминала: автомобильным транспортом или по железной дороге, в крытых вагонах. Само изделие может перевозиться всеми видами крытых транспортных средств. Плиты с изделиями упаковываются и укладываются штабелями на поддоны по маркам и размерам. Штабель должен быть высотой не более 3 м. Поддоны с продукцией должны находиться на ровной сухой поверхности, должны быть защищены от воздействия атмосферных осадков.

При всём многообразии продукции и линий поставок, экспорт компании составляет всего 5 % процентов от общей прибыли. В дальнейшем планируется рост доли экспорта, строительство

собственных заводов на территориях стран-импортёров, т.к. это снизит издержки на логистику, что приведёт к увеличению прибыли в будущем. Также возникают трудности с попаданием на Азиатский рынок, на котором свои правила, конкуренция и меньший спрос в Российских материалах. Одной из причин является то, что компания совсем недавно на Азиатском рынке, всего несколько лет. *Поделиться Владислав Беляев – руководитель отдела логистики компании «Технониколь».*

Ещё можно предположить, что причинами трудности экспорта на рынки КНР, могут служить подпорченные торговые отношения между Китаем и Америкой. Множество санкций, направленных друг против друга, сосредоточение Китая на собственном производстве, а также последние тенденции к деглобализации стран. К сожалению, эти факторы сказываются не только на странах-лидерах, а на всём мире. Страдают абсолютно все логистические системы, что в конечном итоге сказывается на конечных потребителях.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Грузоведение : учебник / В. Е. Шведов, Н. В. Иванова, К. И. Голубева, А. В. Елисеева ; под редакцией В. К. Головати. – Санкт-Петербург : Интермедия, 2018. – 216 с. – ISBN 978-5-4383-0155-4. – Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. – URL: <https://www.iprbookshop.ru/85780.html> (дата обращения: 20.01.2022). – Режим доступа: для авторизир. Пользователей.

2 Лукинский, В. С. Логистика и управление цепями поставок : учебник и практикум для вузов / В. С. Лукинский, В. В. Лукинский, Н. Г. Плетнева. – Москва : Издательство Юрайт, 2021. – 359 с. // Юрайт : электронно-библиотечная система. - URL: <https://urait.ru/bcode/469013> (дата обращения: 20.01.2022). – Режим доступа: по подписке.

3 Технониколь : официальный сайт группы компаний «Технониколь» : сайт. – Москва, 2022 – . – URL: [https://www.tn.ru/about/o\\_tehnonikol/industry/zavody\\_k\\_v/zavod-tekhnonikol-dalniy-vostok-khabarovsk/](https://www.tn.ru/about/o_tehnonikol/industry/zavody_k_v/zavod-tekhnonikol-dalniy-vostok-khabarovsk/) (дата обращения: 20.01.2022).

УДК 621.18

Хмелев Андрей Анатольевич, магистрант; Hmelev Andrej Anatol'evich

Попов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент; Popov Alexey Yurievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СЖИГАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ТОПЛИВА В ПАРОВЫХ КОТЛАХ ТЭЦ**

### **FUNCTIONAL MODEL OF COMBINED FUEL COMBUSTION IN CHP STEAM BOILERS**

Аннотация. Данная работа посвящена вопросам расчета состава продуктов сгорания путем моделирования совместного сжигания угля и природного газа в паровых котлах.

Abstract. This work is devoted to the calculation of the composition of combustion products by modeling the co-combustion of coal and natural gas in steam boilers.

Ключевые слова: паровой котел, совместное сжигание топлива, продукты сгорания.

Keywords: steam boiler, fuel co-combustion, combustion products.

В настоящее время на теплоэлектроцентралях (ТЭЦ) все большее внимание уделяется экологическим проблемам и вопросам разработки и внедрения технологий по снижению выбросов вредных веществ в атмосферу.

При сжигании в паровых котлах органического топлива образуются различные химические соединения, количество которых зависит от вида и состава топлива, а также от условий его сгорания.

Прогнозирование выбросов при использовании определенного вида топлива, либо смеси топлив в заданных паровых котлах является необходимым условием при разработке эффективных мероприятий по очистке дымовых газов.

С целью определения количественного состава дымовых газов была разработана функциональная модель реакций окисления топлив для группы паровых котлов. Модель была реализована на примере котлов четвертой очереди Комсомольской-на-Амуре ТЭЦ-2. Очередь состоит из 4-х

котлоагрегатов БКЗ 210-140. Котлоагрегаты обозначены номерами 7, 8, 9, 10; в качестве топлива используются одновременно Ургальский уголь и природный газ Сахалинского месторождения.

Моделирование тепловой схемы выполнено в программе ХАЙСИС (Aspen HYSYS) [1]. Для расчета свойств в потоках схемы был выбран термодинамический пакет PRSV (Peng–Robinson-Stryjek-Vera) – это модификация уравнения состояния смеси газов Пенга-Робинсона. Для моделирования процессов химического реагирования компонентов топлива и окислителя (воздуха) использован компонент «реактор Гиббса» (G).

Технологическая схема процесса группы паровых котлов представлена на рисунке 1.

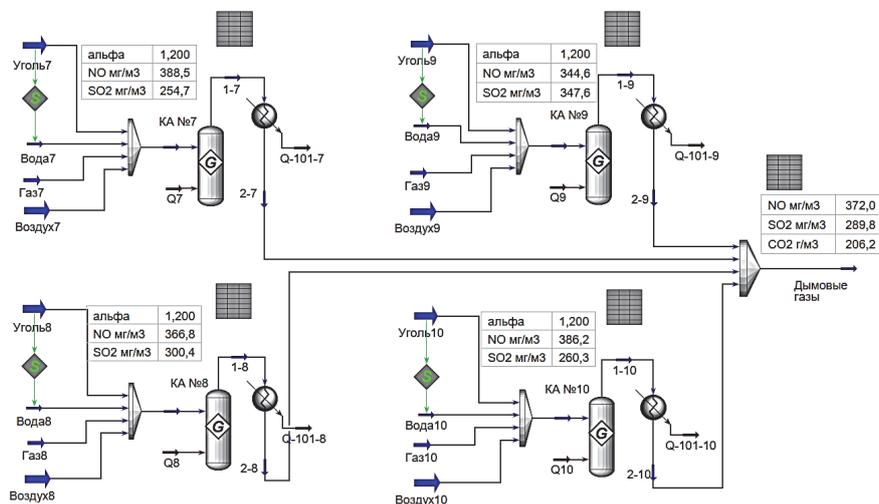


Рисунок 1 – Технологическая схема процесса

Составы используемых угля и природного газа представлены в таблице 1, состав воздуха принят по объёмным долям – 0,79/0,21 (N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>).

Таблица 1 – Состав используемого топлива

| Уголь, % по массе |                |      | Природный газ, % по объему |                                |      |
|-------------------|----------------|------|----------------------------|--------------------------------|------|
| Кислород          | O <sup>f</sup> | 10,5 | Метан                      | CH <sub>4</sub>                | 90,5 |
| Азот              | N <sup>f</sup> | 1,2  | Этан                       | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>  | 4,0  |
| Углерод           | C <sup>f</sup> | 82,2 | Пропан                     | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>  | 1,8  |
| Водород           | H <sup>f</sup> | 5,8  | Изо-бутан                  | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 0,3  |
| Сера              | S <sup>f</sup> | 0,3  | Норм-бутан                 | C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> | 0,4  |
| Влага             | W              | 7,0  | Изо-пентан                 | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> | 0,1  |
|                   |                |      | Норм-пентан                | C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> | 0,1  |
|                   |                |      | Углекислый газ             | CO <sub>2</sub>                | 2,6  |
|                   |                |      | Азот                       | N <sub>2</sub>                 | 0,2  |

Природный газ и уголь подаются в топки котлов одновременно, соотношение расходов этих топлив принято согласно техническому отчету по эксплуатации ТЭЦ-2 за наиболее нагруженный период. Массовые доли подачи угля и газа по каждому котлоагрегату приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Массовые доли угля и газа, сжигаемые в котлоагрегатах (КА)

| Топливо       | КА № 7 | КА № 8 | КА № 9 | КА № 10 |
|---------------|--------|--------|--------|---------|
| Природный газ | 0,384  | 0,295  | 0,208  | 0,373   |
| Уголь         | 0,616  | 0,705  | 0,792  | 0,627   |

Коэффициент избытка воздуха (альфа) принят равным 1,20 и рассчитывался по долям O<sub>2</sub>, CO и CO<sub>2</sub> в продуктах сгорания. Коэффициент задавался путем изменения расхода воздуха.

Заключительная настройка модели заключалась в регулировке условий расчетов «реактора Гиббса» по каждому котлоагрегату. «Реактор Гиббса» вычисляет составы на выходе таким образом, чтобы были достигнуты фазовые и химические равновесия. Условие, при котором свободная энергия Гиббса реакционной системы находится на минимальном уровне в равновесии, используется для расчета состава смеси продуктов сгорания [2]. В качестве исходной информации приняты данные по результатам замеров выбросов оксидов азота (NO) по каждому котлоагрегату четвертой очереди Комсомольской-на-Амуре ТЭЦ-2. Регулирование производилось путем изменения теплосъема в реакторах Гиббса (значений потоков энергии Q7, Q8, Q9, Q10) так,

чтобы расчетная концентрация NO (материальные потоки 2-7, 2-8, 2-9, 2-10) соответствовала результатам замеров. Расчетные концентрации NO и SO<sub>2</sub> по котлоагрегатам и суммарная концентрация приведены на рисунке 1.

В результате на основе разработанной функциональной модели получены количественные и качественные характеристики продуктов, образующихся при сгорании комбинированного топлива в котлах ТЭЦ. Основные результаты по составу дымовых газов для каждого котлоагрегата и суммарный состав представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Состав дымовых газов (массовые доли)

| Компонент       | КА № 7 | КА № 8 | КА № 9 | КА № 10 | Общий  |
|-----------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Кислород        | 0,0358 | 0,0356 | 0,0352 | 0,0358  | 0,0356 |
| Азот            | 0,7456 | 0,7438 | 0,7420 | 0,7453  | 0,7442 |
| Водяной пар     | 0,0622 | 0,0571 | 0,0517 | 0,0616  | 0,0583 |
| CO <sub>2</sub> | 0,1559 | 0,1630 | 0,1705 | 0,1568  | 0,1614 |
| NO              | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0003  | 0,0003 |
| SO <sub>2</sub> | 0,0002 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0002  | 0,0002 |

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Симуляторы тепловых схем энергетического оборудования: метод. указания по выполнению лаб. работ / сост. А. Ю. Попов. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 19 с.
- 2 Aspen HYSYS. Unit Operations Guide. – Burlington : Aspen Technology, 2010. – 1722 с.

УДК 621.311

Чинов Алексей Александрович, магистрант; Chinov Aleksey Aleksandrovich

Шаломов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, доцент; Shalomov Vyacheslav Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СПОСОБА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПЕРЕГРЕВА ПАРА ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТУРБИН СЕМЕЙСТВА Т-100**

### **JUSTIFICATION AND CHOICE OF THE METHOD OF INTERMEDIATE STEAM OVERHEATING DURING THE MODERNIZATION OF TURBINES OF THE FAMILY T-100**

Аннотация. В настоящей работе сформулированы цель и задачи исследования, кратко представлена роль промежуточного перегрева пара, рассмотрены способы его осуществления и сделан выбор способа газового промперегрева, выбрана в качестве базовой современная турбоустановка семейства Т-100.

Abstract. In this paper, the purpose and objectives of the study are formulated, the role of intermediate steam overheating is briefly presented, the methods of its implementation are considered and the choice of a gas industrial superheating method is made, a modern turbine of the T-100 family is selected as the base.

Ключевые слова: паровая турбина, промежуточный перегрев пара, параметры пара, расчётное исследование, тепловой перепад, тепловая экономичность.

Keywords: steam turbine, intermediate steam overheating, steam parameters, design study, thermal differential, thermal efficiency.

Все турбоустановки семейства Т-100 Уральского турбинного завода (УТЗ) строятся без промежуточного перегрева пара. Однако максимальные конденсационные мощности создаваемых турбин достигают уже 130-150 МВт. К примеру, турбины Т-120/130-12,8 (130 МВт), Т-125/150-12,8 (150 МВт).

Начиная с 1959 г., в СССР при строительстве новых ТЭС и расширении существующих широко применялись установки мощностью до 200 МВт с начальными параметрами пара у турбин  $p_0 = 12,7$  МПа,  $t_0 = 565$  °С и с газовым промперегревом до 565 °С [1]. Из современных турбоустановок с промперегревом пара мощностью до 200 МВт можно привести в пример конденсационную турбину К-160-130-1 и теплофикационную турбину Т-180/210-130. Учитывая современные разработки по повышению начальной температуры пара у турбин семейства Т-100 [2], одновременное внедрение промперегрева даст заметное повышение установленной мощности и экономичности паротурбинных установок (ПТУ).

Целью настоящей диссертационной работы является расчётное исследование влияния промперегрева пара на тепловую экономичность теплофикационной ТУ на базе современной турбины семейства Т-100.

Для реализации поставленной цели планируется решать следующие основные задачи:

- 1) выбор определённой базовой турбоустановки для исследования; изучение её технических данных и особенностей тепловой схемы;
- 2) выбор оптимального давления промперегрева пара и моделирование расчётной тепловой схемы турбины; формирование блок-схемы расчётного исследования;
- 3) расчётное исследование тепловой эффективности вариантов промперегрева пара;
- 4) сравнительный анализ технико-экономических показателей турбоустановки по результатам расчётов;
- 5) расчётная оценка экономического эффекта.

Промежуточный перегрев пара был первоначально предложен как средство уменьшения конечной влажности пара в турбине. КПД последних ступеней паровых турбин существенно зависит от влажности пара: увеличение влажности пара на 1 % сопровождается снижением относительного внутреннего КПД ступеней турбины также приблизительно на 1 %. Конечная влажность отработавшего пара не должна превышать 13 – 14 %.

При промежуточном перегреве сообщается дополнительное тепло пару, сработавшему в части высокого давления турбины некоторый тепловой перепад. Весь пар временно отводится из турбины в промежуточный пароперегреватель, после чего он с повышенной температурой возвращается в турбину и работает в остальных ступенях. Точка конечного состояния отработавшего пара на  $i, s$ -диаграмме (рисунок 1) отодвигается при этом по изобаре  $p_k = \text{const}$  вправо, и конечная влажность пара уменьшается. В трубопроводах промперегрева и в промежуточном перегревателе за счёт гидравлического сопротивления происходит снижение давления пара на величину  $\Delta p = p'_{\text{пп}} - p''_{\text{пп}}$ . Пунктиром показаны линии процесса и конечная влажность пара  $x'_k$  для процесса без промежуточного перегрева и при тех же начальных параметрах пара.

Тепловой перепад, используемый в турбине с промперегревом пара, равен

$$H_i^{\text{пп}} = i_0 - i'_{\text{пп}} + i''_{\text{пп}} - i_k.$$

Теплоперепад, используемый в части высокого давления  $H_i^{\text{вд}} = i_0 - i'_{\text{пп}}$ , остаётся практически таким же, как в установке без промперегрева. Теплоперепад части низкого давления  $H_i^{\text{нд}} = i''_{\text{пп}} - i_k$  при промперегреве увеличивается благодаря повышению температурного уровня процесса, уменьшению влажности и повышению относительного внутреннего КПД части низкого давления.

Введение промперегрева способствует уменьшению расхода пара в турбину. Промежуточный перегрев пара полезен не только с точки зрения понижения конечной влажности, при некоторых условиях он может привести к улучшению тепловой экономичности тепловой электрической станции и повышению КПД цикла.

Известны три способа промежуточного перегрева пара: паровой, газовый и с помощью промежуточного теплоносителя. Паровой перегрев осуществляется в специальном паровом перегревателе, устанавливаемом около турбины. Паропроводы промперегрева в этом случае имеют небольшую длину. Паровой промперегрев можно реализовать с конденсацией или без конденсации греющего пара. Первый способ предпочтительнее - уменьшаются габариты теплообменника. Достоинствами парового промперегрева по сравнению с газовым в этом случае являются более короткие паропроводы и меньшая потеря давления и тепла в линиях промперегрева. Одновременно сохраняется нормальная конструкция котлоагрегата и уменьшается опасность разгона турбины и пережога трубок промперегревателя при внезапном сбросе нагрузки. Однако по причине низкой температуры перегрева паровой промперегрев с конденсацией греющего пара практически не дает увеличения термического КПД цикла.

Известны три способа промежуточного перегрева пара: паровой, газовый и с помощью промежуточного теплоносителя.

Паровой перегрев осуществляется в специальном паровом перегревателе, устанавливаемом около турбины. Паропроводы промперегрева в этом случае имеют небольшую длину. Паровой промперегрев можно реализовать с конденсацией или без конденсации греющего пара. Первый способ предпочтительнее - уменьшаются габариты теплообменника. Достоинствами парового промперегрева по сравнению с газовым в этом случае являются более короткие паропроводы и меньшая потеря давления и тепла в линиях промперегрева. Одновременно сохраняется нормальная конструкция котлоагрегата и уменьшается опасность разгона турбины и пережога трубок промперегревателя при внезапном сбросе нагрузки. Однако по причине низкой температуры перегрева паровой промперегрев с конденсацией греющего пара практически не дает увеличения термического КПД цикла.

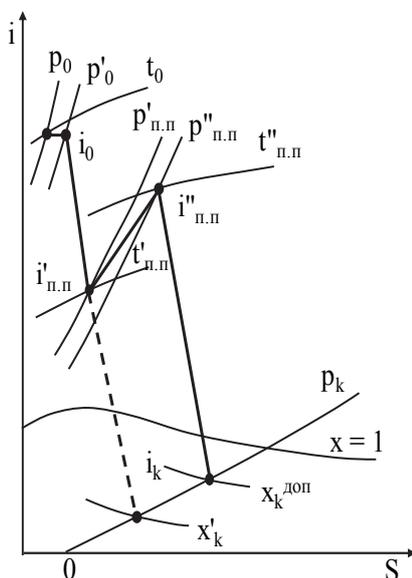


Рисунок 1 – Рабочий процесс в турбине с промежуточным перегревом пара в  $i, s$ -диаграмме

потеря давления и тепла в линиях промперегрева. Одновременно сохраняется нормальная конструкция котлоагрегата и уменьшается опасность разгона турбины и пережога трубок промперегревателя при внезапном сбросе нагрузки. Однако по причине низкой температуры перегрева паровой промперегрев с конденсацией греющего пара практически не дает увеличения термического КПД цикла.

Выгода от парового промперегрева поэтому сводится в основном к повышению относительного внутреннего КПД турбины и к уменьшению конечной влажности пара. Паровой промперегрев без конденсации греющего пара усложняет паротурбинную установку и приводит к дополнительной потере давления пара и тепла.

Перегрев с помощью промежуточного теплоносителя осуществляется в теплообменном аппарате, расположенном рядом с турбиной. Между котлом и турбиной циркулирует жидкий промежуточный теплоноситель, который нагревается до заданной температуры в специальном подогревателе, смонтированном в газоходе котла, и отдает тепло пару в промежуточном перегревателе турбины

Схема промперегрева с помощью промежуточного теплоносителя отличается дешевыми и короткими паропроводами. Промежуточный пароперегреватель располагается вблизи от турбины, что уменьшает потерю давления пара в линиях промперегрева. При удачном выборе промежуточного теплоносителя может быть достигнута достаточно высокая температура промперегрева. Основной трудностью при решении этой проблемы является выбор термостойкого теплоносителя с высоким коэффициентом теплоотдачи к стенкам труб. Органические теплоносители типа дифенила при температуре выше 400 °С разлагаются и пожароопасны, а расплавленные металлы (олово, свинец) и соли (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) создают опасность закупорки системы при остановке.

Газовый промперегрев производится в промежуточном пароперегревателе, расположенном в газоходе парового котла. При газовом перегреве нет ограничений по температуре промперегрева, за исключением прочностных свойств. Благодаря высокой температуре газового промперегрева достигается повышение тепловой экономичности станции на 6 – 8%. К недостаткам газового промперегрева относятся повышенная стоимость паропроводов, опасность разгона турбины паром из линии промперегрева при внезапном сбросе нагрузки. При газовом промперегреве усложняется регулирование котлоагрегата. Указанные недостатки, однако, не являются препятствием к широкому применению газового промперегрева на электростанциях. ПТУ на такие параметры еще не требуют для изготовления в большом количестве дорогих аустенитных сталей. Для удешевления, упрощения и сокращения длины паропроводов при этом одновременно применяется блочная схема компоновки ПТУ электростанций.

Все современные конденсационные турбины мощностью более 160 МВт и теплофикационные турбины с мощностью равной и более 180 МВт созданы с газовым промперегревом пара.

Из приведённых выше турбин семейства Т-100 ТУ Т-120/130-12,8 уже устанавливаются и работают на ТЭС. ТУ Т-125/150-12,8 в каталоге продукции УТЗ пока не представлена, хотя она предпочтительнее для выполнения исследования по теме работы в связи с большим значением максимальной электрической мощности. Поэтому в качестве базового варианта принимаем к расчётному исследованию теплофикационную турбину Т-120/130-12,8. ТУ обладает высокими технико-экономическими показателями.

Выводы.

1) Применение промежуточного перегрева пара в ТУ способствует повышению её тепловой экономичности.

2) Из трёх возможных способов промперегрева пара наиболее широко используется газовый промперегрев.

3) В качестве базового варианта ТУ для расчётного исследования принимается теплофикационная турбина семейства Т-100 Т-120/130-12,8.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Елизаров Д.П. Теплоэнергетические установки электростанций. Учебник для студентов энергомашиностроительных специальностей вузов / Д.П. Елизаров. – М.: «Энергия», 1967, 255 с.

2 Тумановский, А.Г. Пути совершенствования угольных ТЭС России А.Г.Тумановский, Г.Г. Ольшевский // Теплоэнергетика. - 2015. – № 1, с.67 - 73.

УДК 339.5:656.025.4

Шамшура Юрий Денисович, студент; Shamshura Yury Denisovich

Гунькова Ольга Владимировна, старший преподаватель; Gunkova Olga Vladimirovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ**

### **FEATURES AND PROBLEMS OF THE TRANSPORT NETWORK OF THE KHABAROVSK TERRITORY**

Аннотация. В данной работе рассматриваются особенности и проблемы транспортной сети Хабаровского края.

Abstract. This paper discusses the features of the transport network of the Khabarovsk Territory and the problems.

Ключевые слова: инфраструктура, транспортная сеть, перевозка.

Keywords: infrastructure, transport network, transportation.

Общими проблемами отрасли транспорта Хабаровского края является:

- большинство негодного транспортного парка;
- загруженность сети железных дорог, не позволяющая ускорить работу различных перспективных проектов;
- низкий уровень широкого внедрения электрической энергии железной дороги дорог (Особенно Байкало-Амурская магистраль);
- присутствие огромного количества ограниченных участков и отсутствие вторых путей на большей части протяженности Байкало-Амурской магистрали; малоразвитость наземной инфраструктуры для высокоэффективного применения авиатранспорта;
- малоразвитость береговой инфраструктуры для высокоэффективного применения морского вида транспорта;
- малоразвитая система пригородных и межмуниципальных пассажирских перевозок;
- повышенные тарифы на транспортные услуги, из-за большой стоимости энергетических ресурсов, что способствует окончательному повышению стоимости товаров и услуг за счет транспортной составляющей.

Инфраструктура транспорта Хабаровского края состоит из:

#### 1. Воздушный транспорт.

Основной авиаперевозчик - «Хабаровские авиалинии», основная деятельность которого основана на перевозках по регионам Хабаровского края.

Основная деятельность – пассажирские перевозки и доставка грузов по различным регионам чартерными и регулярным маршрутами.

«Хабаровские авиалинии» объединяют такие города, как Комсомольск-на-Амуре, Советская Гавань и Хабаровск Николаевск-на-Амуре, Охотск. Начиная с 2015 года компании передали право на обеспечение воздушного сообщения между центром края и городами Хабаровского края, как Богородское, Чегдомын, Чумикан, Нелькан, Аян, Херпучи.

В эксплуатации в Хабаровском крае 11 аэропортов:

Аэропорт Хабаровск (Новый), Аэропорт Аян, Аэропорт Богородское, Аэродром Дземги, Аэропорт Хурба, Аэропорт Охотск, Аэродром Тукчи, Аэропорт Херпучи, Аэропорт Чумикан, Аэропорт Ургалан, Аэропорт Николаевск-на-Амуре.

#### 2. Железнодорожный транспорт.

По Хабаровскому краю железнодорожные перевозки пассажиров в дальнем сообщении осуществляет компания «Федеральная пассажирская компания», а в пригородном сообщении – компания «Экспресс Приморья»

В Хабаровском крае расположены 3 отделения железнодорожной дороги: Хабаровск, Комсомольск, Тындинский район.

Железнодорожные дороги края характеризуются общим расстоянием железнодорожных путей 2300 км. Основной ход железнодорожной дороги полностью электрифицирован от станции Ар-

хара до станции Бикин длиной больше 700 км, а на других полосах применяется тепловозная тяга.

В границах Хабаровского края расположено 5 железнодорожных вокзалов (Облученский, Биробиджанский, Хабаровск-1, Пятая Хабаровская дистанция пути, Бикинский), и более двухсот остановочных пунктов (железнодорожные станции, блокпосты, разъезды).

### 3. Речной транспорт.

Чаще всего в Хабаровском крае перевозки пассажиров на речном транспорте используют такие предприятия, как ЗАО «Амурские пассажирские перевозки» и ООО «КомПасс».

В Амурском и Николаевском муниципальных районах пассажирские перевозки осуществляют индивидуальные предприниматели – в Амурском муниципальном районе ИП Мезенцев А.В., а в Николаевском районе 2 судами на воздушной подушке "Нептун" ИП Папулов В.И.

Остановочные пункты внутреннего водного:

Прибрежная - Речной вокзал (Хабаровск) - Березка – Парус, Речной вокзал (Хабаровск) – Новокаменка, Хабаровск – Победа, Николаевск-на- Амуре – Вайда, Николаевск-на- Амуре – Денисовка, Николаевск-на- Амуре – Подгорное, Комсомольск- на-Амуре - Богородское - Николаевск-на- Амуре, Комсомольск- на-Амуре, Комсомольск- на-Амуре - Нижние Халбы, Прибрежная - Речной вокзал (Хабаровск) - п. Уссурийский - 10 км, Прибрежная - Речной вокзал (Хабаровск) - хутор Телегино - Садовая 2 – Дубки.

### 4. Автомобильный транспорт.

В Хабаровском крае в межмуниципальном сообщении перевозки осуществляют 16 организаций перевозчиков различных форм собственности: МУП «Автотранспортный перевозчик», МУП «ПАТП Амурского муниципального района», ООО «Автотранспортное предприятие Комсомольск-на-Амуре», ООО «Васильев», ООО «Вираз», ООО «Вираз-1», ООО «ДВ-Лождистик», ООО «МАРШРУТ», ООО «РусАвто», ООО «Автотранспортное предприятие Ванино», ООО «Совтранс-ДВ», ООО ПАТП «ДАЛЬАВТО», ИП Мезенцев Алексей Владимирович, ИП Соломин Андрей Владимирович, ИП Ушакова Татьяна Анатольевна, ИП Шадуя Елена Владимировна

Мероприятия по развитию инфраструктуры пассажирского транспорта общего пользования Хабаровского края включают в себя обустройство существующих и строительство новых пунктов остановки. Требования к мероприятиям должно осуществляться по ГОСТ Р 52766-2007 «Дороги автомобильные общего пользования. Элементы обустройства. Общие требования» и включать в себя следующие элементы: остановочную площадку, посадочную площадку, заездной "карман" на дорогах, боковую разделительную полосу, тротуары или пешеходные дорожки, автопавильон или навес, пешеходный переход, скамью, урну для мусора, технические средства организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка, ограждения), освещение (с питанием от распределительных сетей или автономных источников).

В оптимальном и динамичном вариантах проектирования на территории Хабаровского края предложено: реконструкция и капитальный ремонт автовокзалов, реконструкция и капитальный ремонт железнодорожных вокзалов, реконструкция и капитальный ремонт железнодорожных станций, реконструкция и капитальный ремонт аэропортов.

Также предложено строительство транспортно-пересадочных узлов для исключения дублирования части городских маршрутов межмуниципальными маршрутами. Транспортно-пересадочные узлы для данной цели предлагается обустроить на следующих участках Хабаровского края:

- 1) На территории с. Тополево Хабаровского муниципального района;
- 2) На территории г. Хабаровска в районе остановочного пункта «Химфармзавод» (ул. Краснореченская);
- 3) На территории г. Хабаровска в районе автопарка в Южном микрорайоне (пересечение ул. Панфиловцев и ул. Малиновского).

В том числе в г. Комсомольск-на-Амуре осуществляется деятельность по формированию транспортно-пересадочного узла на железнодорожном вокзале.

После проведения работ по строительству автомобильной дороги «Селихино – Николаевск-на-Амуре» предлагается ввести новый маршрут из г. Комсомольск-на-Амуре в с. Подгорное. Данный маршрут позволит соединить 2 крупных города Хабаровского края и обеспечить постоянное сообщение автомобильным пассажирским транспортом.

Для обеспечения жителей пос. Маго и Озерпах предлагается ввести новые маршруты от г. Николаевска-на-Амуре, что повысит доступность района и обеспечит связь сельских поселений с административным центром Николаевского района.

Строительство транспортно-пересадочных узлов позволит разгрузить центр города Хабаровска посредством сокращения межмуниципальных маршрутов до данных ТПУ. Рекомендуется изменить схему движения 34 межмуниципальных маршрутов.

К 2023 году в соответствии с п. 3.7.7 и п. 3.3.9 разработанного проекта общественного стандарта транспортных услуг населения при выполнении перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом на территории Хабаровского края (далее – проект Социального стандарта) необходимо произвести оборудование всех автобусов на межмуниципальных маршрутах средствами контроля перевозки пассажиров и оплаты проезда.

Также рекомендуется произвести установку в подвижной состав средств информирования о маршруте и месте нахождения (видеоэкран, устройства воспроизведения звука и т.д.).

К 2031 году предлагается произвести обновление всего подвижного состава в количестве 211 единиц в соответствии с видом и классом подвижного состава, указанного в реестре межмуниципальных маршрутов. Подвижной состав автобусных межмуниципальных маршрутов должен отвечать экологическим требованиям класса Евро-5, иметь возможность перевозки маломобильных групп населения, иметь систему отопления, кондиционирования и отвечать другим требованиям Социального стандарта транспортного обслуживания населения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 История отечественного судостроения. В пяти томах. Т.5: Судостроение в послевоенный период (1946-1991 гг.) / А.М. Васильев, С.И. Логачев, О.П. Михайлов и др. – СПб.: Судостроение, 1996. – С. 544.

2 Водный транспорт: fleetphoto.ru : справочно-информационный портал. – Раздел сайта «Типы и проекты», подраздел «Пассажирские и грузопассажирские суда». – URL: <https://fleetphoto.ru/projects/55/> (дата обращения: 15.01.2022).

3 Программа комплексного развития транспортной инфраструктуры Хабаровской: khabkrai.ru: справочно-информационный портал. – Раздел сайта «Хабаровский край» подраздел «Нацпроекты». – URL: <https://www.khabkrai.ru/khabarovsk-krai/Proekty/projects-list/162938/> (дата обращения: 15.01.2022).

## **СЕКЦИЯ 7. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОЙ И МОРСКОЙ ТЕХНИКИ**

УДК 658.5:002:006.354

Айрих Илья Иванович, заместитель начальника инженерного управления; Airikh Ilya Ivanovich  
Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук; Zhurbina Irina Nikolaevna  
ПАО «Амурский судостроительный завод»

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### **НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НА ПАО «АМУРСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»**

### **DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PREPARATION OF PRODUCTION AT PJSC «AMUR SHIPBUILDING PLANT»**

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы оптимизации процесса технологической подготовки производства.

Abstract. This article discusses the issues of optimizing the process of technological preparation of production.

Ключевые слова: судостроительное предприятие, конструкторская подготовка, технологическая подготовка.

Keywords: shipbuilding enterprise, design preparation, technological preparation.

Рассматривая технологию как совокупность операций (процесс), направленных на создание продукта, соответствующего требованиям нормативной документации с минимальными затратами на создание, можно в технологической подготовке предприятия выделить следующие направления:

- совершенствование процесса выпуска документации по конструкторско-технологической подготовке производства;
- совершенствование процесса создания продукта (изделия), а применительно к судостроительной отрасли корпусных конструкции и судов в целом.

В мировой практике известно, что самым простым процессом совершенствования является процесс оптимизации потерь на этапах производства продукции на всех этапах, в частности, подготовки производства, производства продукции и дальнейшего сервисного обслуживания.

В настоящее время конструкторскую подготовку производства можно разделить на две составляющие: работы проектанта (проектирование, разработка рабочей конструкторской документации (РКД), техническое сопровождение проекта) и предприятия (разработка РКД на оснастку и техническое обеспечение строительства, обеспечение производственных подразделений актуальной РКД, оперативное техническое сопровождение). При этом основными тенденциями по конструкторской подготовке производства остается полноценное применение трехмерного проектирования и современных методов коммуникации, направленных на повышение качества и уменьшение длительности процесса проектирования и технического сопровождения строительства.

Виды технологической документации выпускаемой предприятием-строителем определяются требованиями ГОСТ 3.1102-2011. Условно примем следующее деление, сочетающее в количественный показатели и техническую сложность: планоно-материальная документация и технологические инструкции (процессы, указания, карты).

К планоно-материальной документации (ПМД) будем относить технологическую документацию определяющую состав работ в виде объемов (шт, кг, м<sup>2</sup> и т.д.) и трудозатрат (нормо-часы). Данная документация разрабатывается на основании РКД и технологических инструкций. Объем данной документации варьируется от 10 000 до 40 000 единиц документов и зависит от таких факторов, как технической сложности и насыщенности заказа и от принятой на предприятии системы формирования планоно-учетных единиц (единицы работы, лежащей в основе планирования строительства судна (определение приведено в упрощённом виде)). ПМД формируется на базе электронной спецификации чертежа, загруженной в информационную систему ПАО «АСЗ».

К технологическим инструкциям (процессам, указаниям, картам различного назначения) будем относить текстовые и/или графические документы, определяющие последовательность выполнения операций, как на уровне судна в целом, так и отдельной планоно-учетной единицы.

Например, на уровне судна в целом – технологическая инструкция на формирование корпуса судна в целом или принципиальная технология строительства заказа; на уровне планово-учетной единицы – технологическая инструкция на изготовление секции палубы или технологическая инструкция на монтаж дизель-генератора или разметочные эскизы на изготовление секции. Объем технологических инструкций зависит от технической сложности и насыщенности заказа, от принятой на предприятии системы формирования данных документов (групповые, унифицированные или разработанные под конкретные работы), а также объемов выполняемых работ предприятием. Количество данной документации варьируется от 100 до 2 000 единиц документов.

На сегодняшний день основными проблемами в вопросах подготовки производства на судостроительных предприятиях являются:

- не достаточность квалифицированного персонала для ручного выпуска планово-материальной документации;
- отсутствие высококвалифицированного персонала для разработки технологических документации.

Учитывая отсутствие позитивных тенденций на рынке труда и в сфере высшего образования, в части увеличения численности квалифицированного персонала и длительность процесса адаптации и формирования высококвалифицированного персонала (минимальный период составляет 5 лет), единственно приемлемым вариантом остается автоматизация данных процессов или по-современному цифровизация.

Основной задачей цифровизации является снижение нагрузки на инженеров-технологов по выпуску ПМД, путем автоматизации типовой стандартной работы, стандартизация подходов к формированию документов, исключение излишней ручной обработке, создание процедур защиты от ошибок на программном уровне.

За последние 4 года на ПАО «АСЗ» достигнуты значительные успехи по цифровизации технологической подготовки производства. Коротко перечислим их.

1. Вся выпускаемая ПМД переведена из аналогового (бумажного вида) в цифровой. Эффект: сокращение затрат на тиражирование документации, ее корректировку и поддержание в актуальном виде.

2. Цифровизация процесса создание технолого-нормировочных карт, входящих в состав ПМД, в объеме 60% с внедрением элементов автоматизации. Эффект: повышение качества нормирования работ (расчета трудоемкости), сокращение времени.

3. Создание цифрового сетевого графика строительства заказа и объектных моделей. Сетевой график состоит из 3 уровней, включает в себя 50 задач 1 уровня, 793 задачи 2 уровня и 16878 задач 3 уровня применительно к заказу проекта 00300. Эффект: повышение качества планирования, визуализация процесса строительства заказа. Сформированные на базе ПУЕ и сетевого графика объектные модели, например, модель формирования корпуса судна в целом, позволяют автоматизировать процесс планирования работ между производственных подразделений.

4. Реализованные технические решения позволяют осуществлять выпуск ПМД без влияния территориальных и временных факторов.

Несомненным преимуществом перехода на цифровые процессы является сокращение длительности таких процессов (потерь) как поиск, обработка, сбор и анализ данных (документов), ожидание, выявление и устранение ошибок. В таблице 1 приведены примеры улучшений по типам документов.

При решении задачи создания электронных технолого-нормировочных карт применены два подхода: 1) построение типовых ТНК по видам работ, состоящих из стандартных технологических операций на первом этапе, и разработка алгоритмов автоматизации ввода данных в типовых ТНК на втором этапе. Данный подход применяется по корпусному, достроечному, трубомо-, механо-, электромонтажному производствам и др., кроме изготовления стандартизированных изделий машиностроения; 2) построение шаблонов ТНК на изготовления стандартизированных изделий машиностроения (изготовление 1 единицы изделия), с указанием технологических операций и переходов, на базе которого создается множество заказных ТНК (на партии стандартизированных изделий машиностроения). Данный подход применяется только к изготовлению изделий машиностроения, так как целесообразен только при порционности и многократности применения шаблонов ТНК на изделие.

Таблица 1 – Улучшения по типам документов

| Тип документа                                                              | Эффект, возможности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ведомости технологических комплектов (ПУЕ)                                 | Является основой построения цифрового сетевого графика;<br>Взаимоувязана информация по данной работе: сопутствующие и дополнительные работы, технологическая информация, данные по обеспеченности, сдельные наряды и т.д                                                                                                                                                                                       |
| Материальные карты<br>Комплектовочные карты                                | Контроль полноты выпуска ПМД;<br>Контроль обеспеченности работ, с предпосылками автоматизации при отражении складских остатков;<br>Контроль норм расхода материалов, полноты заказных ведомостей;<br>Планирование закупок и обеспеченности по каждой работе, построение графика выполнения работ.                                                                                                              |
| Журналы пооперационных приемок                                             | Отражение в режиме реального времени продвижения работ;<br>Контроль обеспеченности выполнения работ предшественниками;<br>Взаимная увязка смежных работ и автоматизация данного процесса.                                                                                                                                                                                                                      |
| Методики закрытия построечных удостоверений, в части предъявляемых объемов | Позволяет определить полноту выполнения работ по таким параметрам как материалы, комплектующие и работы цехов-смежников;<br>Позволяет построить график и определить общую длительность работ под каждое построечное удостоверение.                                                                                                                                                                             |
| Технологонормировочные карты                                               | При построении и реализации специальных алгоритмов обработки данных спецификации чертежей, позволило автоматизировать процесс создания и нормирования работ по отраслевым нормативам времени в среднем на 60%;<br>Электронное ТНК является основой для формирования сдельных нарядов, как элемента внутрицехового планирования с минимальной величиной смена.                                                  |
| Сетевой график строительства                                               | Позволяет упростить процесс планирования работ за счет деления графика по уровням «управления»;<br>Визуализирует ход строительства заказа;<br>Дальнейшее направление развития графика представляется в части взаимной увязки работ и расчета критического пути. Представляется более реализуемым на серийноосвоенных заказах при отработанных цепочках поставки комплектующий и документации на строительство. |

Основой для формирования всех ТНК являются стандартные операции, которые указываются в последовательности, предусмотренной технологическими инструкциями под определенные виды работ. Кратность стандартной операций определяются в соответствии с картами норм времени отраслевых нормативов норм времени. Что позволяет однозначно определить при написании ТНК соответствующую карту нормы времени и определить входные (необходимые) параметры для нормирования технологической операции с перечнем обязательных параметров, указываемых инженером-технологом или определяемых из состава спецификации чертежа. При таком подходе можно выделить следующие этапы создания электронных ТНК:

- создание стандартных технологических операций;
- введение обязательных параметров в стандартные операции, исходя из карт норм времени;
- построение типового ТНК из стандартных операций в соответствии с технологической инструкцией характерной для каждого вида работ (сборка секции, окраска, изоляция, изготовление трубопроводов, монтаж электрооборудования и т.д. (порядка 179 видов работ для гражданского заказа));
- определение переменных для автоматизации ввода данных в ТНК (марка материала, длина, вес, узел, штуки, площадь, под позиции и т.д.);
- разработка алгоритма автоматической загрузки данных в типовое ТНК из спецификации чертежа и данных указанных инженером-технологом в спецификации чертежа;
- создание механизма защиты от ошибки ТНК (обязательные поля, разграничение прав доступа и т.д.);
- ввод в стандартные технологические операции данных из карт норм времени (расчетных формул, таблиц, содержания работ, коэффициентов, предусмотренных картой и нормативом (как параметров операции));
- отработка типовых ТНК и алгоритмов построения электронных ТНК;
- улучшение алгоритмов.

При решении задач автоматизации технологической подготовки производства на судостроительном предприятии массив входных и выходных данных связанных с разнообразием видов и специфики производств значителен, например, для судна размерениями 131x20x6,6 м и водоизмещением 6300 т конструкторская документация состоит из 1 757 чертежей и включает 287 463 позиций, 18 161 работ верфи и 12 657 работ по изготовлению изделий машиностроения и оснастки. Целесообразно применять «процессный подход», который позволяет структурировать процесс, накопить опыт и создать отработанный базу технических решений, увеличить количество специалистов, разрабатывающих технические задания на автоматизацию.

Таким образом, цифровизация технологической подготовки судостроительного производства является одним из основных решений по повышению качества документации и сокращения сроков ее выпуска, снижает нагрузку на инженеров-технологов и эффективно может осуществляться путем применения процессного подхода.

УДК 629.122

Аносов Анатолий Петрович, доктор технических наук, профессор; Anosov Anatoliy Petrovich  
Новосельцев Игорь Александрович, магистр; Novoseltsev Igor Aleksandrovich  
Бессонова Виктория Олеговна, магистр; Bessonova Victoria Olegovna  
Воробьева Анна Андреевна, магистр; Vorobeva Anna Andreevna  
Макарова Татьяна Анатольевна, бакалавр; Makarova Tatiana Anatolievna  
Дальневосточный федеральный университет

## **РАЗРАБОТКА НОВОЙ МЕТОДИКИ РАССЧЁТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ ДЛЯ МАЛОМЕРНЫХ РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ СУДОВ С УПРОЩЕННЫМИ ОБВОДАМИ**

### **DEVELOPMENT OF A NEW METHOD OF CALCULATION OF WATER RESISTANCE FOR SMALL FISHING VESSELS WITH SIMPLIFIED LINES**

Аннотация. В данной работе представлены начальные этапы разработки методики расчета сопротивления воды для маломерных судов с упрощенными обводами. Главная задача – исследовать существующие способы для дальнейшего упрощения проектирования маломерных рыболовных баз- эффективного транспорта эксплуатирующегося в прибрежных территориях дальневосточного региона. Для выполнения данной задачи построена модель в САПР Solid Works, что дало возможность провести анализ с помощью метода конечных элементов (МКЭ), сделать натурные буксировочные испытания и в итоге создать начальную платформу для будущей методики.

Abstract. This paper presents the initial stages of developing a methodology for calculating water resistance for small boats with simplified contours. The main task is to find a solution to protect the interests of small fishing bases involved in attracting investments in the interests of the territories of the Far East region. To accomplish this task, a model was built in Solid Works CAD, which made it possible to conduct finite element analysis (FEM), conduct natural towing tests, and ultimately create the initial component for the future methodology.

Ключевые слова: сопротивление, скорость, маломерная рыбопромысловое судно, буксировочные испытания.

Keywords: resistance, speed, small size fishing vessel, towing tests.

#### **Введение**

При проектировании судов одной из самых главных задач является определение способности судна противостоять внешней среде потокам воды, которые оказывают сопротивление при движении. Существуют разные методики расчета сопротивления, как правило полученные по ним результаты можно использовать только при проектировании однотипных- серийных судов. Поэтому для такого уникального проекта как маломерная рыбопромысловое судно с упрощенными обводами нельзя с точностью сделать выводы по сопротивлению движению судна, для этого необходимо провести анализ всех доступных методик расчетов данного критерия, что в дальнейшем поможет разработать индивидуальный подход к проектированию и сократить необходимость дальнейших доработок.

Целью настоящей работы является разработка основ метода расчета сопротивления воды движению маломерных судов с упрощенными обводами. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести сопоставление результатов исследования сопротивления воды движению маломерных судов схожих обводов:

- провести сбор и обработку материалов по расчету сопротивления воды движению маломерных судов подобной конструкции и назначения;
- разработать методику исследования сопротивления воды движению судна в программном продукте САПР «SolidWorks»;
- подготовить начальный этап для дальнейшей разработки метода расчета сопротивления для судов данного типа для этого построить графики сравнения методик и сделать аналитические выводы.

### Расчет сопротивления маломерных судов с упрощенными обводами

Необходимой задачей эксплуатационно-экономического обоснования для небольших рыбопромысловых судов считается определение ходовых свойств. Для этого потребуется выбрать и создать благоприятный метод вычисления сопротивления воды движению судна. Более бесприорышный метод прогнозирования сопротивления воды – натурные испытания. На начальных этапах проектирования это нерационально, т.к. При разработке необычного проекта, к примеру объекта в предоставленной работе, появляются дополнительные издержки времени и вещественных ресурсов, что ведет к удорожанию работы. Расчетные способы прогнозирования сопротивления воды, представлены двумя группами: способами пересчета с макета и способами прямого расчета.

Определение сопротивления воды перемещению судна – это наиболее значимое направление расчётов. Актуальность обоснована сложностью гидродинамических явлений, образующихся при перемещении судна, и, как следствие, отсутствием приближенных аналитических заключений, касающихся вихревого и волнового сопротивления [1].

Существующие решения применимы для определенных серийных судов с одинаковой (схожей формой обводов). В то же время суда прибрежного рыбопромыслового флота имеют упрощенные обводы, обусловленные спецификой условий их эксплуатации.

Проектируемое судно имеет упрощенные обводы и нестандартную форму кормовой оконечности (рисунок 1), что исключает возможность использования существующих методов определения сопротивления воды. Недостаток технологии расчета сопротивления в результате ведет к повышению затрат при конструировании, таким образом на начальных стадиях после подготовки документации, всегда рекомендуется создание модели для осуществления тестов в опытовом бассейне. При использовании же приближенных способов часто проявляются недостатки только после выхода судна в эксплуатацию, это грозит большими тратами при доработке, либо неудобствами использования.

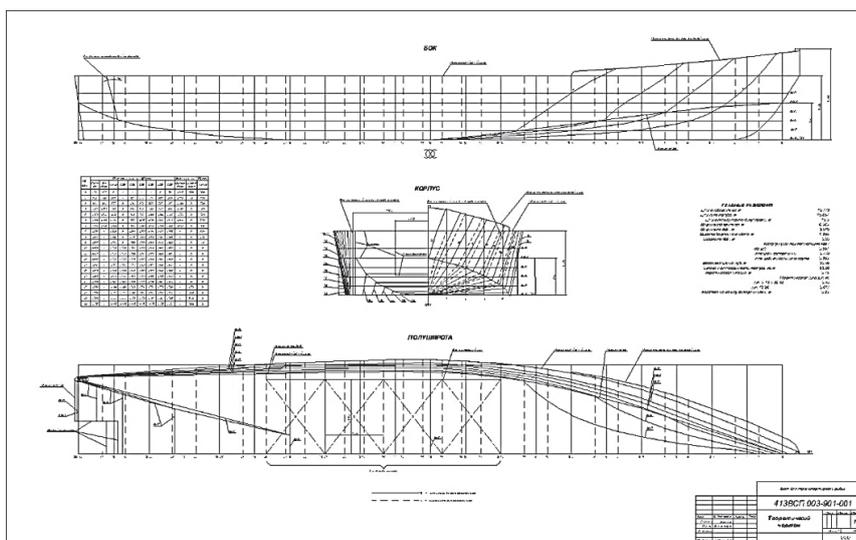


Рисунок 1 – Теоретический чертеж исследуемого объекта (маломерная автономная рыбопромысловая база (бот 888))

### Исходные данные объекта исследования

Главные размерения и обводы корпуса судна были выбраны, исходя из необходимой вместимости и минимизации ветроволнового сопротивления. Вместимость гарантирует удобное расположение промыслового и иного оборудования. Комфорт экипажа зависит от габаритов судна, в первую очередь от его длины и ширины. В то же время длина судна имеет ограничение из-за особенностей эксплуатации базы – необходимости маневрирования между сетями, образующими невод.

Наибольшая длина судна составляет 15,77 м, ширина габаритная 4,04 м, высота борта 1,385 м, объемное водоизмещение 30,56 куб. м. Рыбопромысловая база будет эксплуатироваться в акваториях со сложными рельефами дна при малых глубинах, поэтому осадка ограничена величиной 0,8 м.

### Разработка модели исследования в Solid Works

Для маломерных судов с упрощёнными обводами определение сопротивления имеет специфику. В связи с этим в работе были выполнены расчеты сопротивления различными способами и проведен сопоставительный анализа для выбора оптимального варианта.

Одним из способов является проведение анализа ходкости в САПР Solid Works. Решение получается путём интегрирования уравнений движения судна в соответствии с ограничениями [2]. Для начала расчёта необходимо создать модель подводной части. На основе теоретического чертежа были построены эскизы шпангоутов на соответствующем удалении от плоскости мидель-шпангоута [3] (см. рисунок 2).

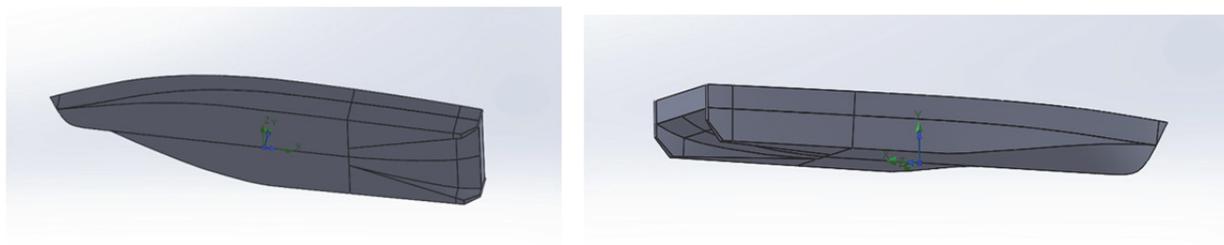


Рисунок 2 – Модель исследуемого судна

Построенная модель позволила провести исследование движения судна в воде в Solid Works Flow Simulation.

### Сравнительный анализ полученных результатов

Для аналитического исследования были проведены натурные испытания, чтобы изучить зависимость, данная процедура повторялась дважды при спокойной воде, скорости ветра от 2–4 м/с, показатели снимались динамометром, в итоге были получены результаты, в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты вычислений для первого случая (скорость 1,132–3,601 м/с)

| Величины                 | V1    | V2    | V3    | V4    |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Показания скорости [м/с] | 1,132 | 2,058 | 3,035 | 3,601 |
| Сопротивление [Н]        | 686   | 2059  | 5589  | 6472  |

Таблица 2 – Результаты вычислений для второго случая (скорость 1,8–3,858 м/с)

| Величины                 | V1  | V2    | V3    | V4    |
|--------------------------|-----|-------|-------|-------|
| Показания скорости [м/с] | 1,8 | 2,314 | 3,086 | 3,858 |
| Сопротивление [Н]        | 637 | 1323  | 2549  | 5589  |

По данным натурного исследования, для уменьшения погрешностей и разработки единой методики результаты проведенных опытов были подвергнуты аппроксимации, для этого в программе Microsoft Excel по данным в таблицах 1 и 2 построены точки и намечена единая линия тренда (см. рисунок 3), по которой выведено линейное уравнение, которое поможет определить зависимость первого и второго опыта (см. рисунок 4).

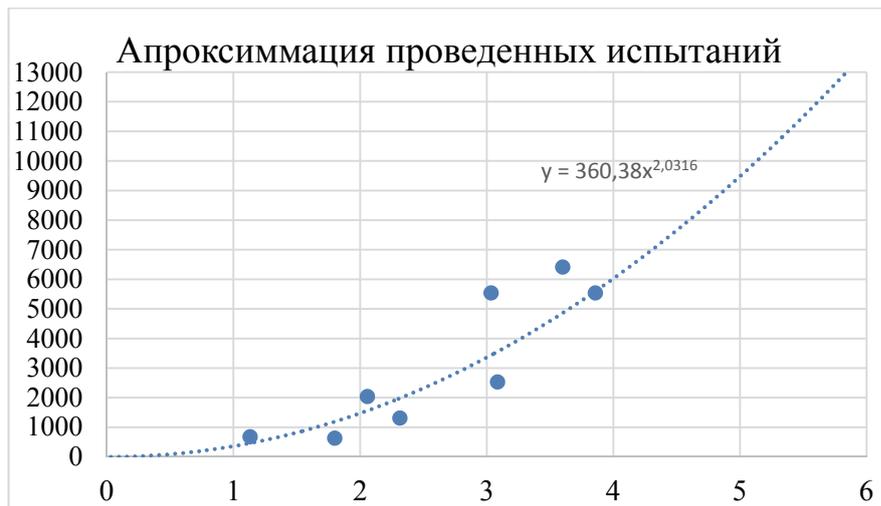


Рисунок 3 - Сравнение испытания первого и второго случая

Полученные результаты для удобства анализа сведены на одном графике что дает возможность увидеть в целом картину полученного исследования (см. рисунок 4).

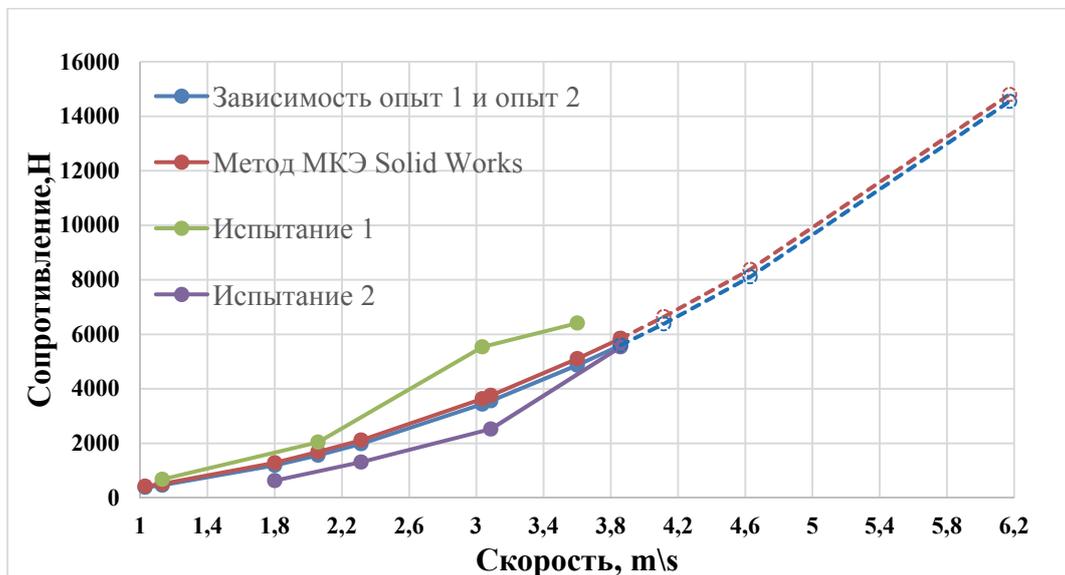


Рисунок 4 – Сравнения результатов расчётов

Исходя из графиков, представленных выше, видно, что с увеличением скорости сопротивление воды движению судна возрастает. Буксировочные испытания имеют значительные расхождения от МКЭ до проведения аппроксимации и аналитического расчёта, таким образом для разработки методики нужно повторять опыты несколько раз для нахождения среднего решения. Также в результате исследований напрашивается вывод что при правильном использовании продукта САПР Solid Works возможна разработка методики расчета сопротивления воды для маломерных судов с упрощенными обводами, при дальнейших улучшениях, проведенных в данной работе исследований.

#### Заключение

На базе результатов был проведен анализ сопротивления для маломерного судна с упрощенными обводами. Для изучения была построена модель на базе теоретического чертежа. По итогам расчетов получена зависимость сопротивления воды движению судна и проведено ее сравнение с подобной зависимостью, полученной при натуральных испытаниях модели.

В данной статье представлены итоги предварительной работы, которая позволит в последующем разработать методику расчета сопротивления для такового типа судов и упростить принятие решений на начальных шагах разработки конструкторской документации, увеличить финансовую эффективность данного проекта.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Платонов, А. Ю. Анализ применимости методов расчета коэффициента остаточного сопротивления для судов внутреннего плавания при эксплуатационно-экономическом обосновании новых судов / А. Ю. Платонов, О. Ю. Васильева // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. - 2019. - № 60. - С. 193-201.

2 Анализ движения / Справка по SOLIDWORKS // 2014 г.

3 Бугаев, В. Г. Информационные технологии в жизненном цикле морской техники : Учеб. пособие / В. Г. Бугаев, Дам Ван Тунг. - Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2020. - 250 с.

УДК 62-52:628.33

Воронин Константин Павлович, кандидат технических наук, доцент; Voronin Konstantin Pavlovich

Котов Валентин Сергеевич, кандидат технических наук; Kotov Valentin Sergeevich

Поляков Сергей Алексеевич, магистр; Polyakov Sergey Alekseevich

Военный институт (военно-морской политехнический) ВНУЦ ВМФ «Военно-морская академия»

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА СУДОВОГО ГЕНЕРАТОРА

### MATHEMATICAL MODEL OF THE ENERGY BALANCE OF A SHIP POWER GENERATOR

Аннотация. На сегодняшний день одной из первостепенной задач, установленной руководством страны является повышение энергетической эффективности. Это связано с превышением энергоёмкости ВВП России среднемировых показателей в 4,5 раза. Вследствие чего Министерство Обороны Российской Федерации, непосредственно задействовано в поиске методов решения поставленной задачи, в частности на кораблях Военно-Морского Флота. Поставленная задача может быть решена только при существенном сокращении потерь энергии за счет рационального распределения энерго-ресурсов и контроля технического состояния объектов энергетической системы. С этой целью разработана математическая модель энергетического баланса судового генератора.

Abstract. To date, one of the primary tasks set by the country's leadership is to increase energy efficiency. This is due to the energy intensity of Russia's GDP exceeding the world average by 4.5 times. As a result, the Ministry of Defense of the Russian Federation is directly involved in the search for methods for solving the task, in particular on the ships of the navy. The task set can be solved only with a significant reduction in energy losses due to the rational distribution of energy resources and monitoring the technical condition of energy system facilities. For this purpose, a mathematical model of the energy balance of a ship's electric generator has been developed.

Ключевые слова: математическая модель, генератор, энергия, энергопотребление, баланс.

Keywords: mathematical model, electric generator, energy, energy consumption, balance.

Начальным этапом в рассмотрении энергопотребления корабля является изучение отдельной функции (или простого процесса), выполняемой объектом энергетической системы – приемником (потребителем) энергии. Ключевым моментом в выполнении нормирования и планирования энергопотребления, как отдельных устройств, так и всей энергетической системы корабля в целом является изучение энергетических балансов отдельных узлов с точки зрения физико-механических характеристик работы и техническими свойствами этих устройств. [1]

Составляющие части энергетического баланса любого устройства – это приходная ( $W_{\text{потр}}$  - потребляемая энергия, кВт-ч) и расходная. Обе эти части равны друг другу.

$$W_{\text{потр}} = W_{\text{пол}} + \Delta W_{\text{потр}} \quad (1)$$

где  $W_{\text{пол}}$  - полезная энергия, кВт-ч;

$\Delta W_{\text{потр}}$  - потери энергии, кВт-ч.

В свою очередь расходная часть баланса состоит из полезной энергии и потерь энергии. Полезная энергия – это часть энергии, которая расходуется непосредственно на основной процесс (действие по предназначению), а также на поддержание его работы вспомогательными механизмами и устройствами и на холостой ход. Под потерей энергии понимается её «рассеивание» в окружающую среду. Например, потери в сети (кабельтрассе), магнитные потери в сердечниках трансформаторов и электродвигателей, а также потери на трение и др.

При изменении определенных значений производительности (нагрузки) и условий работы устройств изменяются как абсолютные величины энергетического баланса, так и соотношения между ними.

### Показатели эффективности работы оборудования при постоянной нагрузке

В случае работы оборудования с постоянной нагрузкой уравнение баланса энергии может быть заменено уравнением баланса мощности.

$$P_{\text{потр}} = P_{\text{пол}} + \Delta P \quad (3)$$

где  $P_{\text{потр}}$  - потребляемая мощность, кВт;

$P_{\text{пол}}$  - полезная мощность (нагрузка устройства), кВт;

$\Delta P$  - мощность потерь энергии, кВт.

Энергетическая оценка экономичности работы устройств в постоянном режиме нагрузки заключается в сопоставлении величин, входящих в уравнение баланса мощности. Её осуществляют с помощью соответствующих значений коэффициента полезного действия (КПД). Показателем экономичности работы потребителей энергетического ресурса (электроэнергия, топливо и т.д.) является удельный расход энергии.

Так как  $P_{\text{пол}}$  пропорциональна производительности, можно утверждать, что удельный расход энергии обратно пропорционален КПД.

### Формирование энергетических свойств корабельного оборудования

Сделать вывод об экономичности работы оборудования возможно только при установившемся режиме работы технического средства при фиксированной производительности. Это позволяет рассчитать энергетический баланс, отнесенный к определенной производительности механизма.

Экономичность работы оборудования в различных условиях нагружения оценивают с помощью энергетических свойств. Они позволяют определить зависимость абсолютных и удельных расходов энергии от нагруженности оборудования, а также могут быть отнесены к работе под напряжением, операционному и календарному времени. В свою очередь операционное время складывается из эффективного времени и времени работы на холостом ходу [2].

При получении энергетических характеристик полезную мощность и мощность переменных потерь принимают прямо пропорциональной часовой нагрузке устройства.

### Параметры энергетических характеристик корабельного оборудования

В случае если характеристики устройства строго прямолинейны во всем диапазоне нагрузок, то эти параметры имеют расчетное и физическое обоснование, определяемые характером выполняемых действий.

Характер времени работы переменного работающего элементов системы зависит от режимов работ постоянно работающих технических средств. Ярким примером является влияние технического состояния запорной арматуры баллонов с воздухом высокого давления, определяющих работу компрессоров. В случае малых нагрузок, а также отсутствия дополнительных потерь, часовая работа механизмов технической системы, является, линейной функцией расхода, равной работе потерь холостого хода. Как расчетные параметры, так и фактические могут отличаться друг от друга в зависимости от технического состояния оборудования.

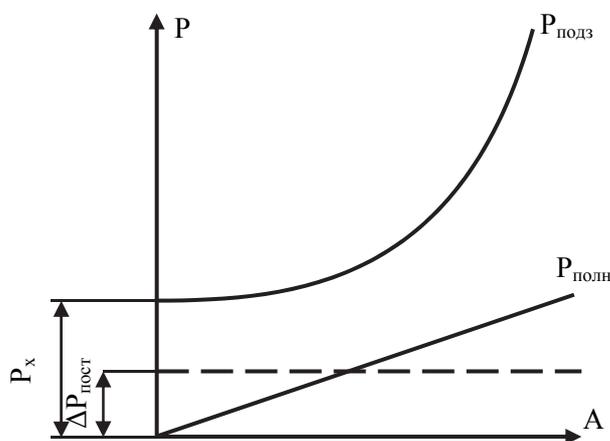


Рисунок 1 – К неравенству мощности постоянных потерь и мощности потерь холостого хода

Следует отметить, что при существовании отмеченных дополнительных потерь, как это видно из рисунка 1, мощность потерь холостого хода превосходит мощность постоянных потерь. Про этот фактор нельзя забывать при расчете потребления энергии, затрачиваемой на холостой ход технических средств.

Величина удельного переменного расхода энергии  $\delta$  у функции потребляемой мощности не является постоянной, а зависит от уровня нагрузки оборудования [3].

$$\delta = \psi_1(A) \quad (3)$$

На основании изложенного выше материала, модель расходования электрической мощности генератора можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} P_{\text{э.к.}} = \frac{dL_{\text{э.к.}}}{dt} \eta_{\text{э.к.}} + \sum i_{\text{э.к.},i} dQ_{\text{э.к.},i} \\ P_{\text{э.н.}} = \frac{dL_{\text{э.н.}}}{dt} \eta_{\text{э.н.}} + \sum i_{\text{э.н.},i} dQ_{\text{э.н.},i} \\ P_{\text{х.м.}} = \frac{dL_{\text{х.м.}}}{dt} \eta_{\text{х.м.}} + \sum i_{\text{х.м.},i} dQ_{\text{х.м.},i} \\ P_{\text{э.д.}} = \frac{d\Phi_{\text{э.д.}}}{dt} \eta_{\text{э.д.}} + \sum i_{\text{э.д.},i} dR_{\text{э.д.},i} \\ P_{\text{с.у.}} = \frac{d\Phi_{\text{с.у.}}}{dt} \eta_{\text{с.у.}} + \sum i_{\text{с.у.},i} dR_{\text{с.у.},i} \\ P_{\text{э.с.}} = \frac{d\Phi_{\text{э.с.}}}{dt} \eta_{\text{э.с.}} + \sum i_{\text{э.с.},i} dR_{\text{э.с.},i} \end{cases}$$

где:  $P_{\text{э.к.}}$ ,  $P_{\text{э.н.}}$ ,  $P_{\text{х.м.}}$ ,  $P_{\text{э.д.}}$ ,  $P_{\text{с.у.}}$ ,  $P_{\text{х.м.}}$  – потребляемая мощность электрокомпрессором, электронасосом, хладомашинной, электродвигателем, системой управления и электросетей;  $dL_{\text{э.к.}}$ ,  $dL_{\text{э.н.}}$ ,  $dL_{\text{х.м.}}$  – работа обусловленная изменением объема рабочей полости электрокомпрессора, электронасоса и хладомашин;  $d\Phi_{\text{э.д.}}$ ,  $d\Phi_{\text{с.у.}}$ ,  $d\Phi_{\text{э.с.}}$  – магнитный поток электродвигателя, системы управления и электросети;  $\eta_{\text{э.к.}}$ ,  $\eta_{\text{э.н.}}$ ,  $\eta_{\text{х.д.}}$ ,  $\eta_{\text{э.д.}}$ ,  $\eta_{\text{с.у.}}$ ,  $\eta_{\text{э.с.}}$  – коэффициент потерь на обеспечение работы электрокомпрессора, электронасоса, хладомашин, электродвигателя, системы управления и электросети;  $i_{\text{э.к.},i}$ ,  $i_{\text{э.н.},i}$ ,  $i_{\text{х.м.},i}$  – удельная энтальпия потерянной теплоты на  $i$ -й процесс в электрокомпрессоре, электронасосе и хладомашине;  $i_{\text{э.д.},i}$ ,  $i_{\text{с.у.},i}$ ,  $i_{\text{э.с.},i}$  – токи в  $i$ -м элементе электродвигателя, системы управления и электросети;  $dQ_{\text{э.к.},i}$ ,  $dQ_{\text{э.н.},i}$ ,  $dQ_{\text{х.м.},i}$  – количество теплоты потерянной на  $i$ -й процесс в электрокомпрессоре, электронасосе и хладомашине;  $dR_{\text{э.д.},i}$ ,  $dR_{\text{с.у.},i}$ ,  $dR_{\text{э.с.},i}$  – активное сопротивление в  $i$ -м элементе электродвигателя, системы управления и электросети.

Перечисленное оборудование, как элементы корабельной технической системы, потребляющие электрическую энергию, входит в энергетический баланс корабля. Их делят на постоянные элементы (не зависящие от его нагруженности) и переменные (зависящие от производительности) и устанавливают функциональные зависимости переменных элементов баланса от нагруженности.

При наличии модели энергетического баланса корабельной системы, потребляющей энергетические ресурсы, возможно определять эффективность работы не только самой системы, но производить декомпозицию потерь до конкретного элемента. С экономической точки зрения появляется техническая возможность сопоставлять затраты на перерасход энергетических ресурсов при изменении технического состояния элементов системы с затратами на восстановление технического состояния для возврата энергетического баланса системы к расчетному.

В свою очередь работа элементов системы, которые работают по потребности, строго зависит от технического состояния постоянно работающих элементов системы. Поэтому контроль состояния энергетического баланса системы с определением количества потерь из-за изменения технического состояния механизмов и устройств позволит производить оптимизацию работы элементов и устройств, потребляющих энергетические ресурсы. Оптимизацию работы энергетического оборудования возможно производить переключением на дублирующее оборудование или временным его отключением, для восстановления технического состояния. Это позволит уменьшить долю потерь в энергетическом балансе и уменьшит углеродный след работы энергетической системы на 10-15%. Разработанная математическая модель позволит существенно упростить задачу при оценке технического состояния работающего оборудования и оптимизацию работы судового генератора и других элементов системы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Проблемы энергосберегающих нововведений и эффективность промышленного производства / Г.Л. Багиев, В.Р. Огороков, Г.В. Шнеерова [и др.] – Ленинград: Издательство Ленинградского университета, 1987. – 190 с.

2 Тайц, А. А. Методика нормирования удельных расходов электроэнергии / А. А. Тайц. – Москва: Госэнергоиздат, 1946. – 183 с.

3 К вопросу повышения надежности энергетических установок кораблей дальней морской зоны / В. С. Котов, А. Ю. Харин, А. Г. Новиков, Р. К. Резникова // Материалы конференции «Управление в морских системах» (УМС-2018), Санкт-Петербург, 02–04 октября 2018 года. – Санкт-Петербург: «Концерн «Центральный научно-исследовательский институт «Электроприбор», 2018. – С. 53-58.

УДК 629.122

Восковшук Николай Иванович, доктор технических наук, профессор; Voskovshuk Nikolai Ivanovich  
Новосельцев Игорь Александрович, магистр; Novoseltsev Igor Aleksandrovich  
Макарова Татьяна Анатольевна, бакалавр; Makarova Tatiana Anatolievna  
Дальневосточный федеральный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ОСТОЙЧИВОСТЬ СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ

### STUDY OF THE INFLUENCE ON THE STABILITY OF THE FREE SURFACE OF THE LIQUID AND THE MOVEMENT OF LOADS

Аннотация. Исследовано влияние на остойчивость судна вертикального перемещения грузов и наличия свободной поверхности жидких грузов. Сопоставлены теоретические и экспериментальные данные изменения метацентрической высоты. Эксперимент проводился на модели, изготовленной авторами по теоретическому чертежу при помощи средств автоматизированного проектирования «Solid Works» с использованием аддитивных технологий в масштабе 1:20 на базе проекта рыболовного судна, предназначенного для перевозки живой рыбы.

Abstract. The influence of the vertical movement of cargoes and the presence of a free surface of liquid cargoes on the stability has been studied. Comparison of theoretical and experimental data on changes in the metacentric height. The experiment was carried out on a model made by the authors according to a theoretical drawing using computer-aided design tools "Solid Works" using additional technologies on a scale of 1:20 based on the design of a fishing vessel designed to transport live fish.

Ключевые слова: метацентрическая высота, свободная поверхность жидкости, опыт кренования, аддитивные технологии, твердотельное моделирование, вероятностная ошибка.

Keywords: metacentric height, free liquid surface, inclining experience, additive technologies, solid modeling, probabilistic error.

Новые и прошедшие модернизацию суда подвергаются кренованию для определения характеристик судна порожнем. Изготовление экспериментальной установки и разработка методических указаний по исследованию характеристик плавучести и остойчивости, максимально приближенных к реальным условиям, является важной задачей для обучения студентов.

Изучение мореходных качеств необходимо для обеспечения надежной и безаварийной эксплуатации судна. Это возможно если судно будет отвечать требуемым мореходным качествам, к которым относится плавучесть и остойчивость и, которые, в первую очередь, зависят от водоизмещения и центра тяжести судна порожнем. Данные характеристики определяют расчетным путем в проектных организациях, а после постройки экспериментом. За основу приняты экспериментальные данные. Для проведения исследований авторами была изготовлена модель судна. За основу модели был взят рыболовецкий бот «888», спроектированный в КБ «Владсудопроект» для нужд рыбаков Японского и Охотского морей. На основе теоретического чертежа при помощи средств автоматизированного проектирования «Solid Works» была сделана модель в масштабе 1:20. Модель оборудована измерительными устройствами для исследования характеристик начальной остойчивости.

Корпус модели выполнен с использованием 3D принтера посредством послойного наплавления материала. Модель изготовлена в масштабе 1:20 и оснащена измерительными устройствами и показана на рисунке 1.

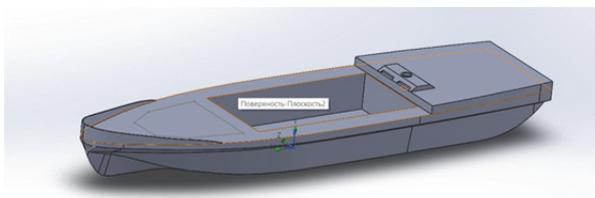


Рисунок 1 – Экспериментальная модель и опытовый бассейн

Для вычисления метацентрической высоты водоизмещение модели определили взвешиванием, в результате вес модели вместе с измерительными устройствами и грузами составил 4,576, при этом массы: горизонтального груза  $P_1 = 156$  г, вертикального груза  $P_2 = 429$  г, измерительных устройств  $P_3 = 883$  г, модели  $P_4 = 3108$  г. В дальнейших расчетах вес модели принят 4,576 кг.

Определение метацентрической высоты произвели по формуле:

$$M_{кр} = M_B, \quad (1)$$

$$P_1 \cdot l = B = D \cdot h \cdot \theta. \quad (2)$$

где  $M_{кр}$  и  $M_B$  – кренящий и восстанавливающий моменты;  $P_1$  – вес груза;  $l$  – плечо;  $D$  – вес модели;  $h$  – начальная метацентрическая высота;  $\theta$  – угол крена.

Последовательно, перемещая груз вправо и влево от положения равновесия, определяли кренящие моменты. Для каждого наклонения модели был определен угол крена с помощью веска длиной  $\lambda = 29$  см, по формуле:

$$\theta = \frac{\lambda}{b}, \quad (3)$$

где  $b$  – отклонение веска.

Метацентрическая высота каждого отдельного наблюдения вычислялась по формуле (4), выведенной из равенства (2):

$$h = \frac{P_1 \cdot l_i}{D \cdot \theta_i}, \quad (4)$$

Наивероятнейшее значение метацентрической высоты определялось по формуле наименьших квадратов.

$$h = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{D \cdot \theta_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n h_i, \quad (5)$$

где  $h_i$  – метацентрическая высота отдельного наблюдения;

$h$  – наивероятнейшее значение метацентрической высоты;

$n = 8$  – количество отдельных отклонений.

Ошибки каждого отдельного наблюдения найдены по формуле (6):

$$\varepsilon = h_i - h, \quad (6)$$

где  $h_i$  – метацентрическая высота отдельного наблюдения;

$h$  – наивероятнейшее значение метацентрической высоты.

Для исследования влияния вертикального перемещения груза на остойчивость, была определена метацентрическая высота модели для двух положений груза  $P_2 = 0,429$  кг: груз на палубе и груз  $P_2$  поднят на  $\Delta z = 4$  см. При этом его метацентрическая высота уменьшается по формуле (7):

$$\Delta h_T = \frac{P_2}{D} \cdot \Delta z = \frac{0,429}{4,576} \cdot 4 = 0,375 \text{ см.} \quad (7)$$

Метацентрическая высота модели для двух опытов была определена опытным путем, результаты расчётов приведены в таблице 1.

Был произведен расчет погрешности опыта по формулам (8)-(10).

Квадратичная ошибка определяется по формуле

$$S_\sigma = \sqrt{\frac{\sum(\varepsilon_i)^2}{n-1}}. \quad (8)$$

Таблица 1 – Вычисление метацентрической высоты и ошибки наблюдения

| №        | 1 опыт                                                       |                                                    |                      | 2 опыт                                                       |                                                    |                      |
|----------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------|
|          | Мет. высота,<br>$h_i = \frac{M_{кр}}{D \cdot \theta_i}$ , см | Ошибка отд. набл.,<br>$\varepsilon = h_i - h$ , см | $\varepsilon^2$      | Мет. высота,<br>$h_i = \frac{M_{кр}}{D \cdot \theta_i}$ , см | Ошибка отд. набл.,<br>$\varepsilon = h_i - h$ , см | $\varepsilon^2$      |
| 1 ЛБ     | 1,841                                                        | -0,10                                              | $9,75 \cdot 10^{-3}$ | 0,974                                                        | -0,00                                              | $1,56 \cdot 10^{-6}$ |
| 2        | 1,845                                                        | -0,09                                              | $8,98 \cdot 10^{-3}$ | 0,966                                                        | 0,00                                               | $1,56 \cdot 10^{-6}$ |
| 3        | 1,857                                                        | -0,08                                              | $6,85 \cdot 10^{-3}$ | 0,974                                                        | 0,01                                               | $4,56 \cdot 10^{-5}$ |
| 4        | 1,841                                                        | -0,10                                              | $9,75 \cdot 10^{-3}$ | 0,955                                                        | -0,01                                              | $1,50 \cdot 10^{-4}$ |
| 5 ПБ     | 1,873                                                        | -0,07                                              | $4,46 \cdot 10^{-3}$ | 0,974                                                        | 0,01                                               | $4,56 \cdot 10^{-5}$ |
| 6        | 1,845                                                        | -0,09                                              | $8,98 \cdot 10^{-3}$ | 0,966                                                        | 0,00                                               | $1,56 \cdot 10^{-6}$ |
| 7        | 1,873                                                        | -0,07                                              | $4,46 \cdot 10^{-3}$ | 0,974                                                        | 0,01                                               | $4,56 \cdot 10^{-5}$ |
| 8        | 1,805                                                        | -0,13                                              | $1,82 \cdot 10^{-2}$ | 0,955                                                        | -0,01                                              | $1,50 \cdot 10^{-4}$ |
| $\Sigma$ | 14,780                                                       |                                                    | $7,14 \cdot 10^{-2}$ | 7,738                                                        |                                                    | $4,42 \cdot 10^{-4}$ |
| h        | $h = 2,309$ см                                               |                                                    |                      | $h_{пер.груза} = 1,940$ см                                   |                                                    |                      |

Относительная погрешность средней метацентрической высоты:

$$\delta_0 = \frac{5,4}{h} \cdot \sigma, \quad (9)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma(\varepsilon_i)^2}{n \cdot (n-1)}}. \quad (10)$$

Кренование судна признается качественным при соблюдении требований:

1. Для каждого отдельного наблюдения должно удовлетворяться условие:

$$\varepsilon_i < 2 \cdot S_\sigma \quad (11)$$

2. Относительная ошибка среднего значения метацентрической высоты:

$$\begin{aligned} \delta_0 &\leq 0,02 \cdot (1 + h), \text{ при } h \leq 2,0 \text{ см;} \\ \delta_0 &\leq 0,01 \cdot (4 + h), \text{ при } h \geq 2,0 \text{ см;} \end{aligned} \quad (12)$$

3. Количество исключенных наблюдений не должно превышать одного.

Результаты расчетов погрешностей приведены в таблице 2.

Практическое изменение метацентрической высоты модели, при вертикальном переносе груза  $P_2$  на 4 см вверх:

$$\Delta h_{п} = h - h_{пер.груза} = 2,309 - 1,940 = 0,369 \text{ см.}$$

Погрешность изменения метацентрической высоты:  $\Delta = 1,60\%$

Так, перенос груза вверх отрицательно влияет на остойчивость судна, уменьшая его метацентрическую высоту.

Таблица 2 – Вычисление метацентрической высоты и ошибки наблюдения

| №        | 1 опыт                                                               |                                                          |                      | 2 опыт                                                               |                                                          |                      | 3 опыт                                                               |                                                          |                      |
|----------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|
|          | Мет. вы-<br>сота,<br>$h_i = \frac{M_{кр}}{D \cdot \theta_i}$ ,<br>см | Ошибка<br>отд. набл.,<br>$\varepsilon = h_i - h$ ,<br>см | $\varepsilon^2$      | Мет. вы-<br>сота,<br>$h_i = \frac{M_{кр}}{D \cdot \theta_i}$ ,<br>см | Ошибка<br>отд. набл.,<br>$\varepsilon = h_i - h$ ,<br>см | $\varepsilon^2$      | Мет. вы-<br>сота,<br>$h_i = \frac{M_{кр}}{D \cdot \theta_i}$ ,<br>см | Ошибка<br>отд. набл.,<br>$\varepsilon = h_i - h$ ,<br>см | $\varepsilon^2$      |
| 1 ЛБ     | 1,841                                                                | -0,10                                                    | $9,75 \cdot 10^{-3}$ | 0,974                                                                | -0,00                                                    | $1,56 \cdot 10^{-6}$ | 1,620                                                                | -0,002                                                   | $6,25 \cdot 10^{-6}$ |
| 2        | 1,845                                                                | -0,09                                                    | $8,98 \cdot 10^{-3}$ | 0,966                                                                | 0,00                                                     | $1,56 \cdot 10^{-6}$ | 1,623                                                                | 0,001                                                    | $2,50 \cdot 10^{-7}$ |
| 3        | 1,857                                                                | -0,08                                                    | $6,85 \cdot 10^{-3}$ | 0,974                                                                | 0,01                                                     | $4,56 \cdot 10^{-5}$ | 1,620                                                                | -0,002                                                   | $6,25 \cdot 10^{-6}$ |
| 4        | 1,841                                                                | -0,10                                                    | $9,75 \cdot 10^{-3}$ | 0,955                                                                | -0,01                                                    | $1,50 \cdot 10^{-4}$ | 1,627                                                                | 0,005                                                    | $2,03 \cdot 10^{-5}$ |
| 5 ПБ     | 1,873                                                                | -0,07                                                    | $4,46 \cdot 10^{-3}$ | 0,974                                                                | 0,01                                                     | $4,56 \cdot 10^{-5}$ | 1,620                                                                | -0,002                                                   | $6,25 \cdot 10^{-6}$ |
| 6        | 1,845                                                                | -0,09                                                    | $8,98 \cdot 10^{-3}$ | 0,966                                                                | 0,00                                                     | $1,56 \cdot 10^{-6}$ | 1,623                                                                | 0,001                                                    | $2,50 \cdot 10^{-7}$ |
| 7        | 1,873                                                                | -0,07                                                    | $4,46 \cdot 10^{-3}$ | 0,974                                                                | 0,01                                                     | $4,56 \cdot 10^{-5}$ | 1,620                                                                | -0,002                                                   | $6,25 \cdot 10^{-6}$ |
| 8        | 1,805                                                                | -0,13                                                    | $1,82 \cdot 10^{-2}$ | 0,955                                                                | -0,01                                                    | $1,50 \cdot 10^{-4}$ | 1,627                                                                | 0,005                                                    | $2,03 \cdot 10^{-5}$ |
| $\Sigma$ | 14,780                                                               |                                                          | $7,14 \cdot 10^{-2}$ | 7,738                                                                |                                                          | $4,42 \cdot 10^{-4}$ | 12,980                                                               |                                                          | $6,60 \cdot 10^{-5}$ |
| h        | $h_0 = 1,848$ см                                                     |                                                          |                      | $h_1 = 0,967$ см                                                     |                                                          |                      | $h_2 = 1,623$ см                                                     |                                                          |                      |

Для исследования влияния жидких грузов, со свободной поверхностью на остойчивость, были выполнены расчеты для следующих вариантов: модель с льдом в ванночке; модель с водой в ванночке без продольной переборки; модель с водой в ванночке с одной продольной переборкой.

1 опыт. Модель со льдом в ванночке.

В ванночке с габаритами  $l = 27$  см,  $b = 13$  см, находился лед весом 1 кг. В данном случае загрузки лед учитывается как твердый, неподвижный груз. Вес модели со льдом  $D = 5,576$  кг.

2 опыт. Модель с водой в ванночке, не имеющей продольной переборки.

В ванночку залили 1 кг воды, весовое водоизмещение судна  $D = 5,576$  кг. Изменение метацентрической высоты рассчитали по формуле (13):

$$\delta h = -\frac{\gamma \cdot l \cdot b^3}{12 \cdot D} = -\frac{1 \cdot 27 \cdot 13^3}{12 \cdot 5,576} = -0,887 \text{ см.} \quad (13)$$

3 опыт. Модель с водой в ванночке, имеющей одну продольную переборку. Весовое водоизмещение оставили без изменений. Изменение метацентрической высоты по формуле (14):

$$\delta h = -\frac{\gamma \cdot l \cdot b^3}{12 \cdot D} \cdot \frac{1}{(m+1)^2} = -\frac{1 \cdot 27 \cdot 13^3}{12 \cdot 5,576} \cdot \frac{1}{(1+1)^2} = -0,222. \quad (14)$$

Результаты кренования для трех вариантов загрузок приведены в таблице 2.

Был произведен расчет погрешности опыта и оценка качества кренования. Результаты расчетов проведены в таблице 3.

Практическое изменение метацентрической высоты модели, при принятии жидкого груза со свободной поверхностью, без переборки:

$$\Delta h_{\pi} = h_1 - h_0 = 0,967 - 1,848 = -0,880 \text{ см.}$$

Погрешность изменения метацентрической высоты:  $\Delta = 0,71\%$ .

Изменение метацентрической высоты модели, при принятии жидкого груза со свободной поверхностью, с 1 продольной переборкой:

$$\Delta h_{\pi} = h_2 - h_0 = 1,623 - 1,848 = -0,225 \text{ см.}$$

Погрешность изменения метацентрической высоты:  $\Delta = 1,52\%$ .

Таблица 3 – Расчет погрешности и проверка качества кренования

| Наименование | Влияния вертикального перемещения груза |                         | Влияние жидкого груза со свободной поверхностью |                         |                         |
|--------------|-----------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
|              | 1 опыт                                  | 2 опыт                  | 1 опыт                                          | 2 опыт                  | 3 опыт                  |
| $S_{\sigma}$ | 0,106                                   | 0,068                   | 0,101                                           | 0,0079                  | 0,0031                  |
| $\delta_0$   | 0,062                                   | 0,038                   | 0,019                                           | 0,016                   | 0,004                   |
| $\sigma$     | 0,037                                   | 0,024                   | 0,036                                           | 0,028                   | 0,0011                  |
| 1 требование | $\varepsilon_i < 0,212$                 | $\varepsilon_i < 0,137$ | $\varepsilon_i < 0,202$                         | $\varepsilon_i < 0,016$ | $\varepsilon_i < 0,006$ |
| 2 требование | $0,062 \leq 0,063$                      | $0,038 \leq 0,059$      | $0,019 \leq 0,057$                              | $0,016 \leq 0,039$      | $0,004 \leq 0,052$      |
| 3 требование | Удовлетворено                           | Удовлетворено           | Удовлетворено                                   | Удовлетворено           | Удовлетворено           |

По результатам проведения опытов можно сделать следующие выводы: установка даже одной водонепроницаемой переборки уменьшила влияние свободной поверхности в 4 раза, при установке  $m$  водонепроницаемых переборок величина поправки к метацентрической высоте на влияние свободной поверхности уменьшается в  $(m + 1)^2$  раз, а остойчивость судна возрастает.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Борисов, Р. В. Статика Корабля / Р. В. Борисов. – СПб : СПБГМТУ, 2015. – 150 с.

2 Бугаев, В. Г. Информационные технологии в жизненном цикле морской техники : Учеб. пособие / В. Г. Бугаев, Дам Ван Тунг. - Владивосток: Дальневосточный федеральный университет, 2020. – 250 с.

3. Правила классификации и постройки морских судов: Т.1. – СПб: Российский морской регистр судоходства, 2015. – С. 314-364.

4 Семенов-Тян-Шанский, В. В., Статика динамика корабля. / В. В. Семенов-Тян-Шанский. – Л.: Судостроение, 1973. – 608 с.

5 Справочник по теории корабля. В 3 т. Т. 2. Статика судов. Качка судов / под ред. Я. И. Войткунского – Л.: Судостроение, 1985. – 440 с.

УДК 629.543

Гребенкина Полина Андреевна, магистрант; Grebenkina Polina Andreevna  
Каменских Ираида Витальевна, кандидат физико-математических наук, доцент;  
Kamenskikh Iraida Vitalievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТАМ СОВРЕМЕННЫХ ТАНКЕРОВ

## REQUIREMENTS FOR PROJECTS OF MODERN TANKERS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию архитектурно-конструктивного типа современных танкеров и требований к проектам.

Abstract. This work is devoted to the investigation of the architectural and structural type of modern tankers and project requirements.

Ключевые слова: танкер, архитектурно-конструктивный тип, правила постройки.

Keywords: tanker, architectural and constructive type, rules of construction.

С середины 20 века с развитием химической и нефтяной промышленности появилась большая потребность для перевоза жидких опасных грузов наливом на судах. Опасные грузы подразделяются на 13 классов, которые содержат около 3500 наименований. Наиболее часто перевозимым опасным грузом является нефть. На 2021 год численность эксплуатируемых наливных судов морского транспортного флота в России составляет 346 судов. В 2020 году в эксплуатацию введены танкеры, представленные в таблице 1, рисунок 1 и 2.

Таблица 1 – Нефтеналивные суда, принятые в эксплуатацию в 2021 году

| Название судна     | Длина, м | Ширина, м | Осадка, м | Дедвейт, т |
|--------------------|----------|-----------|-----------|------------|
| «Владимир Мономах» | 250      | 44        | 15        | 114000     |
| «Марлин»           | 140      | 16,8      | 3,6/4,6   | 4600/7000  |
| «РН Приморье»      | 88,9     | 13,7      | 5,4       | 3100       |
| «Фотон»            | 82,2     | 13        | 5         | 2950       |



Рисунок 1 – Судно «Владимир Мономах»



Рисунок 2 – Танкер-продуктовоз «Марлин»

Описание архитектурно-конструктивного типа танкеров современной постройки приведены в материалах докладов [1, 2]. Отмечены общие черты в организации общего расположения и конструкции танкеров (двойное дно, двойные борта, размещение палубного набора вне грузовых танков), систем и устройств.

В работе [3] отмечается существенное старение танкерного флота морского ограниченного, внутреннего и смешанного района плавания. В последнее время строятся в основном сухогрузные суда. Строящиеся новые суда не покрывают имеющуюся потребность в перевозках наливных грузов. Для перевоза опасных жидких грузов наливом суда должны быть построены по требованиям, изложенным в Российском Речном Регистре, Российском Морском Регистре, СО-

ЛАС и др. По Правилам Речного Регистра [4] существуют следующие требования для постройки судов смешанного плавания, перевозящих опасные грузы наливом:

- 1) в зависимости от типа перевозимого груза регламентируются материалы, из которых изготавливаются грузовые танки, трубопроводы, клапаны и другое оборудование, которое может контактировать с опасным грузом или его парами;
- 2) грузовые помещения и помещения, в которых проводятся операции с опасным грузом, должны быть хорошо провентилированы;
- 3) грузовые танки делятся на 2 типа. Для каждого типа установлены ограничения по расстояниям удаленности от бортовой и днищевой обшивки, объему опасного груза;
- 4) для перевоза нескольких видов опасных грузов предусмотрены коффердамы или помещения между грузами для недопущения вступления между собой в реакцию грузов;
- 5) жилые помещения, посты управления и служебные помещения не допускается располагать в пределах грузовой зоны (исключение составляют случаи, когда такие помещения располагаются над выгородкой отделения грузовых насосов или насосного помещения), под такими помещениями не допускается размещать отстойные или грузовые танки.
- 6) устанавливаются требования к непотопляемости судна в части установки размеров повреждения борта, днища, максимального угла крена при затоплении и др.;
- 7) должны быть рассчитаны толщины грузовых трубопроводов, их давление, напряжение;
- 8) для информирования персонала о достижении груза опасного уровня или переполнения танка, должны быть оборудованы световая и звуковая сигнализация;
- 9) в судах для перевоза опасных жидких грузов применяется специальная система предотвращения переполнения грузового танка;
- 10) для защиты персонала на судне должно находиться не менее трех комплектов снаряжения, обеспечивающих безопасность;
- 11) балластная система (насосы, трубопроводы и оборудование балластных цистерн) должны быть изолированы от грузовых танков и их оборудования.

В списке приведены некоторые основные требования к судам для перевозки опасных грузов наливом [4]. В новых проектах судов конструкция корпуса проектируются с учетом возможной эксплуатации в ледовых условиях. Данные положения должны быть учтены в проектах новых танкеров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бурменский А.Д., Стадник А. С. Анализ архитектурно-конструктивного типа среднетоннажного танкера-бункеровщика Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы IV Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 г. : в 4 частях. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – Ч. 1. – С. 328-330.

2 Гуменюк, Н. С., Новоселов, А. М. Описание проектных конструктивных особенностей танкера химовоза «HARBOUR PROGRESS» / Н.С. Гуменюк, А.М. Новоселов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы IV Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 г. : в 4 частях. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – Ч. 1. – С. 296-298.

3 Егоров, Г. Грузовой флот смешанного река-море плавания / Г.Егоров // ПортНьюс/ – 2020. №2. – С36-39. – URL: <https://portnews.ru/magazine/a122/>. (дата обращения: 16.02.2022).

4 Правила классификации и постройки судов (ПКПС) : Российский Речной Регистр : сайт. – Москва, 2022 – . – URL: <https://www.rivreg.ru/izdaniya-rrr/pravila-rrr-2019/> (дата обращения 16.02.2022). – Режим доступа: свободный.

УДК 629.12

Гуриненко Максим Дмитриевич, магистр; Gurinenko Maxim Dmitrievich

Елкина Ксения Владимировна, магистр; Elkina Ksenia Vladimirovna

Дальневосточный федеральный университет

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ И ВЕТРОВОЙ НАГРУЗОК НА БУРОВУЮ УСТАНОВКУ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНФИГУРАЦИИ ОСНОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ, ОПИРАЮЩЕГОСЯ НА ГРУНТ

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE EFFECT OF HYDROSTATIC AND WIND LOADS ON A DRILLING RIG DEPENDING ON THE CONFIGURATION OF THE PLATFORM BASE RESTING ON THE GROUND

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию влияния гидростатической и ветровой нагрузок на буровую установку, в зависимости от конфигурации основания платформы, опирающегося на грунт.

Abstract. This work is devoted to the study of the influence of hydrostatic and wind loads on a drilling rig, depending on the configuration of the platform base resting on the ground.

Ключевые слова: буровая установка, конфигурация, экономическое обоснование, модель.

Keywords: drilling rig, configuration, business case, model.

При добыче углеводородов используется самое современное оборудование, применяются надежные механизмы и конструкции, а также экологически безопасные технологии. Особенно это актуально для морских стационарных ледостойких платформ (СЛП).

Целью данного исследования является решение вопроса поиска оптимальной конфигурации основания буровой установки (БУ) с точки зрения минимизации материалоемкости и повышения технологичности (сборка, сварка), при обеспечении условия достаточной устойчивости конструкции основания буровой установки и ее сопротивляемости основным нагрузкам со стороны внешней среды.

В процессе исследования были выполнены следующие задачи:

- с помощью программного продукта «SolidWorks» были разработаны расчетные 3D модели оснований стационарных буровых установок с тремя наиболее распространенными вариантами исполнения основания (рисунок 1);

- используя инструменты Simulation и Flow Simulation было выполнено исследование разработанных моделей на устойчивость, статический анализ на сопротивляемость их внешним нагрузкам (гидростатическому давлению и силе давления со стороны ветра на «площадь парусности»), а также определены их массовые характеристики;

- был проведен анализ результатов исследований и сформулированы основные выводы по проделанной работе.

Стоит отметить, что для максимальной объективности результатов исследования, все основные размеры как основания, так и остальных конструктивных элементов СЛП для каждой модели выбирались равными, а также модели сделаны из одного и того же материала.

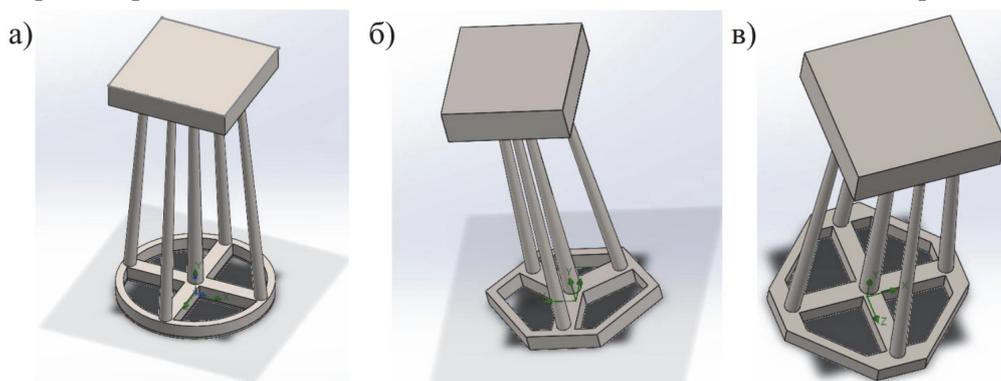


Рисунок 1 – Расчетные варианты СЛП с основанием круглой (а), шестигранной (б) и восьмигранной (в) форм

Результаты статического анализа и расчетов на устойчивость приведены на рисунках 2-4 и численно представлены в таблице 1.

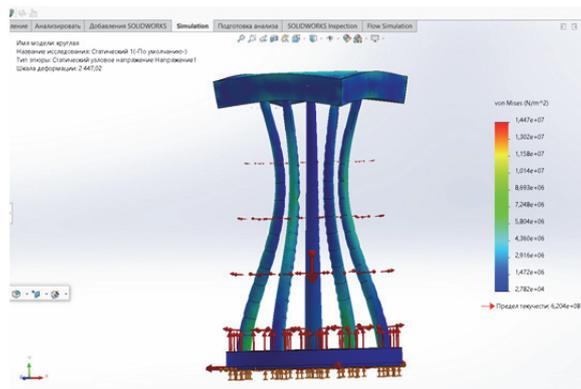


Рисунок 2 – Результат исследования на сопротивление статическим нагрузкам от внешней среды модели №1 – БУ с основанием круглой формы (шкала справа – напряжения в конструкции)

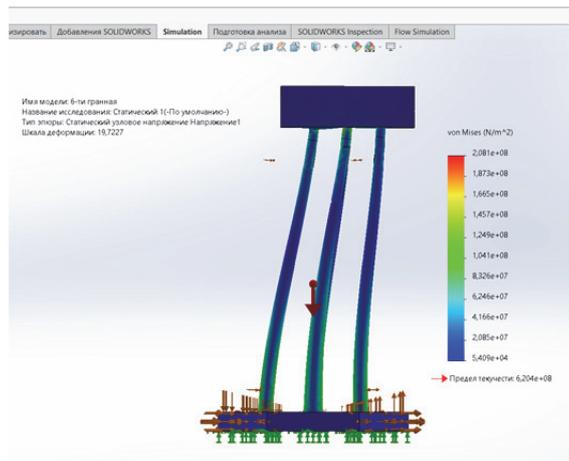


Рисунок 3 – Результат исследования на сопротивление статическим нагрузкам от внешней среды модели №2 – БУ с основанием формы шестиугольника (шкала справа – напряжения в конструкции)

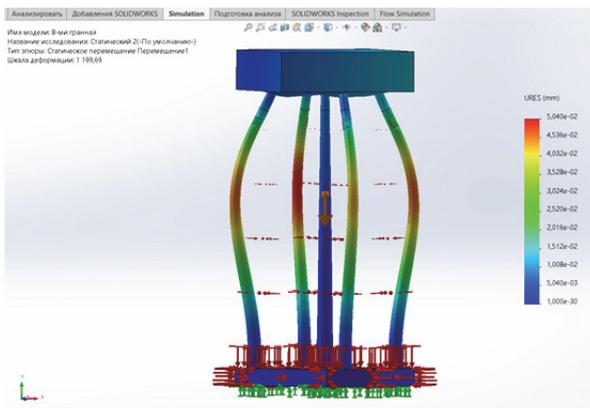


Рисунок 4 – Результат исследования на сопротивление статическим нагрузкам от внешней среды модели №3 – БУ с основанием формы восьмиугольника (шкала справа – перемещение точек конструкции)

Таблица 1 – Результаты исследования моделей СЛП с разными формами оснований

| Модель              | Величина             |                                        |
|---------------------|----------------------|----------------------------------------|
|                     | Масса конструкции, т | Амплитуда при оценке устойчивости, ед. |
| № 1 (круг)          | 51,096               | 3,806                                  |
| № 2 (шестигранное)  | 44,651               | 4,861                                  |
| № 3 (восьмигранное) | 50,589               | 4,045                                  |

Анализ результатов расчетных значений таблицы 1:

- самая легкая и, как следствие, самая дешевая (так как стоимость постройки прямо пропорциональна (при прочих неизменных параметрах) массе конструкции) оказалась модель №2, с основанием шестигранной формы, самая большая масса у модели №1, с круглой формой основания.

- модель №3 с восьмигранным основанием ненамного легче модели №1 и разница между их массами не превышает 1%.

- самой устойчивой оказалась модель №1, близкой по значению, но немного с меньшей устойчивостью стала модель №3 (разница составила 5,75%).

- модель № 2 получилась самой неустойчивой, и в результате оказалась, как с большим выигрышем по массе, так и равносильно большим проигрышем по устойчивости.

Основные выводы по результатам проведенного исследования следующие:

- исследование имеет достаточно объективный характер ввиду того, что конфигурации СЛП имеют одинаковые размеры основных элементов, и, несмотря на отсутствие связей внутри конструкций (набора), сравнение масс при таком раскладе вполне допустимо.

- так как устойчивость модели № 2 почти на 20% хуже, чем у остальных соревнующихся (при том, что по массе выигрывает только на 10 %), то ее как оптимальный вариант рассматривать не приходится.

- оптимальной из оставшихся двух конфигураций является модель №1 (с круговой формой основания), так как проигрывает по массе модели №3 почти в 6 раз меньше, чем у нее же выигрывает в устойчивости.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гусейнов, Ч. С. Актуальность проблемы освоения углеводородных ресурсов на акваториях, покрытых льдом / Ч. С. Гусейнов // Экология и экономика. – 2013. – № 4 (12). – С. 60-65.

2 Норенков, И. П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. / И. П. Норенков. – М.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2009. – 430 с.

3 Степанюк, Л. М. Проект «Сахалин-2». Планы и реальность / Л. М. Степанюк // Известия Восточного института. – 2000. – № 6. – С. 39-55.

УДК 629.5.01

Даманский Дмитрий Владимирович, студент; Damanski Dmitri Vladimirovich

Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент; Burmenskiy Andrey Dmitrievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### КОНЦЕПЦИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЕКТА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО СУДНА

#### MODERNIZATION CONCEPT OF THE MULTI-FUNCTIONAL RESCUE VESSEL PROJECT

Аннотация. В данной работе рассматривается концепция модернизации проекта многофункционального аварийно-спасательного судна MPSV06 в проект универсального патрульного корабля, предназначенного для патрулирования государственной границы и охраны биоресурсов в исключительной экономической прибрежной зоне России.

Abstract. In this paper, we consider the concept of upgrading the project of the MPSV06 multifunctional rescue vessel into the project of a universal patrol ship designed to patrol the state border and protect bioresources in the exclusive economic coastal zone of Russia.

Ключевые слова: аварийно-спасательное судно, патрульный корабль, проект модернизации.

Keywords: rescue ship, patrol ship, modernization project.

Использование современных информационных технологий позволяет в более короткие временные сроки и более качественно разрабатывать новые проекты судов. Однако, если полагаться только на результаты компьютерного моделирования, без их дополнительной верификации проектантом, это может привести к существенным ошибкам в проекте, которые можно обнаружить только в процессе строительства. Это приводит к кардинальной переработке проекта судна с высокой технической готовностью, что существенно увеличивает сроки и стоимость постройки.

В 2010 году на Амурском судостроительном заводе состоялась закладка многофункционального аварийно-спасательного судна проекта MPSV06, спроектированного компанией «Морское инженерное бюро».

Таблица 1 – Проектные характеристики судна

| Характеристика                   | Значение |
|----------------------------------|----------|
| Длина между перпендикулярами, м. | 70,60    |
| Ширина, м.                       | 18,50    |
| Высота борта, м.                 | 8,50     |
| Осадка, м.                       | 6,00     |
| Мощность ГЭУ, кВт                | 2 x 3500 |
| Скорость на полном ходу, узл.    | 15       |

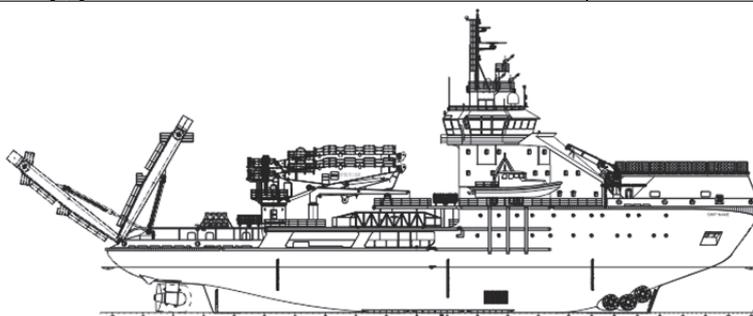


Рисунок 1 – Аварийно-спасательное судно проекта MPSV06

Суда проекта MPSV06 должны выполнять очень широкий круг задач, от патрулирования, аварийно-спасательного дежурства в районах судоходства и рыбного промысла, до оказания помощи судам, терпящим бедствие, выполнения спасательных работ в ледовых условиях, оказания помощи в тушении пожаров на плавучих объектах, тылового и технического обеспечения.

В процессе строительства головного судна данного проекта, на этапе подготовки конструкторско-технологической документации по спуску заказа, был обнаружен недопустимый перекос по корпусу, который составил около 10% водоизмещения и по своей величине был соразмерен 50% дедвейта. Это означало, что компенсировать проектную ошибку за счет уменьшения значения дедвейта без уменьшения функциональных функций было невозможно.

Следует отметить, что аналогичная ошибка была выявлена при строительстве головного дизель-электрического ледокола проекта 22600 («ЛК-25») – самого большого и мощного дизель-электрического ледокола в мире. Оба проекта хотя и проектировались разными проектными организациями, но в один и тот же временной период и с использованием одинакового САПР. По мнению авторов, ошибка произошла из-за невнимательности при внесении характеристик сталей для судов арктической ледовой категории, к которым и относятся оба проекта, в каталог материалов системы проектирования, а точнее в какой размерности было внесено значение плотности стали.

В результате – смена проектантов, удорожание проектов и увеличение сроков строительства. И если ледокол «Виктор Черномырдин» был сдан заказчику в 2021 году, то спасатель MPSV07 до сих пор находится в достройке.

Исправление указанной ошибки возможно двумя путями:

- снижение нагрузки, например, методом снятием с судна функционального оборудования (грузоподъемного, водолазного, вертолетного и т.п.);
- изменением главных размерений судна, путем изменения проекта.

Первый путь только частично позволяет решить задачу, при этом будет снижаться заявленные функциональные качества проекта. Второй путь более предпочтителен, но он годился только для серийных судов данного проекта. Компании «МИБ» пришлось срочно провести перепроектирование двух серийных судов, контракт на строительство которых уже был подписан между Росморфлотом и судостроительной компанией «Нордик Ярдс Висмар ГмбХ». При этом в проекте пошли на увеличение осадки на 0,52 м и соответственно высоты борта на 0,5 м без изменения состава функционального оборудования.

Ситуация со строящимся на ПАО «Амурский судостроительный завод» буксиром-спасателем «Керченский залив» была куда сложнее. На момент обнаружения проектной ошибки корпус судна уже был сформирован. Строительство было приостановлено на долгие годы. Так как простой буксира-спасателя в эллинге приносил существенные убытки заводу, то пошли по

первому пути модернизации проекта. В октябре 2020 г. корпус буксира-спасателя был спущен и в настоящее время ведется его достройка на плаву у достроечной набережной.

Дальневосточные рубежи России характеризуются большой протяженностью, большим количеством малодоступных островов и практическим отсутствием береговой инфраструктуры. Это делает актуальным разработку концептуального проекта универсального патрульного корабля береговой охраны, предназначенного для несения охраны, как государственной границы, так и биоресурсов в исключительной экономической прибрежной зоне России. Также проект корабля должен быть приспособлен для обеспечения материальным и энергетическим довольствием береговых пограничных постов и населенных пунктов, разбросанных по побережью обширной материковой и островной территории Дальнего Востока.

В настоящее время на Дальнем Востоке данные функции по отдельности выполняют суда двух типов: сторожевые транспортные корабли проекта 1595 «Певек» и патрульные рыбоохранные суда проекта 850285 «Командор». Срок службы данных судов составляет 34 года и старше. Следует ожидать, что в скором времени они будут интенсивно исключаться из состава флота и существует потребность в разработке проектов новых судов.

Анализируя сложившуюся ситуацию, авторами было решено разработать концептуальный проект модернизации буксира-спасателя в другой тип судна, расширяя круг выполняемых им задач, а именно проект многофункционального патрульно-транспортного корабля (рисунок 2).

Концепция модернизации прототипа (многофункционального буксира-спасателя) заключалась в увеличении длины судна с целью компенсации изменения нагрузки путем формирования и вставки в корпус центрального отсека (цилиндрической вставки), а также изменения архитектурно-конструктивного типа, состава оборудования и увеличения дедвейта за счет увеличения запасов топлива, запасов экипажа и массы перевозимого груза.

Для выполнения патрульных задач на судне предусмотрено постоянное базирование вертолета, беспилотных летательных аппаратов и скоростного патрульного катера. Для выполнения транспортных задач в условиях необорудованного побережья предназначен самоходный плашкоут с аппарелью и парк транспортной техники.

По архитектурно-конструктивному типу проект представляет собой двухвинтовой, двухпалубный, двухтрюмный дизель-электродвигатель с избыточным надводным бортом, удлиненным баком, притопленным ютом, крейсерской кормой. Проект имеет два машинных отделения, расположенные под грузовыми трюмами, разделенные коффердамами и топливными цистернами. Корпус проекта цельносварной. На большей части длины корпус имеет двойное дно и двойные борта, и разделен переборками. Система набора смешанная: днище и борт – поперечная; грузовая палуба - продольная.

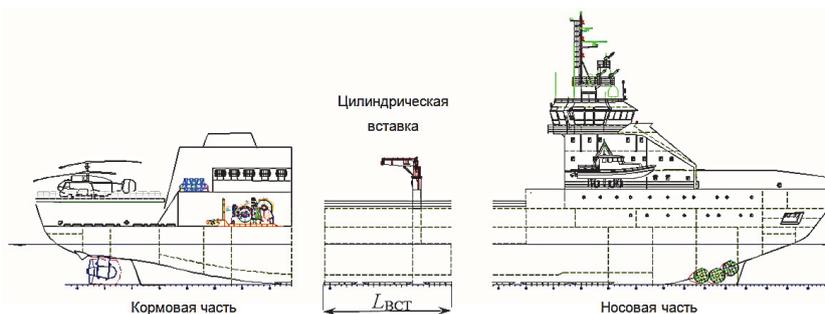


Рисунок 2 – Концепция модернизации прототипа

Проект имеет два блока надстроек. Служебные и жилые помещения размещены в носовой надстройке и в полубаке. В центральной части кормовой надстройки размещен ангар для вертолета и БПЛА. Ангары для патрульного катера и сухогрузной баржи расположены по бортам в кормовой части судна.

На палубе юта располагается буксирная лебедка и оборудование для обслуживания обитаемых автономных глубоководных аппаратов. На судне могут быть расположены фундаменты для установки вооружения во время мобилизационного периода.

Длина цилиндрической вставки  $L_{ив}$  определяется на основе решения уравнения плавучести при неизменной осадке

$$\rho \omega_{миш} L_{цв} = \Delta D_0 + p_{цв} L_{цв} + \sum P_n - \sum P_d + \Delta DW,$$

где  $\Delta D_0$  – величина компенсации ошибки водоизмещения проекта;  $\omega_{миш}$  – площадь мидель-шпангоута;  $p_{цв}$  – погонная масса цилиндрической вставки;  $\sum P_n$  – сумма масс нового оборудования и корпусных конструкций; цилиндрической вставки;  $\sum P_d$  – сумма масс демонтируемых корпусных конструкций и оборудования;  $\Delta DW$  – учет увеличения запасов топлива и перевозимого груза.

Так как массы демонтируемого и нового оборудования и корпусных конструкций являются величинами независимыми, то их значение определяется по конструктивным чертежам и паспортным характеристикам.

Погонная масса цилиндрической вставки рассчитывается исходя из конструкции отсека, по разработанному чертежу мидель-шпангоута на основе конструкции прототипа (рисунок 3).

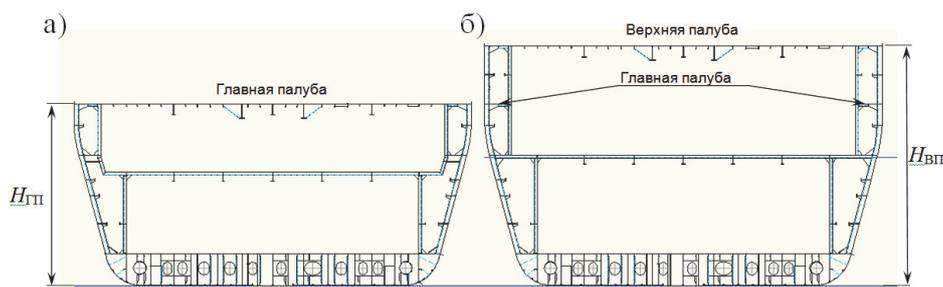


Рисунок 3 – Мидель-шпангоут прототипа до (а) и после модернизации (б)

Разработанный проект модернизации многофункционального буксира-спасателя (рисунок 4) был представлен на конкурс Объединенной судостроительной корпорации в области дизайна и художественной эстетики кораблей и судов где занял III место в номинации «Промышленный дизайн военных кораблей».

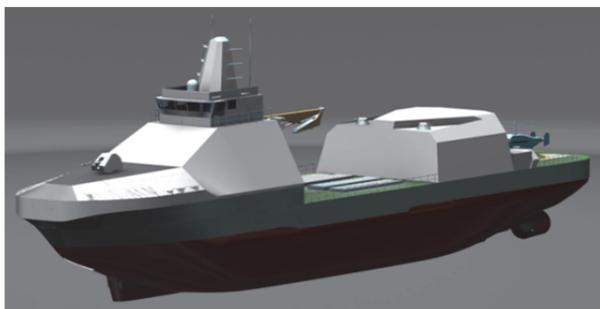


Рисунок 4 – Концептуальный проект универсального патрульного корабля

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Егоров, Г. В. Концепты российских многофункциональных судов-спасателей нового поколения / Г. В. Егоров, И. А. Ильницкий, Н. В. Автутов // Судостроение и судоремонт. – 2010. – N 41. – С. 24-32.

2 Торжественная закладка килей двух многофункциональных аварийно-спасательных судов - ледоколов мощностью 7 МВт проекта MPSV06 // Морское инженерное бюро [Электронный ресурс]. – URL: <http://meb.com.ua/news/news.html?700> – Дата публикации: 13.11.2013.

3 Виктор Черномырдин (ледокол) // Википедия: свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Виктор Черномырдин \(ледокол\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Виктор_Черномырдин_(ледокол)) (дата обращения: 05.02.2022)

4 Токарь, А. «Певек» с берегов Днепра / А. Токарь // Судостроение и судоремонт. – 2008. – №3(29). – С. 50-56.

## **АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ CAD-СИСТЕМЫ КОМПАС-3D В ЗАДАЧАХ ТРАССИРОВКИ СУДОВЫХ СИСТЕМ**

### **ANALYSIS OF THE FUNCTIONAL CAPABILITIES OF THE CAD SYSTEM KOMPAS-3D IN THE PROBLEMS OF TRACING SHIP SYSTEMS**

Аннотация. Данная работа посвящена анализу возможностей трёхмерного моделирования судовых систем в CAD-системе КОМПАС-3D. Рассматриваются основные инструменты моделирования трубопроводов и основные приемы их трассировки.

Abstract. This work is devoted to the analysis of the possibilities of three-dimensional modeling of ship systems in the CAD-system KOMPAS-3D. The main tools for modeling pipelines and the main methods of their tracing are considered.

Ключевые слова: трёхмерное моделирование, трассировка, судовые системы, система КОМПАС-3D, цифровая модель, трубопровод.

Keywords: 3D modeling, tracing, ship systems, KOMPAS-3D system, digital model, pipeline.

Трассировка судовых систем – это процесс проектирования схемы прокладки труб для транспортировки жидких и газообразных сред.

Задача трассировки заключается в определении оптимального расположения трубопроводов, арматуры по отношению к корпусной конструкции судна, установленного оборудования и обеспечения проходов и зон обслуживания, а также удовлетворения правил морского и речного регистра судоходства.

На современных судах огромное количество разнообразных систем: балластная, топливная, вентиляции, охлаждения ЭУ, пускового воздуха, сточных вод, бытовой воды, газовыхлопа, отопления и. т.д.

Трассировка судовых систем в трехмерной модели судна осуществляется после расстановки оборудования в помещении. На этапе проектирования при трассировке судовых систем существует проблема, при которой проектант не всегда знает точно, какие габариты будет иметь оборудование. Поэтому в некоторых случаях проектант резервирует место для оборудования. Также проектанту необходимо анализировать трубопроводы на технологичность, в первую очередь это связано с погрешностью установки слесарного насыщения, корпуса и труб. Правильное расположение соединений на участке трубопровода, позволит минимизировать время и затраты на строительство корабля.

На этапе строительства судна при трассировочных работах возникают проблемы, связанные с возможными изменениями конструкции корпуса, состава оборудования, установкой дополнительного насыщения, что требует оперативного внесения изменений в конструкторскую и технологическую документацию. Ускорение процесса внесения изменений в проект судна на этапе его строительства может и должно реализовываться на основе использования цифровой (электронной) модели судна разработанной с помощью одной из САПР, ориентированной на судостроительное производство.

В качестве такой САПР может быть использована полностью отечественная система 3D-моделирования КОМПАС компании «АСКОН». Компания «АСКОН» совместно с консорциумом «РазвИТие» разработала и уже приступила к реализации дорожной карты создания «тяжелой» судостроительной PLM-системы. В новых версиях КОМПАС-3D появились графические инструменты, которые существенно упрощают разработку трехмерных моделей корпусных судовых конструкций, что позволяет повысить текущие возможности системы по разработке цифровой модели корпуса. Для насыщения цифровой модели судовыми системами можно использовать уже существующие в системе инструменты моделирования трубопроводов.

С помощью набора инструментов для моделирования трубопроводов приложения «Трубопроводы» (рисунок 1) возможно проектирование трубопроводов различных диаметров. В каталоге имеется необходимая арматура, материал, инструменты, унифицированные фасонные элементы.

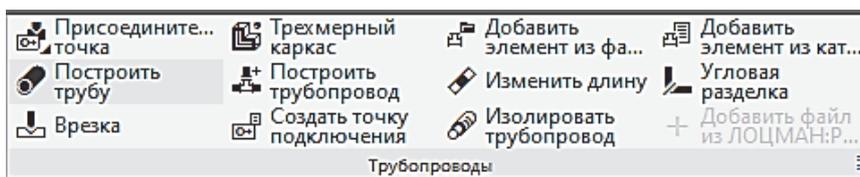


Рисунок 1 – Инструментальная панель «Трубопроводы»

Ниже приведена характеристика основных инструментов, предназначенных для моделирования трубопроводов.

Инструмент «*Присоединительная точка*» – специальный объект, который предназначен для задания пространственного положения соединяемых элементов трубопровода и направления присоединения, при этом трубопровод может содержать несколько присоединительных точек.

Команда «*Трехмерный каркас*» служит для моделирования траекторий, создаваемых как отдельные объекты.

Команды «*Добавить элемент из файла*» и «*Добавить элемент из каталога*» предназначены для добавления к моделируемому трубопроводу элементов, созданных пользователем или выбранных из библиотек (базы элементов) системы.

Команда «*Построить трубу*» дает возможность проектанту построить непрерывную трубу на базе пространственной кривой. Данная команда позволяет построить трубопровод заданного стиля без предварительного формирования ее траектории из любой точки модели. В местах угловых и стыковых соединений автоматически устанавливаются отводы и тройники согласно выбранному стилю трубопровода. В процессе работы команды можно добавить ручную элементы и другие модели, которые будут входить в состав трубопровода.

Команда «*Изменить длину*» применяется для изменения линейных размеров труб путем построения отступов от их торцов.

Команда «*Врезка*» позволяет формировать врезки различных типов в местах стыков прямых труб, в том числе, оси которых не лежат в одной плоскости;

Команда «*Создать точку подключения*» применяется для создания трубопроводов с использованием присоединительных точек, созданных ранее или в процессе текущего построения.

Методика моделирования трубопровода основывается на применении инструмента «*Построить трубопровод*». С помощью данного инструмента возможно построить трубопровод судовой системы, с некоторыми ограничениями по применению арматуры и других элементов, которые используются на судах.

Этапы моделирования трубопровода:

- Определить присоединительные точки и создать точку подключения с указанием необходимого элемента (рисунок 2);

- С помощью команды «*Построить трубопровод*» произвести моделирование трубопровода с заданным стилем при помощи построения траектории и добавления элементов трубопровода (рисунок 3).

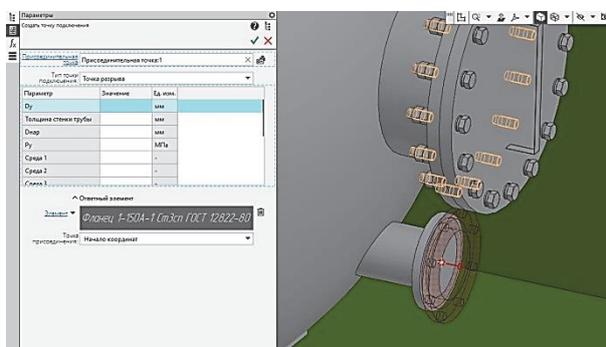


Рисунок 2 – Создание точки подключения и выбор ответного элемента

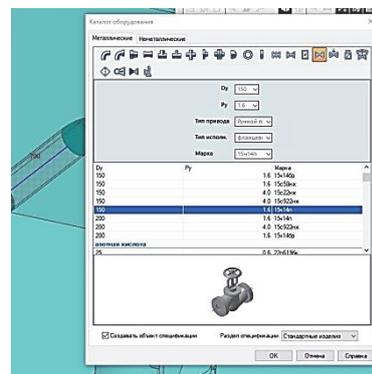


Рисунок 3 – Добавление элементов в процессе создания трубопровода

Построение трубопровода возможно при помощи функции *построение отрезков перемещением СК* этот способ позволяет строить траекторию прокладки трубопроводов и параллельно устанавливать арматуру и другие детали (рисунок 4).

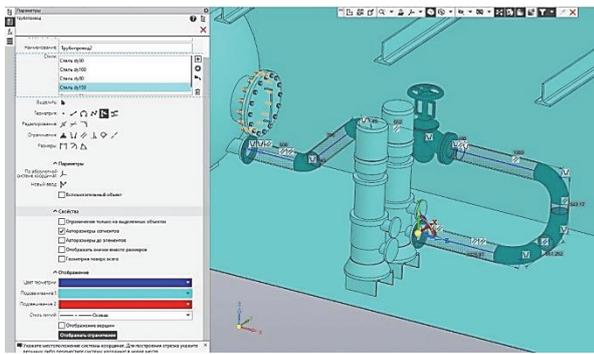


Рисунок 4 – Режим построения трубопровода

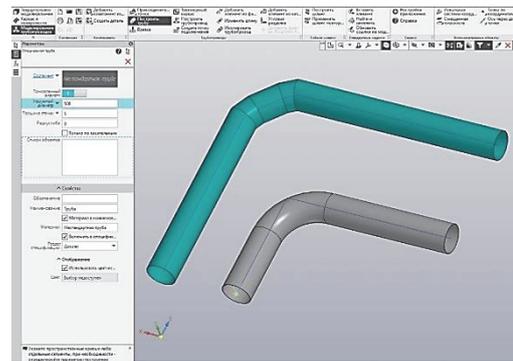


Рисунок 5 – Трубопровод с «секторальным» и «гладким» радиусом

Такой подход к трассировке судовых систем удобен, он позволяет создавать отдельные трубопроводы систем и при непосредственном моделировании вносить фасонные элементы, устанавливать путевую судовую арматуру, а также устанавливать подвески для трубопроводов с большим диаметром.

На судах трубопровод забортной воды, газовыхлопа имеет трубы большого диаметра и изготавливаются из секторов, погиб на  $90^0$  должен иметь не менее трех секторов по правилу морского регистра судоходства. В приложении создания трубопровода нет команды, которая бы позволяла создавать автоматически, сектора с разверткой. При наличии такой команды, сократилось бы время на разработку РКД.

На данный момент трубопровод с секторами можно сделать только вручную, задавая нужную траекторию.

Также есть недостаток, который заключается в том, что в каталоге оборудования пока отсутствуют актуальные модели судовой арматуры, и ощущается нехватка специализированных инструментов для создания систем вентиляции и кондиционирования. Однако, в связи с внедрением системы КОМПАС в область судостроения, следует ожидать появления в новых версиях новых инструментов и решений для моделирования судовых систем более широкой номенклатуры и сложности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Щербинин П.: «Глубокая кооперация партнеров по консорциуму отражается в интеграции программных продуктов» (интервью с руководителем специальных проектов АСКОН, консорциум «РазВИТие») / Connect. Мир информационных технологий. – 2021. – №5-6. – С 71-75.
- 2 Александров, А. В. Судовые системы / А.В. Александров. – М.: Государственное союзное издательство судостроительной промышленности, 2015. – 430 с.
- 3 Справочник по проектированию магистральных трубопроводов / Б. Г. Волков, А. К. Дерцакян, И. А. Дерцакян, Л. А. Зайцев и [др.]. – Ленинград : Недра, 1977. – 519 с.
- 4 Правила классификации и постройки морских судов. Часть VIII: Системы и трубопроводы. – СПб : Российский морской регистр судоходства, 2022. – 235 с.

УДК 629.5.02

Даманский Дмитрий Владимирович, магистрант; Damansky Dmitry Vladimirovich

Грязнова Наталья Николаевна, магистрант; Gryaznova Natalia Nikolaevna

Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент;

Zhurbina Irina Nikolaevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ ПАЛУБЫ СУДНА С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ APM FEM ДЛЯ КОМПАС-3D

#### STATIC ANALYSIS OF SHIP DECK DESIGN USING THE APM FEM LIBRARY FOR KOMPAS-3D

Аннотация. В данной работе рассмотрены возможности применения библиотеки APM FEM программного комплекса КОМПАС-3D для выполнения статического расчета на примере судовой палубной конструкции. Рассчитаны напряжения и перемещения при заданном диапазоне нагрузки.

Abstract. This paper describes the possibilities of using the APM FEM library of the KOMPAS-3D software package to perform statistic analysis on the example of a ship deck design. stresses and displacements are calculated for a given load range.

Ключевые слова: 3D моделирование, нагрузка, деформации перемещения, напряжения.

Keywords: 3D modeling, load, displacement strains, stresses.

Библиотека APM FEM программного комплекса КОМПАС-3D является специально созданным приложением, в котором не создают геометрию объекта, а рассчитывают уже существующую. Приложение APM FEM позволяет выполнить расчеты конструкции на прочность, [1]. Оно позволяет производить топологическую оптимизацию конструкции, т.е. оптимально распределять материал в объеме. Можно оптимизировать несколько параметров: жесткость; прочность; массу. Материал в объеме распределяют таким образом, чтобы он удовлетворял этим требованиям.

Конструкция палубы состоит из следующих элементов: пластина; продольные ребра жесткости; бимс; карлингс; поясок; вырез под проход профиля полосульба через бимсы. Материал конструкции сталь. Закрепление жесткое по торцам.

Целью работы было определить, выдержит ли данная палубная конструкция приложенную нагрузку, чтобы в дальнейшем обеспечить необходимую прочность и задать условия её эксплуатации. Для этого был произведен статический расчет на прочность при некотором диапазоне распределенной нагрузки (от 10000 Н до 50000 Н), действующую на палубу. Для наглядности представим результаты расчетов от приложенной нагрузки в 30000 Н (рисунки 1, 2) в виде деформированного состояния объекта и со шкалой полученных значений.

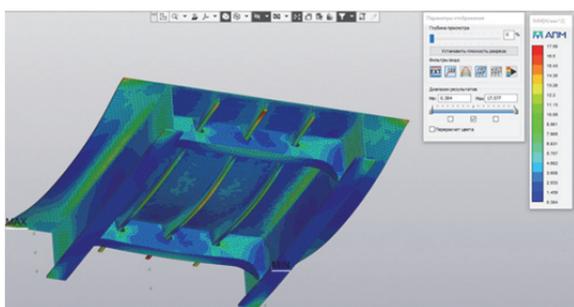


Рисунок 1 – Значения напряжений при нагрузке 30000 Н

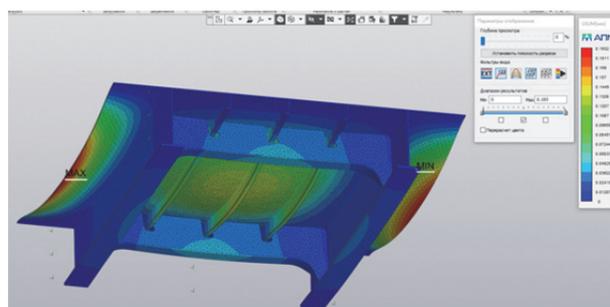


Рисунок 2 – Значения перемещений при нагрузке 30000 Н

На рисунках 3 и 4 приведены графики зависимости возникающего напряжения в конструкции от приложенной нагрузки и деформация перемещения от приложенной нагрузки, соответственно. Полученные наибольшие напряжения, возникающие в конструкции, не должны превышать допустимые напряжения материала.

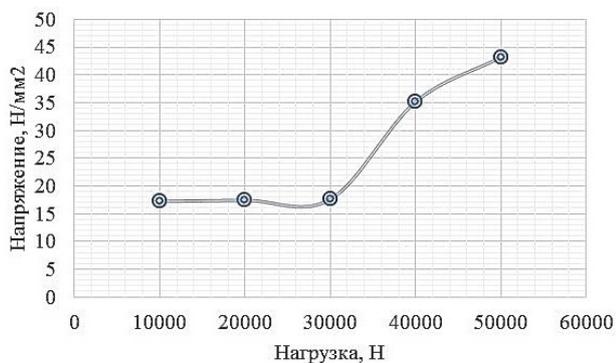


Рисунок 3 – Напряжения

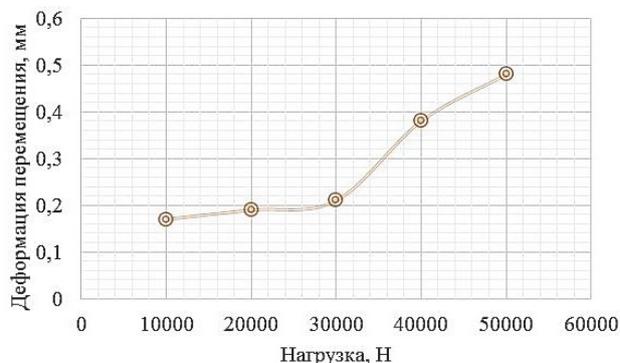


Рисунок 4 – Деформация перемещения

Проведенные в приложении APM FEM расчеты показали, что при действии на данную палубную конструкцию внешних сил размером от 10000 Н до 50000 Н она останется прочной и способна сопротивляться деформациям. Полученные результаты достоверны, так как при по-

вторном статическом анализе с вдвое меньшим шагом разбиения конечно-элементной сетки, данные расчета отличаются на 3 %, что удовлетворяет допустимым погрешностям в инженерных расчетах. Таким образом, приложение APM FEM можно использовать для расчета прочности объемной судовой конструкции.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Система прочностного анализа APM FEM для КОМПАС-3D // АПМ.ру. – Раздел сайта «Инженерные расчеты для машиностроения и строительства». – URL: <https://apm.ru/apm-fem> (дата обращения: 25.02.2022).

УДК 359

Дегтярев Кирилл Николаевич, курсант; Degtyarev Kirill Nikolaevich

Танич Владислав Викторович, курсант; Tanich Vladislav Viktorovich

Зайцев Николай Николаевич, кандидат педагогических наук; Zaytsev Nikolay Nikolaevich

Новосибирский военный ордена Жукова институт имени генерала армии И.К. Яковлева войск национальной гвардии Российской Федерации

#### **ТЕНДЕНЦИИ В ПРИМЕНЕНИИ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ СИСТЕМ ВОЕННО-МОРСКИМИ ФЛОТАМИ США, РОССИИ И КИТАЯ**

#### **TRENDS IN THE APPLICATION OF ARTILLERY SYSTEMS BY THE NAVIES OF THE USA, RUSSIA AND CHINA**

Аннотация. В работе авторы рассматривают тенденции в области развития систем вооружения военно-морских флотов ведущих армия мира. В ходе исследования авторы приходят к выводам, что в современных условиях отказ от традиционных артиллерийских систем является необоснованным, а наиболее целесообразным направлением модернизации вооружения флота является сочетание высокотехнологичных систем наведения и управления огнем и ствольной артиллерии среднего калибра.

Abstract. In this paper, the authors consider the trends in the development of weapons systems of the navies of the leading armies of the world. In the course of the study, the authors come to the conclusion that in modern conditions the abandonment of traditional artillery systems is unreasonable, and the most expedient direction of modernization of the fleet's armament is a combination of high-tech guidance and fire control systems and medium-caliber barrel artillery.

Ключевые слова: военно-морской флот, война, десантная операция, технологии, вооружение, артиллерия.

Keywords: navy, war, landing operation, technology, weapons, artillery.

Идея о том, что высокие технологии, побеждающие в войне, необходимы для победы является переоцененными взглядами, преувеличивающими значение технологий в войне. Поэтому поставим под сомнение точку зрения о том, что высокотехнологичное оружие будет основным в возможном будущем морском столкновении в Тихоокеанском регионе.

Предположения о том, что высокие технологии являются условием для успеха в войне, исторически не подтверждаются крупномасштабными коалиционными войнами (война в Персидском заливе, операция «Несокрушимая свобода», боевые действия в Сирии) [8]. Военная мощь является синергетической, совокупностью разрозненных, взаимно поддерживающих систем. Война или военный конфликт – это стратегия и тактика, обученность личного состава и моральный дух, географические условия, логистика, а иногда и просто удача. Сами по себе технологии не побеждают в войнах.

В американской доктрине просматривается чрезмерная зависимость от высокотехнологичного вооружения. Этот документ также обуславливает затраты на модернизацию вооруженных сил или закупку большего количества всё более совершенного высокотехнологичного оружия. В период с 1950 по 2016 год количество военных кораблей США сократилось на 30 %, но к 2017 году военно-морской бюджет увеличился в три раза. Попытки привести доводы в пользу более сбалансированного сочетания высоких технологий и традиционного вооружения были

сформулированы еще во время пребывания адмирала Зумвальта в должности руководителя военно-морскими операциями в начале 1970-х годов. Такие дебаты в некоторой степени продолжаются и сегодня [1].

Тем не менее, одержимость ВМС США высокими технологиями наиболее явно проявляется в проекте нового эскадренного миноносца DDG-1000 «Zumwalt», который был разработан в 1990-х годах для замены модернизированных линкоров класса «Iowa» времен Второй мировой войны, которые неоднократно использовались в морских операциях во Вьетнаме, Ливане и войне в Персидском заливе.

Эсминец DDG-1000 «Zumwalt» должен был быть оснащен совершенно новой системой AGS – 155-мм артиллерийской установкой, способной вести высокоточную стрельбу на дальних дистанциях (до 148 км) активными управляемыми снарядами [4]. Однако только три из всего проекта этих кораблей были заказаны ВМС США из-за неконтролируемого перерасхода средств, увеличение стоимости составило 578% или более 8 миллиардов долларов за судно. Стоимость необходимых для орудия усовершенствованных боеприпасов выросла до 800000 – 1200000 долларов США за снаряд, тогда как существующие морские снаряды США оцениваются от 1200 до 2200 долларов США. По состоянию на 2021 год артиллерийская установка AGS полностью неработоспособна. В будущем эти корабли могут быть переоборудованы для стрельбы другими боеприпасами, но и это потребует значительных затрат. На данный момент единственное работоспособное оружие DDG-1000 «Zumwalt» – это ракеты «Томагавк» и две небольшие 30-мм пушки. Так, попытка по замене «старых» орудий высокотехнологичными боеприпасами потерпела неудачу.

Сосредоточение внимания на исключительно высокотехнологичном оружии скрывает, насколько широко используется более старое и низкотехнологичное оружие, насколько повсеместно его использование в реальных боевых действиях. Многие существующие типы военно-морского вооружения, такие как мины, артиллерийские орудия и торпеды, на несмотря на то, что стары по своему происхождению, часто обновлялись. Относительно старые военные технологии являются обычным явлением. Мы можем видеть повсеместное использование более старых военно-морских вооружений в недавних конфликтах и войнах. «Старые» военно-морские вооружения сохраняются в современных флотах, они часто модернизируются в процессе эксплуатации, военно-морские силы комбинируют оружие с низкой или средней технологичностью вместе с некоторыми новыми высокими технологиями.

Во многих случаях к старому оружию добавляются «высокие технологии», и, таким образом, их общее изменение является скорее эволюционным. Это означает, что они представляют собой фактически «гибридное» оружие, сочетающее в себе традиционные и высокие технологии. Одним из таких примеров является американская бомба с GPS-наведением, которая представляет собой комплект, которым модифицируют «старые» неуправляемые бомбы.

Мы можем более четко увидеть такую «гибридность», если рассмотрим американские и китайские эсминцы. Очевидно сочетание очень нового оружия, например, лазерных дальномеров и электронных баллистических вычислителей, устанавливаемых на корабли и старых артиллерийских систем. Продолжают стоять на вооружении флота орудия среднего калибра, между 76 мм и 127–130 мм, хотя 57 мм и 155 мм можно рассматривать как нижний и верхний диапазоны для этой категории. По состоянию на 2020 год ВМС США имеет в общей сложности 89 боевых кораблей оснащенных 127-мм орудиями; 130-мм орудия – примерно на 18 эсминцах; 100-мм – орудия примерно на 31 и 76-мм орудия – на 75 фрегатах и корветах.

Российские и китайские производители морского вооружения также активно производят и экспортируют орудия калибра 76, 100 и 130 мм в такие страны, как Алжир, Аргентина, Бангладеш, Мьянма, Нигерия и Пакистан [6]. По большей части, китайский и российский образцы оружия представляют собой одноствольную конструкцию, с высокой скорострельностью и широким использованием высокоточных и управляемых боеприпасов. Тем не менее, некоторые российские эсминцы имеют 130-мм башенную установку с двойным стволом, появившуюся в середине 1980-х годов и считающуюся лучшей, в сравнении с западными проектами [7].

Неужели это просто устаревшее оружие, флот слишком консервативен, чтобы сбрасывать его со счетов? Или процесс гибридизации посредством модернизации означает, что они остаются полезными?

На самом деле, морская огневая поддержка опроверг прогнозы о своей кончине. Для десантных операций необходима непосредственная огневая поддержка, которая является относи-

тельно простым и надежным методом подавления огневых средств на побережье. Артиллерийские системы менее невосприимчивы к радиоэлектронной борьбе и помехам, и в меньшей степени подвержены влиянию неблагоприятных погодных условий. Поддержка с воздуха и высокоточные боеприпасы могут оказаться недоступными в некоторых случаях во время операций, что может привести к значительному увеличению значимости артиллерийских систем. Военно-морские силы России, Индии и Китая также имеют ракетно-артиллерийские системы на своих десантных кораблях [3]. Учитывая провал проекта DDG-1000 «Zumwalt», вывод из состава флота крейсеров и эсминцев, имеющих орудийные башни, преждевременен.

Десантные силы Китая будут полагаться на эсминцы и фрегаты с их орудиями среднего калибра. Конечно, многое зависит от того, насколько важными могут быть десантные операции в китайских военных планах. При возможном вторжении на Тайвань китайские десантные средства будут нуждаться в непосредственной огневой поддержке. Острова Сэнкаку и Дяоюйдао образуют еще одну горячую точку. Военное столкновение в Южно-Китайском море вполне может развернуться вокруг занятия этих маленьких островов. В концепциях десантных операций упор делается на более мелкие формирования, полки морской пехоты могут быть развернуты небольшими подразделениями, например, усиленными взводами. Для таких небольших подразделений наиболее вероятным средством поддержки будет эсминец общего назначения, вооруженный орудиями среднего калибра [5].

Более того, большинство кораблей имеют значительные запасы боеприпасов. Это важно в ситуациях, когда морское противостояние длится долго. Противостояние на отмели Скарборо между Филиппинами и Китаем в 2012 году длилось примерно два месяца, а в 2019 году китайские военно-морские корабли и корабли береговой охраны провели четыре месяца внутри вьетнамской исключительной экономической зоны, в мае 2020 года произошло еще одно шестимесячное противостояние между Вьетнамом, Малайзией и Китаем в Южно-Китайском море [2].

Орудия среднего калибра остаются основным средством ведения боевых действий флотом, потому что они были модернизированы и фактически представляют собой гибридные системы вооружения, сочетающие в себе старые и новые технологии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Буренок В.М. Прогнозирование перспективного облика системы вооружения // Вооружение и экономика. – 2019. – № 1(47). – С. 6-9.
- 2 Зайцев Н.Н. Китай – становление морской державы / Н.Н. Зайцев, А.А. Христов, Н.А. Гусев, А.С. Колтуков // Наукосфера. – 2021. – № 4-1. – С. 106-109.
- 3 Зайцев Н.Н. Проблемы освоения Дальнего Востока России // История. Историки. Источники: электронный научный журнал. – 2021. – № 1. – С. 32-38.
- 4 Зубов В.Н. Артиллерия эсминцев «Замволт» ВМС США // Морской сборник. – 2016. – № 8(2033). – С. 78-85.
- 5 Каменнов П.Б. Инновационные и структурные преобразования военно-промышленного комплекса КНР // Проблемы Дальнего Востока. – 2020. – № 6. – С. 116-127. – DOI 10.31857/S013128120012819-1.
- 6 Мороз Д.К. Передовые проекты военно-промышленного комплекса России до 2025 года / Д.К. Мороз, Н.Н. Зайцев // Актуальные направления теории и практики бухгалтерского учёта, экономического анализа и аудита : Сборник материалов Всероссийской (национальной) научно-практической конференции / Под общей редакцией О.А. Чистяковой. – Новосибирск: СибУПК, 2019. – С. 571-579.
- 7 Петраков В.А. О возможности повышения дальности стрельбы корабельной артиллерийской установки калибра 130 мм / В.А. Петраков, А.С. Зайцев, М.Ю. Карловский // Вестник образования и развития науки Российской академии естественных наук. – 2021. – № 3. – С. 48-53. – DOI 10.26163/RAEN.2021.22.84.008.
- 8 Смирнов С.В. История возникновения венного конфликта в Сирии участие России в нем / С.В. Смирнов, Р.А. Цыбенко, В.Е. Коротаев, Н.Н. Зайцев // Наука. Технологии. инновации : Сборник научных трудов в 9 частях / Под ред. Гадукиной А.В. – Новосибирск: НГТУ, 2018. – С. 56-60.

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ APM FEM ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПРОЧНОСТИ СУДОВОЙ КОРПУСНОЙ КОНСТРУКЦИИ

### USING THE APM FEM SYSTEM FOR THE STRENGTH ANALYSIS OF THE SHIP HULL DESIGN

Аннотация. В статье рассмотрен опыт применения системы APM FEM, интегрированной в программный комплекс КОМПАС-3D, для расчётов на прочность судовой корпусной конструкции.  
Abstract. The article is considered the experience of using the APM FEM system, integrated into the KOMPAS-3D software package, for strength analysis of ship hull design.

Ключевые слова: программный комплекс, прочностной анализ, судовая конструкция.  
Keywords: software package, strength analysis, ship design.

Система APM FEM предназначена для проведения прочностного анализа в интерфейсе САД-системы КОМПАС-3D, позволяет выполнять несколько видов расчетов. Одним из них является расчет напряженно-деформированного состояния конструкции (статический расчет). Процедура расчетов в системе основана на методе конечных элементов [1]. Основной задачей APM FEM является проведение анализа прочности небольших сборок или отдельных деталей, для которых важно оценить прочность с возможностью их оптимизации. Система позволяет довольно быстро это сделать, так как в ней используются зависимости между смоделированной (геометрической) моделью и расчетной.

Существуют следующие режимы работы APM FEM [2]:

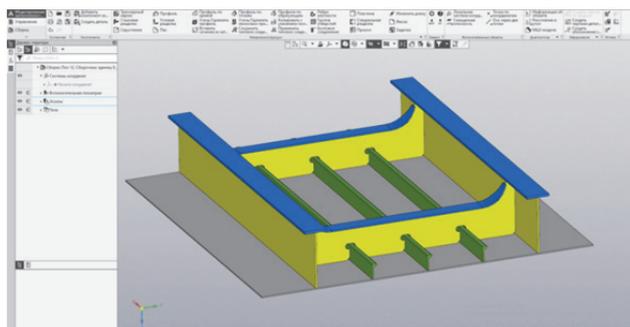


Рисунок 1 – Палубная конструкция

- подготовка модели: задание совпадающих поверхностей; задание закреплений; задание нагрузок;
- разбиение и расчет: генерация конечно-элементной сетки; запуск необходимого вида расчета; настройка параметров расчета;
- вывод результатов расчетов: цветные карты результатов; реакции в опорах; генерация отчёта в виде файла.

Анализ прочности рассмотрим на примере конструкции палубы судна. Для этого в КОМПАС-3D была смоделирована расчетная модель, представленная на рисунке 1 (для визуализации набора конструкция показана перевернутой).

Конструкция палубы состоит из следующих элементов: пластина размером 1200x1600x6 мм, продольные ребра жесткости, бимс, карлингс, поясок.

На созданной 3D-модели необходимо установить закрепление и нагрузку. В данном расчете жестко закрепим по торцам вдоль оси X, имитируя приварку, рисунок 2(а). При этом необходимо, чтобы в дереве построений были выбраны пункты фиксации перемещений. На рисунке 2(б) показано приложение силы размером -10000 Н, направленной в противоположную сторону оси Z. Далее необходимо задать свойства материала конструкции.

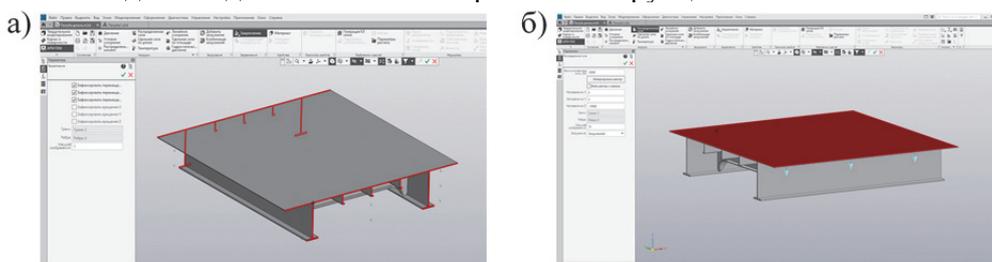


Рисунок 2 – Подготовка модели к анализу:  
а – закрепление конструкции; б – нагрузка на поверхность

Одним из преимуществ APM FEM является автоматическая генерация конечно-элементной сетки, которая позволяет сохранить необходимую точность при инженерном анализе. Её необходимо выбрать, в зависимости от размеров объекта, 4 или 10-ти узловой тетраэдр. Для того, чтобы сетка обработала такие места, как выреза под проход набора, необходимо установить коэффициент сгущения, равный 1. Из-за больших размеров конструкции коэффициент в объеме примем 1,8 для увеличения разреженности конечных элементов. Чем меньше конечно-элементная сетка, тем дольше и сложнее происходит процесс разбиения, но результаты расчета при этом более точные. Визуализация макроэлементной сетки в виде призматических треугольников и полученные результаты представлены на рисунке 3.

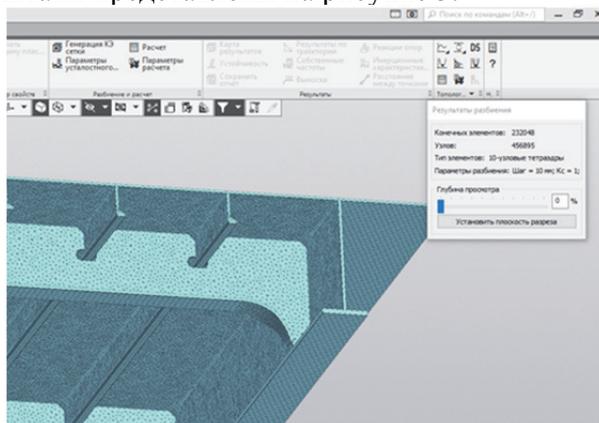


Рисунок 3 – Результат генерации КЭ сетки

Проведенный статический расчёт палубной конструкции от приложенной нагрузки, позволил определить напряжения и перемещения. На рисунке 4(а) на деформированной форме конструкции отображена карта (эпюра) напряжений, на рисунке 4(б) – карта результирующего перемещения.

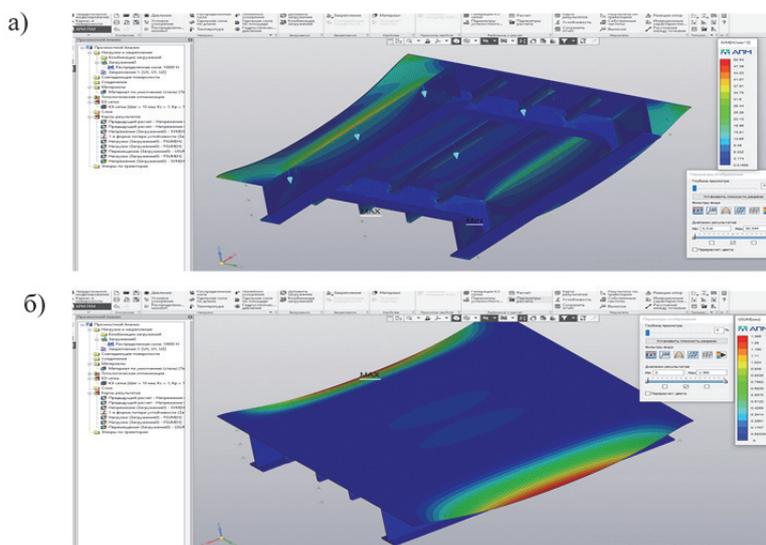


Рисунок 4 – Результаты расчетов:

а – эпюра напряжений; б – эпюра перемещений

Оценить полученные напряжения необходимо по предельно допустимому напряжению материала, используемому в расчёте, чтобы использовать необходимый коэффициент запаса. Он берется такой, какой принят в рассматриваемой отрасли. Чтобы оценить перемещения, лучше представить модель в недеформированном и деформированном виде.

Вывод карты результатов может быть представлен в нескольких видах: карта с учетом сечения модели; карта с выносками; карта в виде изолиний (пересечение дополнительных поверхностей с моделью); диалог с инерционными характеристиками модели; диалог с реакциями в опорах конструкции.

По полученным результатам от действия заданной нагрузки можно сказать, что конструкция прочная, [3]. Но для того, чтобы оценить её прочность в разных условиях эксплуатации, необходимо провести ряд расчётов при некотором диапазоне изменяющейся нагрузки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Постнов В.А. Расчет судовых конструкций по методу конечных элементов / В.А. Постнов, И.Я. Хархурим. – Л.: Судостроение, 1987. – 156 с.

2 Даманский, Д. В. Практический опыт использования новых инструментов моделирования судовых конструкций в КОМПАС-3D / Д. В. Даманский, А. Д. Бурменский // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 года. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 232-235.

3 Растяжение сжимаемой полосы с непрерывным полем скоростей перемещений в условиях плоской деформации / И. В. Канашин, А. Л. Григорьева, А. И. Хромов [и др.] // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2021. – № 3(51). – С. 39-41.

УДК 532.3; 532.5; 629.585

Земляк Виталий Леонидович, кандидат физико-математических наук, доцент;

Zemlyak Vitaliy Leonidovich

Козин Виктор Михайлович, доктор технических наук, профессор; Kozin Viktor Mikhailovich

Чингалаев Сергей Алексеевич, аспирант; Chingalaev Sergey Alekseevich

Жуков Дмитрий Сергеевич, аспирант; Zhukov Dmitry Sergeevich

Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема

Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН

## **ВЛИЯНИЕ СИЛ И МОМЕНТОВ НА ХАРАКТЕР ДВИЖЕНИЯ ПОГРУЖЕННОГО ТЕЛА В ЖИДКОСТИ**

### **INFLUENCE OF FORCES AND MOMENTS ON THE NATURE OF THE MOTION OF AN SUBMERGED BODY IN A FLUID**

Аннотация. Движение погруженного тела на малом заглублении сложный процесс, который имеет важное тактическое значение. Ключевым фактором, обеспечивающим безопасность движения тела и эффективность выполнения задач, является управляемость, которая будет зависеть от характера взаимодействия с приповерхностной водной средой. В исследовании авторами на базе опытового бассейна проведены экспериментальные исследования и получены зависимости вертикального перемещения погруженного тела ассиметричной формы, которое возникает под воздействием подъемной силы при движении на малом заглублении. Определены углы дифферента тела от воздействия гидродинамического момента. Показано влияние на величину параметров скорости движения тела. Численно с помощью программного комплекса ANSYS 19 R2 Academic Research построены поля гидродинамического давления, формирующиеся вокруг поверхности тела, выполнено сопоставление влияния полей на характер волнообразования на поверхности жидкости.

Abstract: The movement of a submerged body at a shallow depth is a complex process that is of great tactical importance. The key factor that ensures the safety of the movement of the body and the efficiency of performing tasks is controllability, which will depend on the nature of the interaction with the near-surface aquatic environment. In the study, the authors conducted experimental studies on the basis of the experimental tank and obtained the dependences of the vertical displacement of a submerged body of an asymmetric shape, which occurs under the influence of a lifting force when moving at a shallow depth. The trim angles of the body from the impact of the hydrodynamic moment are determined. The influence on the value of the parameters of the speed of the body is shown. Numerically, using the ANSYS 19 R2 Academic Research software package, the hydrodynamic pressure fields that form around the surface of the body are constructed, and the influence of the fields on the nature of wave formation on the liquid surface is compared.

Ключевые слова: погруженное тело, подъемная сила, гидродинамический момент.

Keywords: Submerged body, lifting force, hydrodynamic moment.

Экспериментальные исследования, приведенные в работе [1] показали, что оптимальное относительное удлинение создающее минимальное сопротивление погруженного тела в виде эллипсоида вращения при малой величине заглубления равно 6,5. Однако корпус современного подводного судна имеет достаточно значительную по длине цилиндрическую вставку, в которой размещаются бортовые системы [2]. Как показано в исследовании [3] данный подход эффективнее, чем изменение профилей носовой и кормовой оконечности тела, что и реализовано у современных судов [4]. В экспериментально-теоретической работе [5] проанализировано влияния относительного удлинения тела на силы и моменты, действующие на него со стороны жидкости. С учетом заглубления и скорости перемещения тела, делается вывод, что наибольшее эксплуатационное значение приобретает подъемная сила  $F_z$ , а не сопротивление. Однако определение сил действующих на погруженное тело, сложная экспериментальная и теоретическая задача, поэтому на сегодняшний день встречается не так много работ посвященных этой тематике. Большие трудности вызывает определение величины вертикального перемещения тела и угла дифферента, возникающих при движении на малом заглублении. В работе [6] предложена методика моделирования, техника проведения модельных экспериментов, а также численный алгоритм, разработанный в программном комплексе (ПК) ANSYS 19 R2 Academic Research позволяющий вычислять значения сопротивления, подъемной силы и гидродинамического момента. Целью исследования был экспериментально-теоретический анализ определения сил и моментов, действующих на тело вращения с цилиндрической вставкой в зависимости от скорости его движения в приповерхностной водной среде.

Экспериментальная часть исследования проводилась в опытовом бассейне лаборатории ледотехники (ФГБОУ ВО Приамурский государственный университет имени Шолом-Алейхема, г. Биробиджан) [7]. Размеры чаши бассейна соответствовали параметрам буксировочных бассейнов, на базе которых проводились аналогичные модельные эксперименты [6]. Относительно небольшое значение длины опытового бассейна позволило применить тросовую буксировочную систему для буксировки модели погруженного тела, что в отличие от традиционного метода испытаний имеет ряд преимуществ. Поскольку модель имеет нулевую плавучесть при заданном заглублении, то при движении под воздействием возникающей подъемной силы  $F_z$  появляется возможность измерить величину относительного вертикального перемещения и определить угол дифферента модели. В качестве модели использовалось асимметричное тело с цилиндрической вставкой и относительным удлинением  $L^*=8,4$ . Скорость перемещения составила  $Fr=0,297 \div 0,774$ .

В результате буксировок модели были записаны профили взволнованной поверхности воды, по которым определялось положение, форма гребней и впадин поверхностных волн. Полученные данные сопоставлялись с результатами численных расчетов, выполненных в ПК ANSYS Academic Research [6]. Были построены зависимости между вертикальной составляющей распределения давления  $P$  в виде коэффициента  $C_{pz} = \frac{P-P_\infty}{0,5\rho u^2}$  ( $\rho$  – плотность жидкости;  $u$  – скорость движения модели) вдоль нижней поверхности модели тела и профилями гравитационных волн (рис. 1).

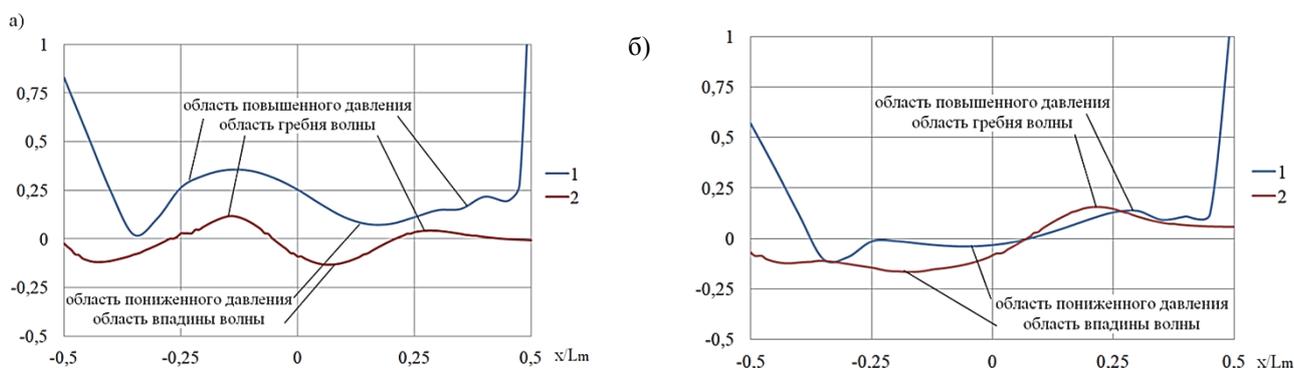
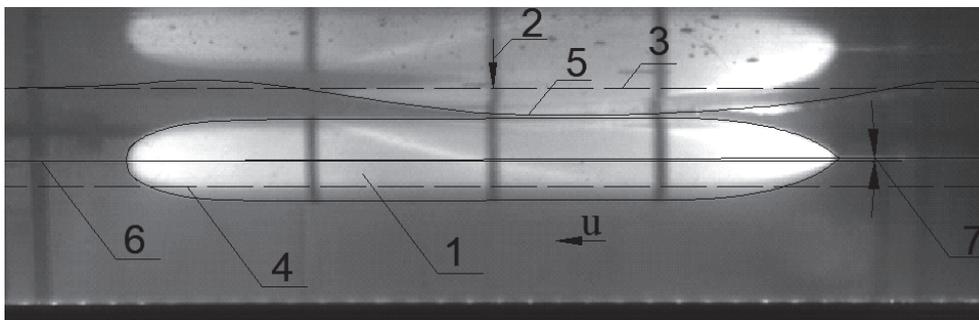


Рисунок 1 – Сопоставление областей давления и профилей гравитационных волн при  $Fr=0,297$  (а) и  $Fr=0,416$  (б)

Установлено смещение фазы поверхностных волн в результате перемещения области пониженного давления в кормовую оконечность модели с ростом скорости ее движения. Максимальные значения высоты волн наблюдались при  $Fr=0,45$ . Неравномерное распределе-

ния по поверхности модели погруженного тела приводило к возникновению  $F_z$  и изменению относительного заглубления, которое в диапазоне скоростей  $0,294 < Fr < 0,386$  притягивалось к поверхности жидкости. Проявление гидродинамического момента приводило к образованию дифферента на корму. При скорости движения выше  $Fr = 0,386$  происходило отталкивание тела от поверхности воды, с образованием дифферента на корму (рис. 2).



1 – модель тела; 2 – положение датчика; 3 – невозмущенная поверхность воды; 4 – линия изначально заданного заглубления модели; 5 – взволнованная поверхность воды; 6 – заглубление модели в момент движения; 7 – угол дифферента модели  
Рисунок 2 – Движение модели погруженного тела со скоростью  $Fr = 0,386$

Стоит отметить, что при  $Fr = 0,5$  величина заглубления становилась равно первоначально заданной и с ростом скорости движения продолжала возрастать. Максимальные значения угла дифферента наблюдались при  $Fr = 0,45$ .

Проведено экспериментально-теоретическое исследование влияния скорости движения асимметричного тела с цилиндрической вставкой на характер волнообразования, распределения давления, силы и моменты, возникающие при его движении вблизи свободной поверхностью жидкости. Рассчитаны поля давлений вокруг поверхности движущегося с заданной скоростью тела. По профилям взволнованной поверхности воды получены относительные зависимости высоты гравитационных волн от скорости движения тела при заданном заглублении. Показано, что вертикальная сила и перемещение, а также угол дифферента модели тела существенно зависят и изменяются от глубины и скорости движения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-19-00118).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Gertler M. Resistance Experiments on a Systematic Series of Streamlined Bodies of Revolution - For Application to the Design of High-Speed Submarines. Washington D.C., Navy Department: The David W. Taylor Model Basin, 1950. 144 p.
- 2 Burcher R., Rydill L. Concepts in Submarine Design. Cambridge, United Kingdom, Cambridge University Press, 1994. 314 p.
- 3 Friedman N. Submarine Design and Development, Annapolis, Maryland, USA, Naval Institute Press, 1984. 192 p.
- 4 Апальков Ю.В. Подводные лодки советского флота 1945-1991 гг. Том 3: Третье и четвертое поколения АЛЛ. М.: «МОРКНИГА», 2012. 308 с.
- 5 Dawson E. An investigation into the effects of submergence depth, speed and hull length-to-diameter ratio on the near-surface operation of conventional submarines: Thesis ... Master of Philosophy / Dawson E.; University of Tasmania. Hobart, 2014. 214 p.
- 6 Земляк В.Л., Козин В.М., Васильев А.С. Определение вертикального перемещения погруженного тела при движении вблизи свободной поверхности жидкости // Труды Крыловского государственного научного центра. 2020. № 4 (394). С. 43-52.
- 7 Земляк В.Л., Козин В.М. Ледовый бассейн лаборатории ледотехники // Вестник Приамурского гос. ун-та им. Шолом-Алейхема. 2021. № 1(42). С. 19–31.

УДК 629.73.063

Кирилин Вячеслав Дмитриевич; Kirilin Vyacheslav Dmitrievich

Лозовский Иван Владимирович; Lozovsky Ivan Vladimirovich

Марьин Сергей Борисович, доктор технических наук, доцент; Maryin Sergey Borisovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДОВ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

### **ENSURING MANUFACTURABILITY OF THE DESIGN ELEMENTS OF PIPELINES OF THE AIRCRAFT**

Аннотация. В данной работе рассмотрены вопросы технологичности монтажа трубопровода системы кондиционирования воздуха самолёта RRJ-100. Предложены варианты улучшения технологичности при монтажных работах.

Abstract. In this paper, the issues of the manufacturability of the installation of the pipeline of the air conditioning system of the RRJ-100 aircraft are considered. Options for improving the manufacturability during installation work are proposed.

Ключевые слова: трубопровод, воздушное судно, технологичность, конструкция, сборочно-монтажные работы.

Keywords: pipeline, aircraft, manufacturability, construction, assembly and installation work.

Под технологичностью авиационных конструкций понимают комплекс свойств, позволяющих применить наиболее рациональные технологические процессы, которые обеспечивают высокое качество и минимальные затраты при изготовлении изделий.

Технологичность самолета определяется рациональным выбором аэродинамических обводов и конструктивно-технологическим членением. Под членением понимается разделение самолета конструктивными, эксплуатационными и технологическими разрезами и стыками на агрегаты, отсеки, секции, узлы и детали [1, 4].

Оптимальное членение конструкции определяется технико-экономическими расчетами с учетом конкретных условий производства. Расчлененные элементы конструкции в процессе сборки образуют те или иные соединения.

Технологические процессы производства самолетов складываются из технологических процессов сборки и монтажа технологических узлов, агрегатов и общей агрегатной сборки. Сборочно-монтажные работы характеризуются большим объемом машинно-ручных операций [4].

Рассмотрим технологичность конструкции на примере существующей в филиале ПАО «Иркут» технологии монтажа маршевой силовой установки (МСУ) самолета RRJ-100. Технологический монтаж – это установка и закрепление оборудования, прокладка и закрепление коммуникаций, соединение их в единые бортовые системы самолета. На рисунке 1 представлена блок-схема монтажа маршевой силовой установки самолета RRJ-100.

При монтаже МСУ применяются следующие основные виды разъемных соединений трубопроводов: фланцевые соединения, поворотные- радиально-шарнирные соединения, ниппельные соединения и др [3].

При выполнении операций по навеске двигателя возникают трудности, связанные с конструкцией трубопровода комплексной системы кондиционирования воздуха (КСКВ), поскольку трубопровод имеет сложную геометрическую форму и изготавливается из отдельных деталей с применением сварных соединений. Кроме того, имеются случаи разрушения трубопровода в процессе эксплуатации.

Высокая экономичность сварных соединений обуславливает повышение объема их применения в производстве самолетов. Однако число сварных соединений в одном узле должно сводиться к минимуму, также не желательно перекрещивание сварных швов, что может привести к концентрации напряжений и хрупкому разрушению [1].

Трубопровод отбора воздуха системы КСКВ изготавливается с применением большого количества сварных швов, некоторые из которых перекрещиваются, ввиду сложности геометрических форм самого трубопровода, что делает его конструкцию не технологичной и оказывает отрицатель-

ное влияние на технологический процесс монтажа МСУ и дальнейшую эксплуатацию трубопровода отбора воздуха системы КСКВ. На рисунке 2 показано технологическое членение конструкции трубопровода отбора воздуха системы КСКВ при ее изготовлении с применением сварки [2].

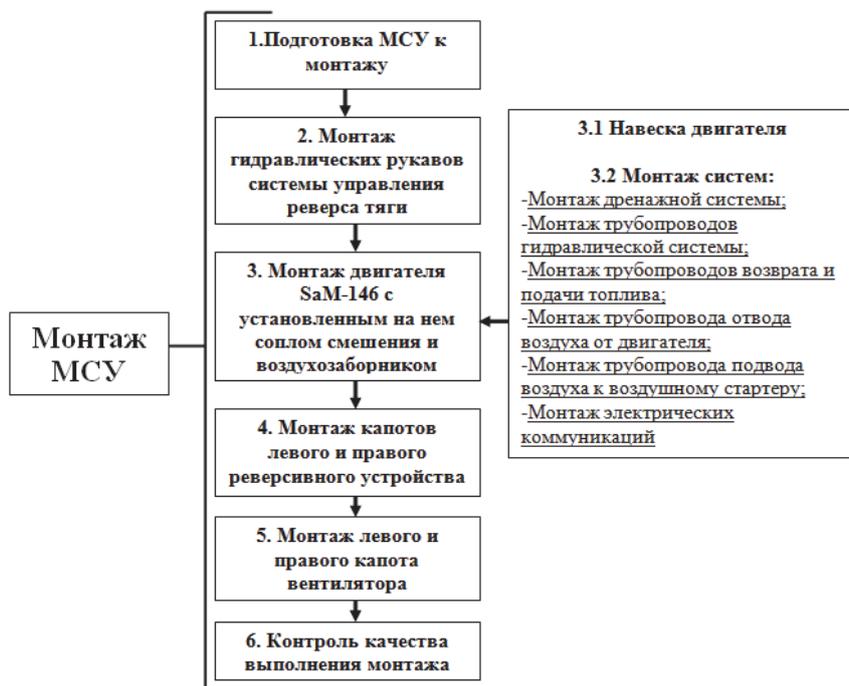


Рисунок 1 – Блок-схема технологического процесса монтажа МСУ

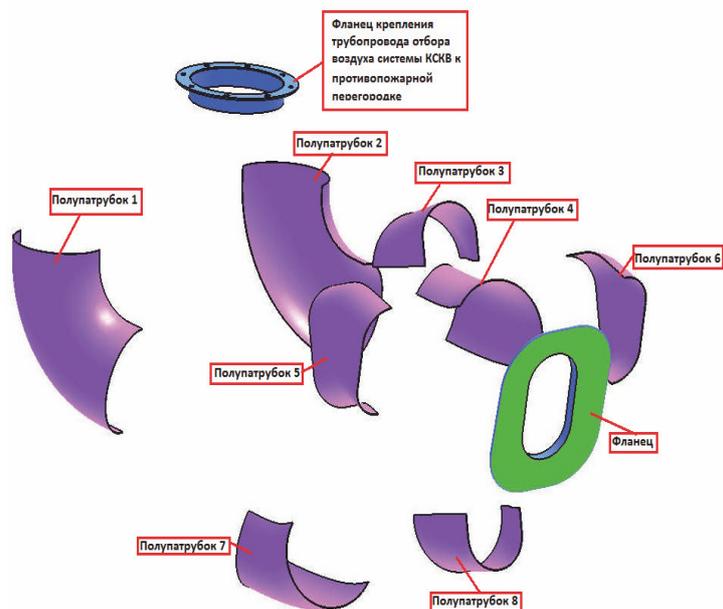


Рисунок 2 – Конструктивное членение элемента трубопровода отбора воздуха системы КСКВ

Для того чтобы избежать проблем, связанных с конструктивными особенностями трубопровода отбора воздуха системы КСКВ необходимо:

1. Упростить конструкцию патрубка трубопровода отбора воздуха системы КСКВ.
2. Поменять технологию изготовления трубопровода отбора воздуха системы КСКВ, применив в качестве технологии изготовления литье под давлением. Однако нужно иметь в виду, что механические свойства литого материала, как правило, хуже свойств материала, подвергнутого пластическому деформированию.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Анцелиович, Л. Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Самолетостроение» / Л. Л. Анцелиович. – Москва : Машиностроение, 1985. – 296 с.

2 Баргатинов, В. А. Крылья России: полная иллюстрированная энциклопедия / В. А. Баргатинов. – изд. испр. и доп. – Москва : Эксмо, 2007. – 1072 с.

3 Домотенко, Н. Т. Авиационные силовые установки. Системы и устройства / Н. Т. Домотенко, А. С. Кравец [и др.] – Изд. 2-е, перераб. – Москва : Транспорт, 1976. – 312 с.

4 Теоретические основы сборки самолета: Учебное пособие / Р. И. Гусева, А. В. Вялов. – Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та, 2005. – 96 с.

УДК 621.182.3

Котов Валентин Сергеевич, кандидат технических наук, Kotov Valentin Sergeevich

Воронин Константин Павлович, кандидат технических наук, доцент; Voronin Konstantin Pavlovich

Лapidус Алексей Яковлевич, кандидат технических наук, Lapidus Alexey Yakovlevich

Котов Анатолий Валентинович, курсант; Kotov Anatoly Valentinovich

Военно-морской политехнический институт военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова»

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК КОРАБЛЕЙ И СУДОВ

### OPTIMIZATION OF THE PROCESS OF USING THE FUEL SYSTEMS OF MARINE POWER PLANTS

Аннотация. Статья посвящена вопросу использования гомогенизатора как способа для улучшения качества топлива. Приведена классификация гомогенизирующих устройств, выделены их положительные и отрицательные стороны. Так же представлена оценка топлива, содержания вредных выбросов при использовании гомогенизаторов гидродинамического типа.

Abstract. The article is devoted to the use of a homogenizer as a way to improve the quality of fuel. The classification of homogenizing devices is given, their positive and negative sides are highlighted. The assessment of fuel, the content of harmful emissions when using hydrodynamic type homogenizers is also presented.

Ключевые слова: судовые энергетические установки, качество топлива, эксплуатация, гомогенизатор.

Keywords: marine power plants, fuel quality, operation, homogenizer.

Водный транспорт является важнейшим средством международной торговли промышленными товарами, продуктами питания, сырьем и топливом на большие расстояния. Однако используемые в составе пропульсивного комплекса главные энергетические установки оказывают сильное экологическое воздействие на атмосферу. Это является следствием использования тяжелых сортов топлива и несовершенства процесса его сжигания. Состав выхлопных газов, выделяемых судами, сильно зависит от параметров главной энергетической установки. Например, при использовании главным двигателем мощностью около 5 МВт тяжелых сортов топлива с содержанием серы 3,5% на 20% нагрузке в состав выбросов будут входить  $\text{CO}_2$  – 5-8%,  $\text{O}_2$  – 10-13%,  $\text{H}_2\text{O}$  – 5%,  $\text{N}_2$  – 75%, и включать вредные газы, такие как,  $\text{NO}_x$  – 0,15%,  $\text{SO}_2$  – 0,06-0,075 %,  $\text{CO}$  – 0,018% и твердые (сажистые) частицы с концентрацией выше 100 мг/м<sup>3</sup> [1].

Введенные с 1 января 2020 года ограничения Международной морской организации (International Maritime Organization — ИМО) по содержанию серы в топливе для судов регламентируют уменьшение содержания серы в тяжелом топливе. Теперь его концентрация согласно ИМО 2020 не должна превышать 0,5%, в отличие от предыдущей нормы в 3,5 % [2].

Для выполнения требований по сокращению вредных выбросов в Зонах Контроля Выбросов (Emission Control Area - ECA) судовладельцы могут перейти либо на использование альтернативных видов топлива (биодизельное топливо, сжиженный природный газ (СПГ), метанол) вместо тяжелых сортов, либо на применение электродвижения на легких сортах топлива, либо

установить системы очистки выхлопных газов, например, сухие или водяные скрубберы [3].

Улучшение характеристик топлива путем использования топливных гомогенизаторов может рассматриваться как один из вариантов сокращения вредных выбросов. За историю развития отечественной и зарубежной энергетики накоплен значительный опыт гомогенизирования топливных смесей. Гомогенизатор как прибор обладает широчайшими вариациями способов действия и конструкций.

В основу конструктивных решений гомогенизаторов положены различные физические эффекты достижения кавитации и возбуждения ультразвуковой волны в топливе.

На одной из многочисленных классификаций гомогенизирующих устройств мы остановимся подробнее, систематизация представлена на рисунке 1 [4]. Она отражает основы инженерных решений в реализации конструкций гомогенизаторов. Предложенная классификация позволяет оценить достоинства и недостатки каждой конструктивной схемы.

Наиболее эффективными являются клапанные гомогенизаторы, в которых кавитационное течение топлива достигается при дросселировании топлива под большим давлением между тарелкой и седлом подпружиненного клапана.

В опытной эксплуатации для мазута Ф-5 с начальной плотностью  $904 \text{ кг/м}^3$  при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  и с температурой вспышки  $90 \text{ }^\circ\text{C}$  после обработки клапанным гомогенизатором получены соответствующие показатели качества  $843 \text{ кг/м}^3$  и  $84 \text{ }^\circ\text{C}$  [5]. Такое изменение показателей качества мазута свидетельствует о значительном увеличении доли низкокипящих фракций углеводородов после обработки. Тем не менее, есть существенные недостатки такой схемы гомогенизатора: во-первых необходимость создания высоких давлений топлива  $175\text{-}200 \text{ кг/см}^2$ ; во-вторых, данный способ не позволяет получить однородного состава топлива в большом объеме; в-третьих, затраты энергии составляют по оценке специалистов  $10\text{-}12 \text{ кВт/т}$  топлива. Клапанные гомогенизаторы могут применяться только в специальных системах подготовки топлива с производительностью до  $1,0 \text{ т/ч}$ .

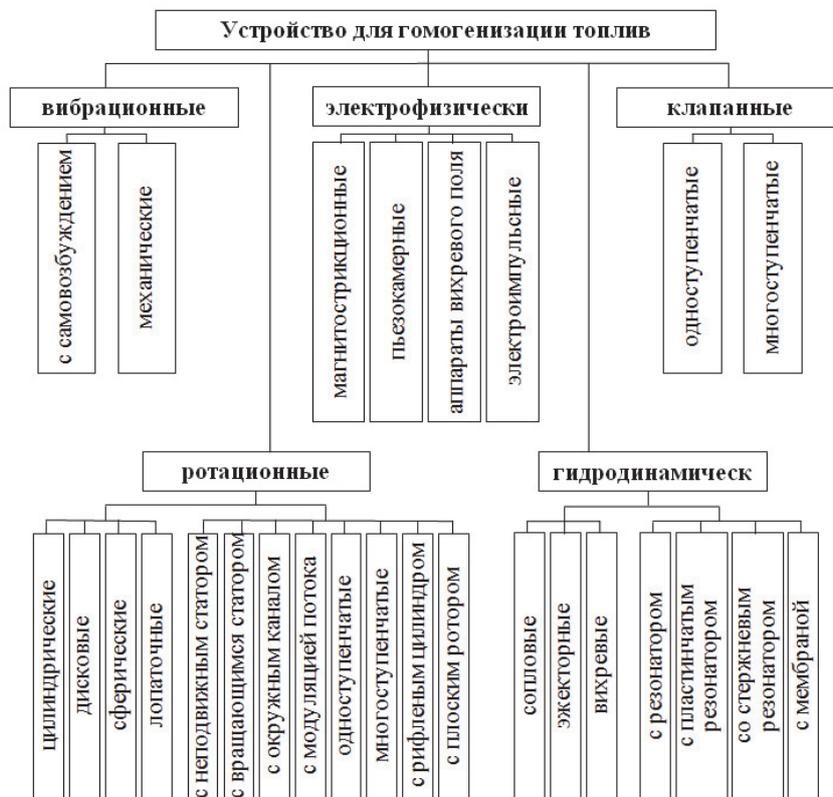


Рисунок 1 – Классификация устройств для гомогенизации топлив

Перспективными в нефтеперерабатывающей промышленности для обработки значительных объемов топлива считаются гомогенизаторы на основе электрофизических принципов генерирования ультразвуковой волны и достижения развитой кавитации. Электрофизические способы обработки позволяют получить наиболее стойкие мелкодисперсные смеси углеводородов.

К основным недостаткам такого типа смесителей относятся:

высокая стоимость оборудования; использование для работы токов высокой частоты при высоком напряжении; затраты на обработку топлива в вихревом слое для очистки перед использованием.

Ротационные и вибрационные гомогенизаторы нашли широкое применение на судах морского флота с дизельными энергетическими установками. При несомненной эффективности гомогенизаторов их проблемным вопросом является значительный расход энергии на обеспечение работы электроприводов [6]. Кроме того, рабочие органы смесителей, подвергающиеся значительным нагрузкам, необходимо исполнять из дорогостоящих материалов.

Гидродинамические гомогенизаторы наиболее просты и дешевы в эксплуатации. В них достигается обработка больших объемов топлива и однородность его при невысоких рабочих давлениях, порядка 5-8 кг/см<sup>2</sup>. Удельный расход энергии на тонну обрабатываемого топлива составляет не более 0,5-1,0 кВт/т. Существенный недостаток гидродинамических гомогенизаторов – относительно низкое качество обработки топлива, получаемые смеси которого недостаточно стабильны.

Отечественная и зарубежная практика использования гомогенизаторов различных типов показала, что наиболее просты в эксплуатации, надежны и долговечны в сочетании с высокой эффективностью обработки топлив гидродинамические гомогенизаторы [7].

Многочисленные исследования показали, что эффективность возрастает при установке гомогенизаторов на всех участках топливоподготовки от приема на борт судна до утилизации нефтеотходов [7].

Изучение существующих конструктивных схем систем улучшения качества топлива гомогенизацией, конструкций гомогенизаторов и физических принципов их работы позволило определить, что главным недостатком предлагаемых решений являются необходимость включения в топливную систему энергетической установки дополнительного оборудования и дополнительных источников энергии. Это требует значительных конструктивных доработок уже существующих систем и усложнения разрабатываемых, а также связанных с этим существенных затрат на фактическую реализацию. При оценке повышения экономичности энергетической установки снижается суммарный экономический эффект от внедрения системы [7].

Общим для всех решений является необходимость прокачки обрабатываемого топлива через гомогенизирующее устройство, то есть при рассмотрении потоков энергии и вещества гомогенизирующей системы [8] можно выделить: в качестве вещества - перекачиваемое топливо; в качестве энергии - энергию потока топлива. В соответствии с классификацией гомогенизирующих устройств (рисунок 1) только энергию потока топлива при работе используют клапанные, вибрационные и гидродинамические гомогенизаторы.

В свою очередь источниками гидродинамической энергии потока топлива являются сами топливные системы энергетической установки. К ним относятся система приема-перекачки топлива и топливная система энергетической установки. Система приема-перекачки топлива может быть разбита на две самостоятельные системы: систему пополнения расходных топливных цистерн (которые организационно входят в топливную систему энергетической установки), и систему приема и перекачки топлива в запасные топливные цистерны.

Выполнение требований по стандартизации и унификации оборудования ведет к применению в топливных системах энергетической установки топливных насосов с повышенной мощностью.

Топливная система энергетической установки располагает значительным запасом энергии потока топлива на всех режимах работы энергетической установки. При этом составляющая потеря на дросселирование на один порядок выше потерь на трение. Минимум запаса энергии потока топлива соответствует номинальному режиму работы энергетической установки. Этому режиму соответствуют максимальная величина потери энергии потока на трение и минимальная величина потерь энергии потока на дросселирование.

Из этого можно сделать вывод, что срабатывание части запаса энергии потока топлива обеспечит повышение КПД топливной системы энергетической установки на всех нагрузках работы установки и работу смесителя-гомогенизатора, использующего для работы энергию потока

топлива. Снижение величины запаса энергии движущейся жидкости в начале трубопровода может быть достигнуто установкой дополнительного гидравлического сопротивления, на котором будет срабатываться часть запаса энергии потока.

Анализ количественной характеристики запасов энергии потока топлива в топливных системах показывает, что энергии потока топлива недостаточно для обеспечения работы клапанных и вибрационных гомогенизаторов. Для работы клапанных гомогенизаторов требуется значительный уровень потенциальной энергии потока топлива, превосходящий для топливной системы энергетической установки в пять раз располагаемый запас. Для работы вибрационных гомогенизаторов требуется значительная кинетическая энергия потока, соответствующая скоростям течения при  $Re > 10000-12000$ . тогда как практически все топливные системы работают в пределах  $Re = 200-4500$  [9].

Выявленные запасы энергии потока топлива могут обеспечить работу гидродинамического смесителя-гомогенизатора, имеющего наименьшую энергоемкость на единицу массы обрабатываемого топлива.

Выбору такого типа гомогенизаторов в значительной мере способствуют: во-первых, расходная характеристика топливных насосов  $Q_{нас} = const$ , что позволяет выполнить смеситель все-режимным, обеспечивающим работу энергетической установки на любой нагрузке; во-вторых, приемлемый уровень дисперсности обработанного топлива.

Вывод

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что топливная система энергетической установки обладает значительным запасом потенциальной энергии потока топлива, для обеспечения работы смесителя-гомогенизатора гидродинамического типа достаточно выявленных запасов энергии потока топлива. Выбору такого типа гомогенизаторов способствует наличие участков топливных систем с расходной характеристикой  $Q_{топл} = const$ .

Таким образом, повышение показателей качества топлива путем использования гомогенизатора позволит уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Живлюк Г.Е., Петров А.П. Экологическая безопасность судовых ДВС. Выбор эффективного способа соответствия новым требованиям 2020 г. По выбросам серы // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2019. №4.

2 Новые правила ИМО 2020 и страхование морских рисков, [Электронный ресурс] : Производственные отраслевые итоги полугодия // Журнал «Нефтегазовая Вертикаль» - Режим доступа : [http://www.ngv.ru/magazines/article/novyuy-reglament-imo-2020/news/ssha\\_vnov\\_ugrozhayut\\_sanktsiyami\\_po\\_severnomu\\_potoku\\_2/](http://www.ngv.ru/magazines/article/novyuy-reglament-imo-2020/news/ssha_vnov_ugrozhayut_sanktsiyami_po_severnomu_potoku_2/) (26.01.2021).

3 Безюков О. К., Жуков В. А., Яценко О. И. Газомоторное топливо на водном транспорте // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. 2014. №6 (28).

4 Селиверстов В. М., Иванов И. А., Водопьянов И. А. Очистка топлива на речном флоте. – М. : Транспорт, 1986. – 223 с.

5 Кушниренко К.Ф. Краткий справочник по горючему. – М.: Воениздат. 1979. – 381 с.

6 Волосатов О.С. Сравнительные испытания системы динамического смешения топлива UU-A2H2 и смесителя соплового ССТ-1,4 // Эксплуатация энергетических установок и топливоиспользования на судах. –М.: Транспорт. 1991. С. 158-162.

7 Волосатов О.С. Гомогенизация - итоги последнего десятилетия. Перспективы. // Эксплуатация энергетических установок и топливоиспользования на судах. – М.: Транспорт. 1991. С. 163-165.

8 Щепетов Е.Г. Теория решения инженерных задач: Алгоритм решения изобретат. задач. – Челябинск : Челяб. ПТИ, 1982. – 82 с.

9 Лоскутов В.В., Хордас Г.С. Гидравлические расчеты судовых систем. – Л.: Судпромгиз. 1963. – 312 с.

## CAE АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА МАЛОРАЗМЕРНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С S-ОБРАЗНЫМИ ЛОПАТКАМИ

### CAE ANALYSIS OF THE STRUCTURAL STRENGTH OF THE IMPELLER OF A SMALL-SIZED CENTRIFUGAL PUMP WITH S-SHAPED BLADES

Аннотация. В статье проведён анализ прочности конструкции рабочего колеса малоразмерного центробежного насоса, у которого типовые цилиндрические лопатки заменены на лопатки S-образной формы. Такая замена сопровождается повышением коэффициента напора насоса, но теоретически снижает прочность конструкции лопатки из-за появления участка перегиба лопатки в месте сопряжения 2-х цилиндрических образующих. CAE анализ теоретической прочности конструкции позволил сделать вывод о том, что исследованная конструкция рабочего колеса имеет приемлемую прочность.

Abstract. The article analyzes the structural strength of the impeller of a small-sized centrifugal pump, in which the typical cylindrical blades are replaced with S-shaped blades. Such a replacement is accompanied by an increase in the pump head coefficient, but theoretically reduces the structural strength of the blade due to the appearance of the blade inflection area at the junction of 2 cylindrical generators. CAE analysis of the theoretical strength of the structure allowed us to conclude that the investigated impeller design has an acceptable strength.

Ключевые слова: малоразмерный центробежный насос, S-образная лопатка, анализ прочности.

Keywords: small centrifugal pump, S-shaped blades, strength analysis.

Малоразмерные центробежные насосы (МЦН) часто используются в различных системах космических аппаратов [1, 2]. К ним предъявляются жёсткие ограничения по массе и габаритам. Конструкция рабочих колёс (РК) МЦН должна быть тонкостенной, с приемлемым запасом прочности. Лопатки РК МЦН, в основном, выполняют в виде цилиндрических поверхностей, обладающих достаточной прочностью при толщине лопаток до 0,8...1,0 мм, см. рисунок 1 а. Альтернативой цилиндрическим являются S-образные лопатки. Их преимущество – повышенный коэффициент напора насоса [3], недостаток – снижение прочности из-за появления зоны перегиба по линии сопряжения 2-х цилиндрических поверхностей, см. рисунок 1 б.

Т.к. в течение всего времени эксплуатации МЦН на лопатки РК действуют два силовых фактора: центробежная сила, обусловленная вращением РК, а также перепад статического давления в окружном и радиальном направлениях, то становится актуальной оценка прочности конструкции РК с S-образными лопатками.



Рисунок 1 – Варианты рабочего колеса МЦН с 2-мя типами лопаток  
а – цилиндрические лопатки, б – S-образные лопатки

Объектом анализа стала конечно-элементная модель рабочего колеса, сформированная в CAD/CAM/CAE-системе компании Siemens PLM Software – NX 10 [4, 5]. Указанное программное обеспечение позволяет провести детальную визуализацию конструкции и оценить теоретическую прочность конструкции рабочего колеса МЦН с S-образными лопатками.

Для анализа напряжений в конструкции РК с S-образными лопатками, были заданы следующие конструктивные параметры. Тип рабочего колеса – закрытое РК, снабжённое основным и покрывным дисками. Геометрические параметры и материал: диаметр входа в межлопаточные каналы 20 мм, диаметр выхода из межлопаточных каналов 40 мм, высота лопаток 4 мм, толщина лопаток 1 мм. Материал – Aluminum A356. Характеристики материала, использованные в расчётах, представлены в таблице 1.

При создании анализа рабочего колеса использовалась тетраэдральная сетка с шагом 0,5 мм, см. рисунок 2.

Граничные условия состояли в следующем:

– тело РК рассматривалось, как «Цилиндрический шарнир» со свободным радиальным увеличением и фиксированным осевым вращением,

– силовое поле имело составляющие: нагрузка «Давление» на напорную сторону S-образных лопаток – 100 кПа и нагрузка «Вращение» – угловую частоту вращения  $\omega = 125,66 \text{ с}^{-1}$ , что соответствует числу оборотов  $n = 1200 \text{ об/мин}$ .

Таблица 1 – Характеристики Aluminum A356

| Наименование                     | Обозначение | Значение             | Единица измерения |
|----------------------------------|-------------|----------------------|-------------------|
| Плотность                        | $\rho$      | 2670                 | кг/м <sup>3</sup> |
| Модуль Юнга                      | $E$         | 70000                | МПа               |
| Коэффициент Пуассона             | $\mu$       | 0,33                 | -                 |
| Предел текучести                 | $\sigma_T$  | 229                  | МПа               |
| Предел прочности                 | $\sigma_B$  | 263                  | МПа               |
| Модуль пластичности              | $H$         | 463,051              | МПа               |
| Коэффициент теплового расширения | $\beta$     | $2,14 \cdot 10^{-5}$ | 1/°C              |
| Теплопроводность                 | $\lambda$   | 151                  | Вт/(м·К)          |
| Удельная теплоемкость            | $c_p$       | 963                  | Дж/(кг·К)         |

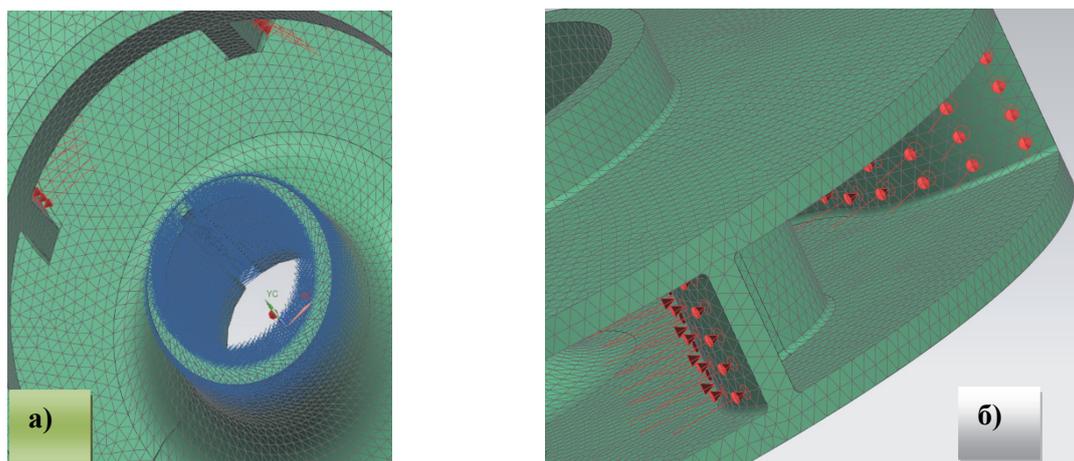


Рисунок 2 – Визуализация наложенных нагрузок  
а – вращение, б – давление (красные точки)

Основные результаты, полученные на основе CAE анализа прочности конструкции рабочего колеса МЦН с лопатками S-образной формы, состоят в следующем.

Наибольшее напряжение по элементам/узлам (эквивалентное напряжение по Мизесу) составило 6,677 МПа. Участки наибольшего напряжения в конструкции расположены в 2-х зонах сопряжения элементов конструкции РК: втулки и дисков рабочего колеса, а также лопаток и дисков РК, см. цветовую шкалу на рисунке 3.

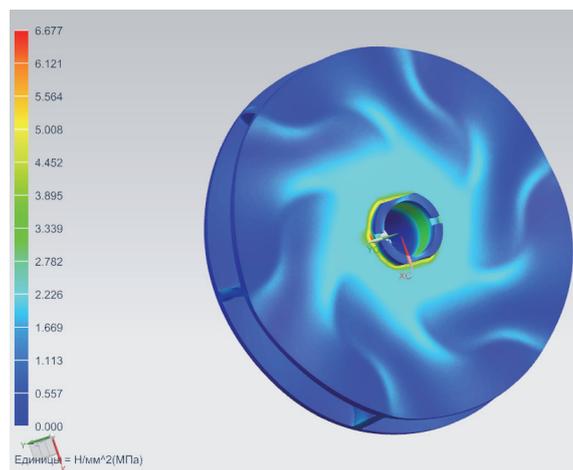


Рисунок 3 – Распределение напряжений по элементам/узлам

Выводы:

1 Зону сопряжения S-образных лопаток с дисками рабочего колеса можно отнести к наиболее нагруженной зоне.

2 Распределение максимальных напряжений указывает на приемлемый запас прочности конструкции. Максимальные напряжения в РК с S-образными лопатками указанного материала не превышают предела текучести.

3 При использовании материала Aluminum A356 конструкция рабочего колеса отвечает требованиям по прочности к устройствам космического базирования.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Феокистов, К. П. Космические аппараты / К. П. Феокистов. – Москва: Воениздат, 1983. – 319 с.

2 Бобков, А. В. Центробежные насосы систем терморегулирования космических аппаратов / А. В. Бобков. – Владивосток: Дальнаука, 2003. – 205 с.

3 А.С. 714053 СССР, МКИ<sup>3</sup> F 04 D 29/22. Рабочее колесо центробежного насоса / П. Р. Хлопенков (СССР). – № 2570176/25-06; заявл. 11.01.78; опубл. 10.02.80, Бюл. №5. – 2 с.: ил.

4 Данилов, Ю. Практическое использование NX / Ю. Данилов, И. Артамонов. – Москва: ДМК-Пресс, 2011. – 332 с.

5 Малюх, В. Н. Получение реалистичных изображений в bCAD / В. Н. Малюх // САПР и графика, 1998, № 6. – С. 4-13.

УДК 681.51

Кузнецов Николай Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой; Kuznetsov Nikolay Vladimirovich

Зайцева Юлия Сергеевна, аспирант; Zaitceva Iuliia Sergeevna

Андриевский Борис Ростиславич, доктор технических наук, доцент; Andrievsky Boris

Кудряшова Елена Владимировна, доктор физико-математических наук,

ведущий научный сотрудник; Kudryashova Elena Vladimirovna

Кузнецова Ольга Александровна, доктор физико-математических наук,

главный научный сотрудник; Kuznetsova Olga Aleksandrovna

Санкт-Петербургский государственный университет, Институт проблем машиноведения РАН

#### **СКРЫТЫЕ КОЛЕБАНИЯ В АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЕ ПОДАВЛЕНИЯ ФЛАТТЕРА**

#### **HIDDEN OSCILLATIONS IN ADAPTIVE FLUTTER SUPPRESSION SYSTEM**

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию возможности появления и локализации скрытых колебаний в системе адаптивного подавления изгибно-крутильного флаттера крыла. В алгоритме управления, построенного в виде модифицированного адаптивного регулятора с неявной эталонной моделью, используются измерения угла кручения крыла и его производной в

условиях ограничений на отклонение управляющей поверхности и квантование управления по времени. Анализ системы показал наличие скрытых аттракторов и позволил провести их локализацию. Результаты представлены в виде переходных процессов и фазовых траекторий по углу кручения и его производной по времени.

Abstract. This work is devoted to the study of the possibility of the appearance and localization of hidden vibrations in the system of adaptive suppression of the flexural-torsional flutter of the wing. The control algorithm, built in the form of a modified adaptive controller with an implicit reference model, uses measurements of the wing torsion angle and its derivative under conditions of limited deviation of the control surface and time sampling. Analysis of the system demonstrated the presence of hidden attractors and made it possible to localize them. The results are presented in the form of transients and phase trajectories in terms of the torsion angle and its time derivative.

Ключевые слова: скрытые колебания, адаптация, насыщение, нелинейность, дискретизация, воздушное судно.

Keywords: hidden oscillations, adaptation, saturation, nonlinearity, sampling, aerial vehicle.

**Введение.** Во избежание нежелательных режимов работы в инженерной практике исследуют границы и запасы глобальной устойчивости систем. Действующие на систему внешние возмущения могут негативно влиять на ее работу, приводя иногда к аварийным режимам. Так, в [1] показано, что полученная в моделировании системы управления самолетом устойчивость не всегда гарантирует те же результаты в физической системе. В этой связи становится важным более глубокое изучение систем, которому отвечает теория скрытых колебаний [2]. Особенно это актуально при управлении летательными аппаратами (ЛА), где недопустимы колебательные режимы со значительной амплитудой.

Распространенной проблемой при достижении устойчивости систем управления ЛА является флаттер его органов управления, который возникает в гибких конструкциях под действием аэродинамических сил [3,4]. При этом существует предел скорости воздушного потока, окружающего ЛА, при котором демпфирование конструкции недостаточно. Подавлению флаттера посвящен ряд статей, где предлагаются различные методы управления с обратной связью. Так, в [5] предлагается простое адаптивное управление низкого порядка с неявной эталонной моделью (НЭМ). Такой подход позволяет использовать низкий порядок эталонной модели, даже если уравнения объекта управления имеют высокий порядок, либо он не известен. Также адаптивный регулятор с НЭМ подходит для использования в задачах стабилизации. В настоящей работе синтез этого регулятора развивается для системы с насыщением привода управляющей поверхности и квантованием управления.

**Модель изгибно-крутильного флаттера крыла.** В ветровом потоке крыло совершает маховые движения, в результате чего периодически изменяется прогиб и угол закручивания каждого сечения крыла. Уравнения изгибно-крутильного движения плоского крыла записывается в виде [6]:

$$\begin{bmatrix} I_a & m_w x_{\alpha b} \\ m_w x_{\alpha b} & m_t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \ddot{\alpha} \\ \ddot{h} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_a & 0 \\ 0 & c_h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{\alpha} \\ \dot{h} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} k_a(\alpha) & 0 \\ 0 & k_h(h) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} M \\ -L \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где  $L$  – подъемная сила;  $M$  – крутящий момент;  $m_t$  – полная масса основного крыла и поддерживающей конструкции;  $m_w$  – масса основного крыла;  $x_{\alpha}$  – безразмерное расстояние между центром масс и осью изгиба;  $I_a$  – момент инерции;  $b$  – средняя хорда крыла;  $c_a$  и  $c_h$  – коэффициенты демпфирования по изгибу и углу тангажа;  $k_h(h)$  и  $k_a(\alpha)$  – коэффициенты жесткости крыла по изгибу и углу тангажа, так что  $k_a(\alpha)$  определяется выражением [6]:

$$k_a(\alpha) = k_1 \alpha + k_2 \alpha^2.$$

**Адаптивное управление с НЭМ.** В [5] используется следующий пропорционально-дифференциальный адаптивный закон управления с НЭМ для подавления флаттера:

$$u(t) = k_p(t)\alpha(t) + k_d(t)\dot{\alpha}(t), \quad (2)$$

$$\sigma(t) = \dot{\alpha}(t) + g_0\alpha(t), \quad (3)$$

где  $u$  – управление;  $k_p$  и  $k_d$  – настраиваемые параметры регулятора;  $\alpha$  – угол атаки;  $\sigma$  – рассогласование;  $g_0$  – коэффициент, неявно выражающий динамику эталонной модели. На основе метода пассивации [7,8] следует следующая структура алгоритма адаптации [9]:

$$\dot{k}_p(t) = \gamma\sigma(t)\alpha(t) - \lambda(k_p(t) - k_p^0), \quad k_p(0) = k_p^0, \quad (4)$$

$$\dot{k}_d(t) = \gamma\sigma(t)\alpha(t) - \lambda(k_d(t) - k_d^0), \quad k_d(0) = k_d^0, \quad (5)$$

где  $\gamma > 0$  – усиление алгоритма адаптации;  $\lambda \geq 0$  – коэффициент параметрической обратной связи. В дискретной форме уравнения (2)-(5) можно записать в следующем виде:

$$\sigma[n] = \tau\dot{\phi}[n] + e[n], \quad (6)$$

$$\tilde{k}_p[n] = k_p[n-1] + T_0(\gamma\sigma[n]\alpha[n] - \lambda(k_p[n-1] - k_p^0)), \quad (7)$$

$$\tilde{k}_d[n] = k_d[n-1] + T_0(\gamma\sigma[n]\dot{\alpha}[n] - \lambda(k_d[n-1] - k_d^0)), \quad (8)$$

$$\tilde{u}[n] = -(\tilde{k}_p[n]\alpha[n] + \tilde{k}_d[n]\dot{\alpha}[n] - \nu \cdot \text{sign}(\sigma[n])), \quad (9)$$

| если $ \tilde{u}[n]  \geq \bar{u}$ :       | если $ \tilde{u}[n]  < \bar{u}$ : |
|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| $u[n] = \bar{u} \text{sign} \tilde{u}[n],$ | $u[n] = \tilde{u}[n],$            |
| $k_p[n] = k_p[n-1],$                       | $k_p[n] = \tilde{k}_p[n],$        |
| $k_d[n] = k_d[n-1],$                       | $k_d[n] = \tilde{k}_d[n],$        |

где  $n$  – дискретное время;  $T_0$  – интервал выборки.

**Результаты моделирования.** Моделирование работы алгоритма (6)-(9) для динамики крыла (1) проведено при следующих численных параметрах:  $g_0 = 1,5$ ,  $\gamma = 5 \cdot 10^3$ ,  $\lambda = 5$ ,  $k_p^0 = 0,1$ ,  $k_d^0 = 0,1$  с,  $\Delta = 0,05$ . Для  $\frac{1}{T_0} \in \{75, 100, 200, 400\}$  Гц угол поворота крыла показан на рис. 1.

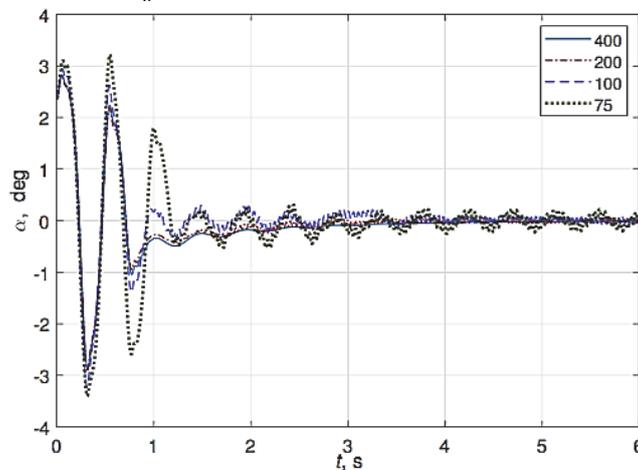


Рисунок 1 – Переходные процессы для угла закручивания крыла

Анализ адаптивной системы в условиях ограничения управляющей поверхности выявил наличие скрытых колебаний при  $\alpha(0) = 0,0458$ ,  $h(0) = 0,021$ , либо  $\alpha(0) = 0,0447$ ,  $h(0) = 0,0205$ .

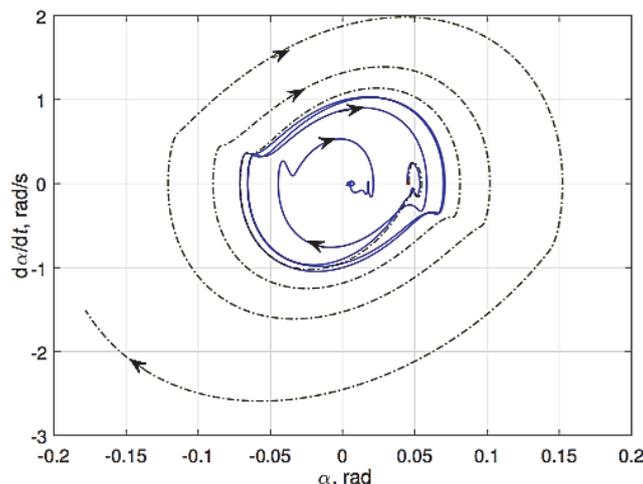


Рисунок 2 – Фазовый портрет в подпространстве  $(\alpha, \dot{\alpha})$

**Заключение.** Основным результатом работы является синтез алгоритма адаптивного подавления флаттера крыла с учетом инерционности привода, ограничений отклонения рулей и квантования управления. Представлены результаты компьютерного моделирования адаптивной системы с цифровым законом адаптивного подавления изгибно-крутильного флаттера крыла. Проведен анализ возникновения скрытых колебаний и их локализация.

Работа выполнена при поддержке проекта Ведущие научные школы РФ (НШ-4196.2022.1.1), гранта Санкт-Петербургского университета Pure ID 75207094, Team Finland Knowledge programme (163/83/2021).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Кузнецов Н. В. Теория скрытых колебаний // Тр. XIII Всероссийск. совещ. по проблемам управления ВСПУ-2019. М.: ИПУ, 2019. С. 103-107.
- 2 Кузнецов Н. В. Теория скрытых колебаний и устойчивость систем управления // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2020. №5. С. 5-27.
- 3 Андриевский Б. Р., Кузнецов Н. В., Кудряшова Е. В., Кузнецова О. А. Крутильно-изгибный флаттер крыла: математические модели, исследование и предотвращение. Обзор // Дифференциальные уравнения и процессы управления. 2021. № 4. URL: <https://diffjournal.spbu.ru/pdf/21406-jdescr-andrievsky.pdf> (дата обращения: 10.03.2022).
- 4 Гроссман Е. П., Кричевский С. С., Борин А. А. К вопросу о потере устойчивости конструкции крыла в полете // Труды ЦАГИ. 1935. Т. 202.
- 5 Andrievsky B., Kudryashova E., Kuznetsov N., Kuznetsova O., Leonov G. Simple Adaptive Control for Airfoil Flutter Suppression // Mathematics in Engineering, Science and Aerospace. 2018. Vol. 9, no. 1. P. 5-20.
- 6 Chen C.-L., Peng C.C., Yau H.-T. High-order Sliding Mode Controller with Backstepping Design for Aeroelastic Systems // Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2012. Vol. 17, no. 4. P. 1813-1823.
- 7 Фрадков А.Л. Синтез адаптивной системы стабилизации линейного динамического объекта // Автоматика и телемеханика. 1974. № 12. С. 96-103.
- 8 Fradkov A. Quadratic Lyapunov Functions in the Adaptive Stability Problem of a Linear Dynamic Target // Sib Math J. 1976. Vol. 17, no. 2. P. 341-348.
- 9 Peaucelle D., Fradkov A., Andrievsky B. Passification-based Adaptive Control of Linear Systems: Robustness Issues // Intern. J. of Adaptive Control and Signal Processing. 2008. Vol. 22, no. 6. P. 590-608.

УДК 681.51

Кузнецов Николай Владимирович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой; Kuznetsov Nikolay Vladimirovich  
Зайцева Юлия Сергеевна, аспирант; Zaitceva Iuliia Sergeevna  
Андриевский Борис Ростиславич, доктор технических наук, доцент; Andrievsky Boris  
Кудряшова Елена Владимировна, доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник; Kudryashova Elena Vladimirovna  
Кузнецова Ольга Александровна, доктор технических наук, главный научный сотрудник; Kuznetsova Olga Aleksandrovna  
Санкт-Петербургский государственный университет, Институт проблем машиноведения РАН

#### **ПОДАВЛЕНИЕ СКРЫТЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПИЛОТИРУЕМОЙ ПОСАДКЕ ВОЗДУШНОГО СУДНА МЕТОДОМ НЕЛИНЕЙНОЙ КОРРЕКЦИИ**

#### **SUPPRESSION OF HIDDEN OSCILLATIONS DURING A PILOTED AIRCRAFT LANDING BY THE NONLINEAR CORRECTION METHOD**

Аннотация. Доклад посвящен исследованию и подавлению скрытых колебаний при управлении высотой полета пилотируемых летательных аппаратов. Активные действия пилота при посадке могут привести к насыщению привода руля по скорости и вследствие ошибочной реакции пилота вызвать появление скрытых колебаний самолета (так называемых индуцированных пилотом колебаний). Методы анализа устойчивости линейных систем не позволяют выявить неустойчивые состояния, существующие в таких неавтономных нелинейных системах, будучи «скрытыми» для них. Для подавления скрытых колебаний при посадке пилотируемого самолета в докладе предлагается использовать метод нелинейной коррекции, а также учитывать влияние техники пилотирования на процесс управления.

Abstract. The talk is devoted to research and suppression of hidden oscillations in manned aircraft flight altitude control. Active action from the pilot during landing can lead to saturation in the speed of the steering surface drive, and due to the erroneous reaction of the pilot, cause the appearance of hidden oscillations of the aircraft (the so-called pilot induced oscillations). Methods for analyzing the stability of linear systems do not allow one to reveal the unstable states that exist in such non-autonomous nonlinear systems, being "hidden" for them. To suppress hidden oscillations during a manned aircraft landing, in this talk it is proposed to use the nonlinear correction method, as well as to take into account the influence of the piloting technique on the control process.

Ключевые слова: модель пилота, насыщение привода, управление высотой, порыв ветра, снижение, компенсация фазы.

Keywords: pilot model, actuator saturation, height control, wind gust, descending, phase compensation.

**Введение.** В нелинейных неавтономных системах помимо устойчивого решения при различных внешних воздействиях могут возникать неустойчивые решения, описывающие колебательные или расходящиеся процессы. Наличие скрытых аттракторов, область притяжения которых не содержит окрестностей состояния равновесия, затрудняют анализ устойчивости и требует применения специальных численных методов [1,2]. Их выявление является важной задачей для инженерных систем, где недопустимы неустойчивые и колебательные режимы работы. К таким системам относятся пилотируемые воздушные суда (ВС).

К наиболее ответственным этапам управления ВС относятся задачи взлета и посадки, когда от пилота требуется повышенное внимание и обеспечение точности управляемых координат. Известен ряд катастроф при посадке, связанных с неуправляемым колебательным движением ВС по причине неправильного синтеза закона управления [3,4] и негативного влияния нелинейного эффекта насыщения скорости привода управляющих рулей [5]. Для предотвращения колебательных режимов в пилотируемых системах предложены различные подходы, основными из которых можно выделить метод последовательной коррекции и анти-виндап коррекции [6,7]. Однако в этих работах модель пилота описывается в простейшей форме – в виде статического коэффициента усиления, тогда как в реальности в таких задачах управления пилот демонстрирует более сложное поведение. В этой связи, в работе ставится задача подавления скрытых колебаний в нелинейной неавтономной системе пилотирования при посадке с учетом модели пилота Макруера.

**Математическое описание пилотируемого контура управления высотой.** Контур управления полетом состоит из моделей пилота, привода управляющей поверхности и ВС. Каждый блок описывается следующими дифференциальными уравнениями с постоянными коэффициентами. Линеаризованные уравнения динамики продольного движения ВС имеют вид [8]:

$$\begin{cases} \dot{\alpha}(t) = \omega_z(t) - a_1(\alpha(t) + \alpha_w(t)) \\ \dot{\omega}_z(t) = -a_2(\alpha(t) + \alpha_w(t)) - a_3 \cdot \omega_z(t) - a_4 \cdot \delta_B(t) \\ \dot{\vartheta}(t) = \omega_z(t) \\ \dot{H}(t) = V \cdot \theta(t), \end{cases} \quad (1)$$

где  $\alpha$  – угол атаки;  $\omega_z$  – угловая скорость тангажа;  $\vartheta$  – угол тангажа;  $a_1, a_2, a_3, a_4$  – коэффициенты нормальной силы, флюгерности, собственного демпфирования и эффективности рулей, соответственно;  $\theta = \vartheta - \alpha$ ,  $\theta$  – угол наклона траектории;  $\delta_B$  – угол отклонения рулей;  $H$  – высота полета;  $V$  – линейная скорость ВС;  $W$  – вертикальная скорость ветра;  $\alpha_w = W/V$ .

Динамика привода описывается следующими уравнениями с запаздыванием [8]:

$$\begin{cases} \dot{\delta}_B(t) = \text{sat}\left(\frac{1}{T} e_\delta(t)\right) \\ e_\delta(t) = u(t - \tau_a) - \delta_B(t), \end{cases} \quad (2)$$

где  $T$  – постоянная времени;  $\tau_a$  – время запаздывания;  $u$  – сигнал на входе привода;  $\text{sat}$  – функция насыщения.

При исследовании объекта управления с постоянными параметрами используют приближенную линейную модель пилота, которая с достаточной точностью описывает его поведение в наиболее важном диапазоне средних частот [9,10]:

$$T_I \dot{u}_p + u_p = K_p (T_L \dot{e}(t - \tau_p) + e(t - \tau_p)), \quad (3)$$

где  $T_I$  и  $T_L$  – постоянные времени опережения и запаздывания;  $u_p$  – сигнал, подаваемый пило-

том, на управляющий привод;  $K_p$  – коэффициент усиления пилота;  $\tau_p$  – нейромускулярная постоянная времени;  $e$  – рассогласование между фактическим и входным сигналом.

В [10] описываются свойства пилота к адаптации в отношении к переменным задачи и стремлению управлять таким образом, чтобы получить оптимальный контур. Эти способности пилота численно отражаются в параметрах его модели (3). Для определения численных значений  $K_p$ ,  $T_L$ ,  $T_I$  на этапе компьютерного моделирования в [11,12] предложены алгоритмы их вычисления.

Метод нелинейной коррекции заключается во введении в контур управления специально корректирующего устройства (КУ), позволяющего улучшить динамические характеристики системы [13,14]. Существует большое количество различных КУ, среди которых выделяют класс псевдолинейных КУ. Отличительной особенностью таких устройств является наличие таких нелинейных элементов как модуль, сигнатура, блок умножения, а также линейных фильтров низких частот. Такая структура позволяет корректировать частотные характеристики системы независимо от параметров входного сигнала. Применение КУ в задачах увеличения запасов устойчивости в нелинейных пилотируемых системах показано в работах [15,16]. В данной работе для подавления скрытых колебаний предлагается использовать в контуре управления приводом трехканальное КУ, описание которого дано ниже:

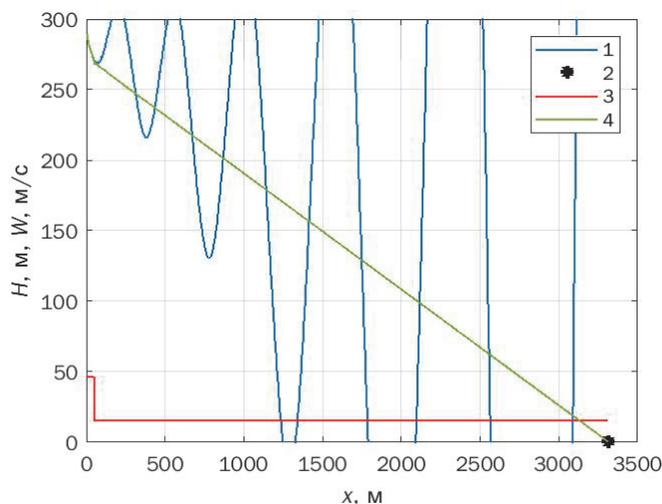
$$\begin{aligned} u_1 &= |u|, \\ u_2 &= \text{sign}(z), \\ z &= W_\phi(s) \cdot u, \\ u_3 &= |\dot{\delta}|/\dot{\delta}_{max}, \\ y &= u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 + u(1 - u_3), \end{aligned} \quad (4)$$

где  $u$  – вход устройства;  $\dot{\delta}$  – скорость привода управляющей поверхности;  $u_1, u_2, u_3$  – сигналы в 1-ом, 2-ом и 3-ем каналах устройства;  $y$  – выход устройства;  $W_\phi(s)$  – передаточная функция фильтра вида:

$$W_\phi(s) = \frac{T_2 s + 1}{T_1 s + 1},$$

где  $s$  – комплексная переменная;  $T_1$  и  $T_2$  – постоянные времени, с помощью которых настраивается величина фазового сдвига сигнала между входом и выходом.

**Результаты моделирования.** Компьютерное моделирование замкнутой системы (1)–(4) проводилось с помощью программ MATLAB/Simulink со следующими численными значениями параметров:  $K_p = 1$  с,  $T_L = 0,49$  с,  $T_I = 0,6$  с,  $a_1 = 4,356$ ,  $a_2 = 3,002$ ,  $a_3 = 12,573$ ,  $a_4 = 29,11$ ,  $T_1 = 0,1$  с,  $T_2 = 1,5$  с,  $V = 50$  м/с,  $\tau_a = 0,17$  с,  $T = 0,07$  с,  $W = 15$  м/с,  $\delta_B \in \{-25 \dots 25\}$  град,  $\dot{\delta}_B = 6 \frac{\text{град}}{\text{с}}$ . Траектории посадки нелинейной системы с КУ (4) и без него с выводом в фиксированную точку показаны на рис. 1.



1 – система без КУ; 2 – точка приземления; 3 – ветровой порыв; 4 – система с КУ

Рисунок 1 – Траектории посадки ВС

Рис. 1 наглядно демонстрирует появление колебаний высоты полета при достижении насыщения величины скорости привода управляющих рулей.

**Заключение.** В результате исследования пилотируемой системы управления полетом показаны численные параметры системы, при которых возникают колебательные движения ВС при посадке. Проведено математическое моделирование системы при изменении параметра нелинейности типа насыщение в модели привода управляющих рулей. Продемонстрирована эффективная работа включенного в контур управления приводом КУ для подавления скрытых колебаний ВС.

Работа выполнена при поддержке проекта Ведущие научные школы РФ (НШ-4196.2022.1.1), гранта Санкт-Петербургского университета Pure ID 75207094, Team Finland Knowledge programme (163/83/2021).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Андриевский Б.Р., Кузнецов Н.В., Кузнецова О.А., Леонов Г.А., Мокаев Т.Н. Локализация скрытых колебаний в системах управления полетом // Труды СПИИРАН. 2016. № 49. С. 5-31.
- 2 Кузнецов Н.В. Теория скрытых колебаний и устойчивость систем управления // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2020. №5. С. 5-27.
- 3 Dornheim M. Report Pinpoints Factors Leading to YF-22 Crash // Aviation Week and Space Technology. 1992. Vol. 137. P.53-54.
- 4 Shifrin C. Sweden Seeks Cause of Gripen Crash // Aviation Week and Space Technology. 1993. Vol. 139. P. 78-79.
- 5 Smith J., Edwards J. Design of Nonlinear Adaptive Filter for Suppression of Shuttle PIO Tendencies // NASA Technical Memorandum. 1980. 81349.
- 6 Андриевский Б.Р., Зайцева Ю.С., Кудряшова Е.В., Кузнецов Н.В., Кузнецова О.А. Обзор методов предотвращения раскачки самолета летчиком // Дифференциальные уравнения и процессы управления. 2020. № 2. С. 131-172.
- 7 Андриевский Б.Р., Кузнецов Н.В., Леонов Г.А. Методы подавления нелинейных колебаний в астатических системах автопилотирования летательных аппаратов // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2017. № 3. С. 118-134.
- 8 Боднер В.А. Системы управления летательными аппаратами. Москва: Машиностроение, 1973. 506 с.
- 9 Ефремов А.В., Оглоблин А.В., Предтеченский А.Н., Родченко В.В. Летчик как динамическая система. Москва: Машиностроение, 1992. 336 с.
- 10 Бюшгенс Г.С., Студнев Р.В. Аэродинамика самолета. Динамика продольного и бокового движения. Москва: Машиностроение, 1979. 352 с.
- 11 Зайцева Ю.С. Настройка параметров динамической модели поведения пилота в контуре управления летательным аппаратом // Научно-техн. вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. Т. 20, № 2. С. 200-205.
- 12 Зайцева Ю.С. Синтез нелинейных корректирующих звеньев для предотвращения колебаний пилотируемых летательных аппаратов // Дифференциальные уравнения и процессы управления. 2021. № 2. С. 101-125.
- 13 Зельченко В.Я., Шаров С.Н. Расчет и проектирование автоматических систем с нелинейными динамическими звеньями. Ленинград: Машиностроение, 1986. 174 с.
- 14 Зельченко В.Я., Шаров С.Н. Нелинейная коррекция автоматических систем. Ленинград: Судостроение, 1981. 167 с.
- 15 Andrievsky B., Kuznetsov N., Kuznetsova O., Leonov G., Seledzhi S. Nonlinear phase shift compensator for pilot-induced oscillations prevention // 2015 IEEE European Modelling Symposium (EMS). 2015. P. 225-231.
- 16 Зайцева Ю.С. Предотвращение колебаний, вызванных летчиком, методом нелинейной коррекции // Труды МАИ. 2021. № 116. С. 14.

УДК 621.12

Кулеш Виктор Анатольевич, доктор технических наук, профессор; Kulesh Victor Anatolevich  
Фам Чунг Хиеп, аспирант; Pham Trung Hiep  
Дальневосточный федеральный университет

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГРУНТОМ СУДОВ С ОДНИМ И ДВУМЯ ФОРШТЕВНЯМИ

### COMPARATIVE ANALYSIS OF INTERACTION WITH THE GROUND OF SINGLE STEM AND TWIN STEM VESSELS

Аннотация. В данной работе представлен сравнительный анализ параметров взаимодействия с грунтом судов с одним и двумя форштевнями с учетом их конструктивных особенностей. Результаты расчетов на основе представленной методики и разработанной программы показали отличие взаимодействия с грунтом судов с одним и двумя форштевнями.

Abstract. This paper presented a comparative analysis of interaction parameters with the ground of single- and twin-stem vessels, taking into account their design characteristics. Results of the calculations on the basis of the presented method and the developed program showed the difference of interaction with the ground of single- and twin-stem vessels.

Ключевые слова: взаимодействие с грунтом, параметры взаимодействия, методика расчета, суда с двумя форштевнями, сравнение параметров.

Keywords: interaction with the ground, interaction parameters, calculation methodology, ships with two stem, comparison of the parameters.

Взаимодействие судов с грунтом в условиях необорудованного берега широко использовалось в прошлом и принесло значимый опыт для проектирования и эксплуатации специализированных судов в данное время.



Рисунок 1 – Примеры судов с двумя и одним форштевнем

В ходе второй мировой войны для транспортировки войск и высадки их на необорудованное побережье использовались десантные корабли (рис. 1 слева). Они имели носовые аппарели и по 2 носовых скега (фальшкиля), которые повышали устойчивость судна в процессе грузовых операций. Гражданские суда с одним форштевнем (рис. 1 справа) также используются для доставки грузов в районы с отсутствием инфраструктуры (причалов) и с большими перепадами уровня моря [2].

Контакты судов с грунтом относят к аварийным сценариям, если они не являются частью планируемой эксплуатации судна. Получаемые повреждения снижают работоспособность судна и могут приводить к выводу из эксплуатации [4]. Исследования параметров взаимодействия судов с грунтом имеют важное значение. Вопрос влияния на них числа килей также важен. К числу судов с 2 килеями относятся и катамараны.

Методика расчета. Судно заданных размеров движется с поступательной скоростью и начальной кинетической энергией. При контакте оно перемещается в горизонтальном и вертикальном направлениях. Кинетическая энергия переходит в другие виды энергии. Параметры движения и посадки судна изменяются вплоть до остановки

Задача решена [1] в квазистатической постановке, колебания и вибрация корпуса не учитываются. Решение сводится к анализу уравнения энергетического баланса во времени

$$m \cdot (1 + \mu) \cdot v_N^2 / 2 = \Delta_N \cdot \Delta d + E_T + E_C + \dots \quad (1)$$

где  $\mu$  – коэффициент присоединённой массы;

$\Delta_N \cdot \Delta d$  – потенциальная энергия всплытия судна;

$E_T$  – энергия преодоления сил трения определена путем интегрирования работы сил трения на соответствующем перемещении

$$E_T = \int_s k_F R_N(s) ds \quad (2)$$

$E_C$  – энергия на разрушение (смятие) грунта оценивается путем интегрирования с определением разрушенного объёма грунта

$$E_C = R_0 \iiint_V F(x, y, z) dx dy dz \quad (3)$$

где  $R_0$  – сопротивление грунта.

Другие затраты энергии (на деформации корпуса, на смещения грунта и т.п.) полагаются малыми. Для решения уравнения (1) необходимы параметры формы корпуса в зоне контакта с грунтом, а также условие, ограничивающее глубину внедрения корпуса в грунт. Условие, ограничивающее глубину внедрения, с учетом угла наклона грунта

$$P \leq R_N \cos \psi_N \quad (4)$$

При этом учитывается формула Правил РС [3], связывающая давления с площадью зоны контакта – А

$$p = 10d_N (1 + 4 / \sqrt{A}) \quad (5)$$

Она позволяет записать условие (4) в виде

$$10d_N (A + 4 \cdot \sqrt{A}) \leq \Delta_N \frac{x \cdot \operatorname{tg} \psi_N - h_z}{7d_N} \cos \psi_N \quad (6)$$

Из условия равенства площадь зоны контакта в функции от  $h_z$  – проекции глубины внедрения на ось Z имеет вид

$$A \cong h_z^2 / (\operatorname{tg} \beta \cdot \sin \psi_N) \quad (7)$$

Для малых интервалов смещения судна  $\Delta x$  – приращение объёма смятия грунта на  $i$ -м шаге

$$\Delta V_i \cong \Delta x \cdot h_{zi}^2 / \operatorname{tg} \beta \quad (8)$$

Методика [1] реализована в виде компьютерной программы «ShipGround» и позволяет определять параметры взаимодействия судов с одним килем. Результаты расчетов опубликованы в работах [1, 5]. Для катамаранов и судов с двумя килями требуется модификация алгоритма и программы.

Модификация включает условие равновесия, при котором суммарная носовая реакция и площадь зоны контакта связаны равенством в формуле (6). Тогда у судов с двумя килями глубина внедрения будет меньше (коэффициент равен  $1/2^{0.5}$ ), но объем смятия соответствует 2 зонам.

Ниже представлены результаты расчетов и сравнения на примере трёх выбранных судов (табл. 1) полагая, что они могут иметь один или два киля-форштевня. Параметры взаимодействия с грунтом даны в табл.2.

Таблица 1 – Характеристики выбранных судов для расчетов

| Наименование    | Размерн. | Судно 1<br>Славянка | Судно 2<br>СПА | Судно 3<br>DCV61 |
|-----------------|----------|---------------------|----------------|------------------|
| Расчетная длина | м        | 18                  | 33,5           | 46               |
| Осадка судна    | м        | 1                   | 1,71           | 2,5              |
| Водоизмещение   | т        | 78                  | 292            | 856              |

Таблица 2 – Параметры взаимодействия

| Параметры               | Размерн. | Значение  |
|-------------------------|----------|-----------|
| Начальная скорость      | уз.      | 1...3     |
| Прочность грунта        | кПа      | 100...500 |
| Коэффициент трения      | -        | 0,6       |
| Угол килеватости        | град.    | 15        |
| Угол поверхности грунта | град.    | 10        |

В табл. 3 и на рис. 2-3 представлены некоторые результаты расчетов. Сравнения для наибольшей скорости движения - 3 узла и средней прочности грунта - 300 кПа (табл. 3) показывают, что число килей практически не влияет на высоту подъема (всплытия) носа. Это связано с тем, что кинетическая энергия в основном (на 80-90%) переходит в потенциальную энергию всплытия. Влияние на величину вертикальной реакции носа незначительно – отличия до 1,5%. Однако, для меньшего судна реакция при наличии 2 килей больше, а у большего судна, наоборот.

Таблица 3 – Составление результатов расчетов (скорость 3 узла)

| Судно | Случай     | Носовая реакция, т | Путь, м      | Высота подъема, м | Время процесса, сек. | Доля энергии всплытия, % | Ускорение $a_x/g$ |
|-------|------------|--------------------|--------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-------------------|
| 1     | 1 киль     | 2,20               | 1,70         | 0,197             | 1,72                 | 78,47                    | 0,085             |
|       | 2 кили     | 2,23               | 1,50         | 0,200             | 1,49                 | 79,57                    | 0,090             |
|       | отличие, % | <b>1,4</b>         | <b>-11,8</b> | <b>1,5</b>        | <b>-13,4</b>         | <b>1,4</b>               | <b>5,9</b>        |
| 2     | 1 киль     | 5,52               | 2,10         | 0,226             | 2,17                 | 83,98                    | 0,066             |
|       | 2 кили     | 5,59               | 1,80         | 0,229             | 1,83                 | 85,03                    | 0,072             |
|       | отличие, % | <b>1,3</b>         | <b>-14,3</b> | <b>1,3</b>        | <b>-15,7</b>         | <b>1,3</b>               | <b>9,1</b>        |
| 3     | 1 киль     | 11,80              | 2,50         | 0,241             | 2,84                 | 89,51                    | 0,057             |
|       | 2 кили     | 11,62              | 2,00         | 0,238             | 2,07                 | 88,16                    | 0,064             |
|       | отличие, % | <b>-1,5</b>        | <b>-20,0</b> | <b>-1,2</b>       | <b>-27,1</b>         | <b>-1,5</b>              | <b>12,3</b>       |

Существенно (более 10%) отличаются пройденный путь и время процесса. У судов с 2 килями и катамаранов значения меньше. При этом с ростом размеров судов отличия нарастают. На рис.2 показаны расчетные траектории смещения и погружения носовых точек относительно поверхности грунта. Глубина внедрения носа в грунт у судов с 1 килем заметно больше.

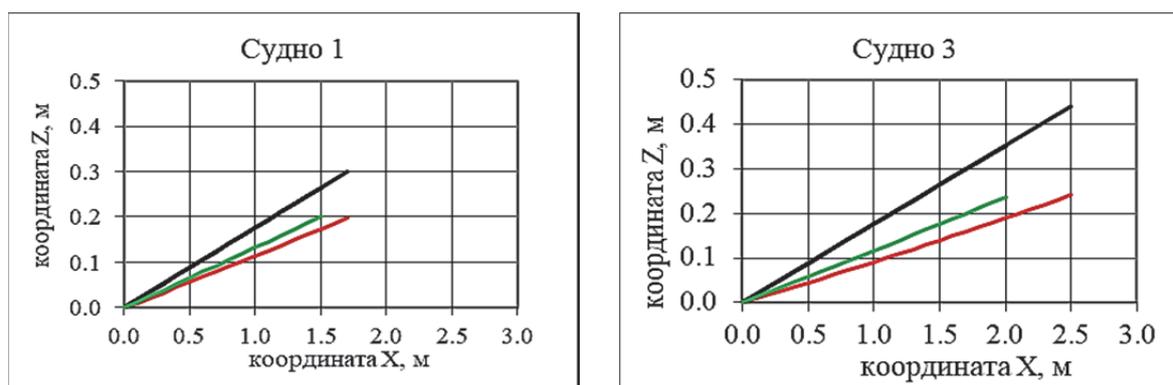


Рисунок 2 – Координаты поверхности грунта и траектории внедрения носа судов с одним и двумя форштевнями

На рис. 3 (слева) показаны изменения вертикальных носовых реакций (в % от водоизмещения) во времени. Период действия нагрузок у судов с одним килем больше, чем у судов с двумя килями. Варьирование сопротивлением грунта в широком диапазоне 100–500 кПа (рис. 3 справа) не выявило существенного влияния как на носовую реакцию, так и на период времени взаимодействия.

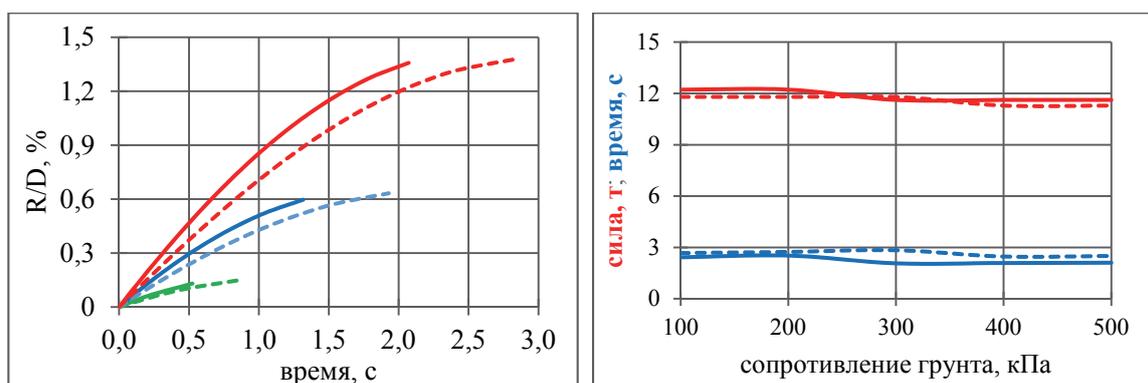


Рисунок 3 – Влияние скоростей (1-2-3 узла, слева) и сопротивления грунта на носовую реакцию и время взаимодействия судов с 1 килем (пунктирные) и 2-мя (для судна 3)

Результаты сравнений показали, что суда с 2 килями и катамараны меньше внедряются в грунт и останавливаются быстрее судов с 1 килем. Таким образом, по силовому фактору (площади импульса взаимодействия) они имеют преимущества. Однако, параметры ускорений у катамаранов будут выше, что следует учитывать в эксплуатации.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кулеш В.А., Фам Чунг Хиеп. Методика расчета параметров взаимодействия судов с грунтом // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2021. № 3(48). С. 39–48.

2 Кулеш В.А., Чунг Хиеп Фам. Специализированные суда и развитие морской инфраструктуры Вьетнама // Вестник Инженерной школы ДВФУ. 2020. № 3(44). С. 60–70.

3 Правила классификации и постройки морских судов. Российский морской регистр судоходства. РМРС. Ч. 17, раздел 15. Требование к судам, эксплуатация которых предусматривает посадку на грунт (суда NAABSA). СПб., 2020. С. 258–269.

4 Суров О.Э., Фам Чунг Хиеп, Воробьева А.С. Внешняя конструктивная защита судов от грунта // Современные технологии в кораблестроительном и авиационном образовании, науке и производстве: сборник докладов Всероссийской научно-практ. конф.; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2021. – 520 с.

5 Фам Чунг Хиеп, Медведев И.М. Исследование параметров взаимодействия судов с грунтом // 68-я международная научно-техническая конференция «Молодежь. Наука. Инновации». Владивосток. 2020. С. 113–117.

УДК 621.735

Мин Ко Хлайнг, аспирант; Min Ko Hlaing

Потянихин Дмитрий Андреевич, кандидат физико-математических наук;

Potianikhin Dmitrii Andreevich

Синельщиков Александр Андреевич, аспирант; Sinelshchikov Aleksandr Andreevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПАТРУБКА ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА РАЗДАЧЕЙ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ТРУБЫ

#### EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATION OF THE FORMATION PROCESS OF AN AIRCRAFT PNEUMATIC-HYDRAULIC SYSTEM BRANCH PIPE BY EXPANDING MIDDLE PART OF THE PIPE

Аннотация. В работе представлены результаты экспериментального исследования и компьютерного моделирования в системе инженерного анализа ANSYS технологического процесса раздачи трубчатой заготовки эластичной средой по жесткой матрице. В экспериментах исследуется зависимость усилия прессования от хода поршня при формообразовании детали на гидравлическом

прессе. Компьютерный анализ напряженно-деформированного состояния детали в процессе формообразования показал удовлетворительное совпадение с экспериментальными данными.  
 Abstract. The paper presents the results of experimental research and computer simulation in the engineering analysis system ANSYS of the technological process of expanding a tubular billet by an elastic medium over a rigid matrix. In the experiments, the dependence of the pressing force on the punch displacement during the shaping of a part on a hydraulic press is investigated. Computer analysis of the stress-strain state of the deformed part during the process of shaping demonstrated satisfactory agreement with the experimental data.

Ключевые слова: обработка металлов давлением, формообразование, раздача трубы, метод конечных элементов.

Keywords: processing of materials by pressure, shaping, pipe expansion, finite element method.

При производстве летательных аппаратов одними из основных способов изготовления деталей являются способы обработки давлением листовых заготовок [1-3]. В пневмогидравлических системах среди таких способов существенный объем занимают операции листовой штамповки трубчатых заготовок. К полученным такими операциями изделиям предъявляются строгие требования. Не допускаются такие дефекты, как волнообразное отклонение поверхности стенок вследствие потери устойчивости, чрезмерные эллипсность, отклонения радиусов перехода от одного диаметра к другому и утонение стенки детали. Детали типа «муфта», «фитинг», «переходник» и ряд других могут быть изготовлены способом раздачи средней части с использованием давления внутреннего наполнителя [4]. Особенностью производства авиационных деталей является широкое применение титановых сплавов. Технологические возможности холодного деформирования титановых сплавов ограничены, поэтому часто применяется нагрев заготовки в процессе деформирования, например, с помощью электротермического воздействия [5]. Однако применение дополнительных способов интенсификации приводит к увеличению себестоимости изделий, поэтому представляется целесообразным более подробно изучить технологические возможности изготовления деталей деформированием в холодном состоянии.

В настоящей работе исследуется процесс раздачи средней части ненагретой трубчатой заготовки из титанового сплава ОТ4. Под раздачей понимается формообразующая операция листовой штамповки, которая заключается в увеличении размеров поперечного сечения части полой заготовки путем одновременного воздействия инструмента по всему её периметру [6]. Процесс исследуется экспериментально и с помощью компьютерного моделирования методом конечных элементов. Целью настоящей работы является построение и анализ модели технологического процесса раздачи средней части трубчатой заготовки, а также проверка адекватности модели путем сравнения с экспериментом.

Оборудование и оснастка для проведения экспериментального исследования представлены на рисунке 1.

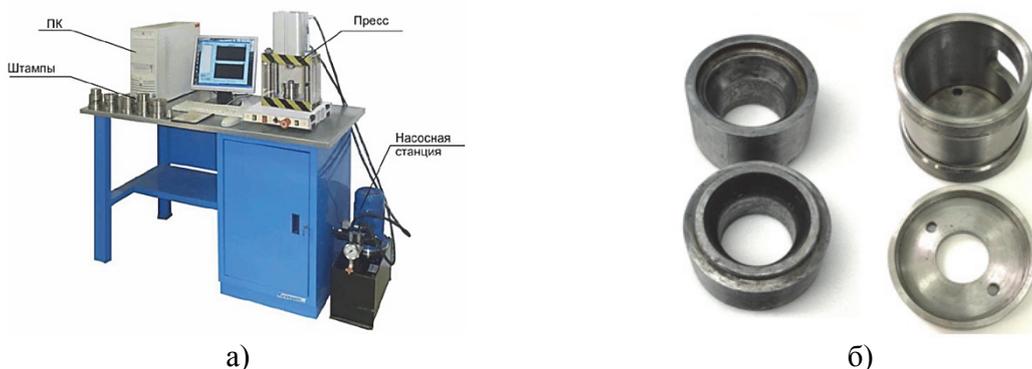
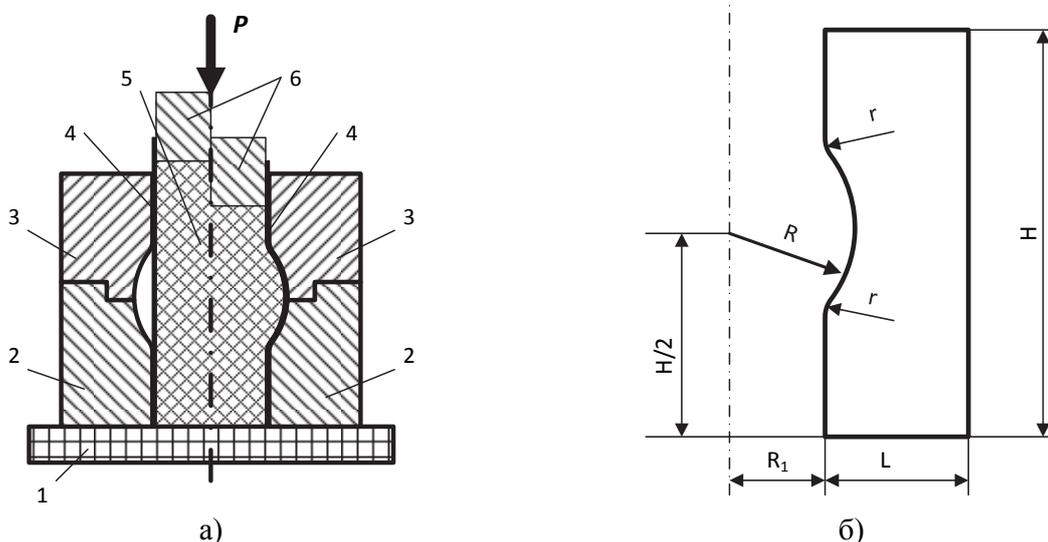


Рисунок 1 – Оборудование и оснастка: установка для экспериментального изучения основных видов штамповки (а) и штамповая оснастка (верхняя и нижняя часть штампа с корпусом) (б)

Схема оснастки представлена на рисунке 2, а. На чертеже приведено осевое сечение. Левая часть соответствует расположению заготовки и оснастки до деформирования, правая часть соответствует максимальному перемещению пуансона прессы. На основание 1 устанавливается разборная матрица, состоящая из нижней части 2 и верхней части 3. Внутри матрицы помещает-

ся трубчатая заготовка 4 и эластичное рабочее тело 5. Пуансон 6, перемещаясь вследствие усилия прессы  $P$ , создает давление через рабочее тело на внутренней стенке трубчатой заготовки. В результате происходит раздача ее средней части. После этого пуансон поднимают вверх, разбирают матрицу и вынимают готовую деталь с рабочим телом.

На рисунке 2, б приведен чертеж половины осевого сечения матрицы, образующая внутренней полости, которой состоит из двух прямолинейных участков, дуги окружности радиуса  $R$  и двух сопряжений в форме дуг окружностей одинакового радиуса  $r$ . Размер  $R_1$  равен внешнему радиусу трубчатой заготовки.



1 – основание; 2 – нижняя часть матрицы; 3 – верхняя часть матрицы; 4 – трубчатая заготовка; 5 – рабочее тело; 6 – пуансон

Рисунок 2 – Схема раздачи трубчатой заготовки с использованием внутреннего наполнителя (а) и схема матрицы (половина осевого сечения) (б)

Высота матрицы  $H=65,5$  мм, внутренний радиус матрицы  $R_1=16$  мм, радиус криволинейного участка образующей матрицы  $R=21$  мм, радиусы сопряжения  $r=3$  мм, толщина матрицы  $L=20$  мм, толщина трубчатой заготовки 1 мм, внешний диаметр трубчатой заготовки 32 мм, диаметр рабочего тела 28 мм.

Напряженно-деформированное состояние трубчатой заготовки описывается упругопластической моделью с линейным упрочнением. Наступление пластического состояния материала определяется выполнением условия текучести Мизеса:

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_T^2,$$

где  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  – главные напряжения,  $\sigma_T$  – предел текучести при одноосном растяжении. Для изучаемого сплава ОТ4 приняты следующие параметры: модуль Юнга  $E = 110$  ГПа, коэффициент Пуассона  $\nu = 0,33$ , предел текучести  $\sigma_T = 585$  МПа, модуль упрочнения  $E_T = 1075$  МПа, предел прочности  $\sigma_B = 650$  МПа.

Гиперупругий материал резиноподобного рабочего тела описывается трехпараметрической моделью Муни-Ривлина без учета сжимаемости, для которого удельная потенциальная энергия деформирования представляется в виде

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_2 - 3) + C_{11}(I_1 - 3)(I_2 - 3),$$

где инварианты тензора деформаций могут быть вычислены с помощью главных удлинений:

$$I_1 = \lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2, I_2 = \lambda_1^2\lambda_2^2 + \lambda_2^2\lambda_3^2 + \lambda_3^2\lambda_1^2, I_3 = \lambda_1^2\lambda_2^2\lambda_3^2 = 1.$$

По результатам проведенных экспериментов были определены значения констант модели для применяемого в натуральных исследованиях материала:  $C_{10} = 1,4427$ ,  $C_{01} = -0,55288$ ,  $C_{11} = 0,16716$ .

Вычисления производились в модуле Static Structural пакета инженерного анализа ANSYS Workbench в осесимметричной постановке. На рисунке 4 приведено сравнение усилий прессова-

ния в зависимости от хода поршня гидравлического пресса в экспериментальных исследованиях и при моделировании.

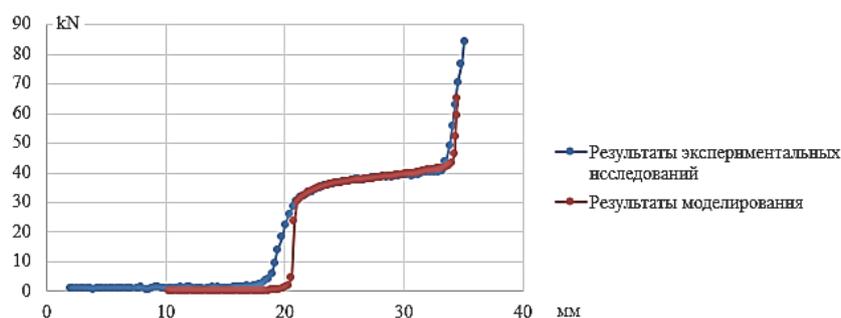


Рисунок 3 – Зависимость усилия гидравлического пресса от хода поршня

На рисунке 4 показаны рассчитанные значения толщины стенки формообразованного патрубка и пружинение детали в радиальном направлении после снятия нагрузки.

Экспериментальные исследования и расчеты по модели показывают, что нигде максимальные напряжения в патрубке не превосходят предел прочности  $\sigma_B$ , что свидетельствует о технологической возможности изготовления детали в режиме холодного деформирования.

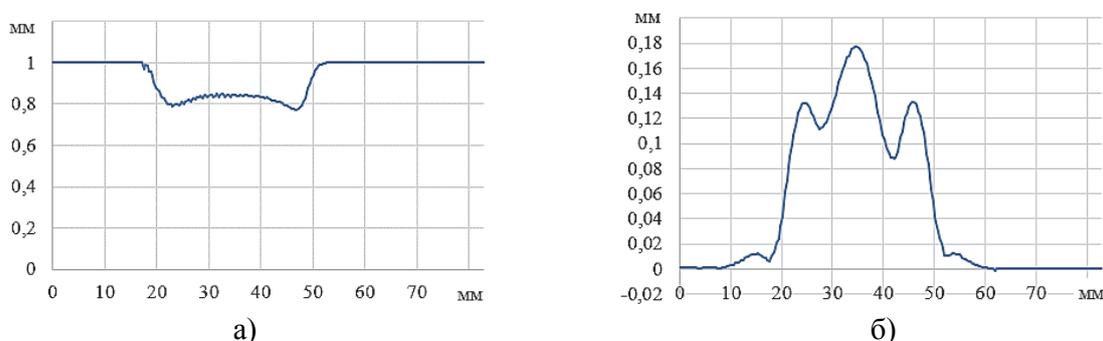


Рисунок 4 – Толщина стенки трубы после раздачи (а) и пружинение формообразованной детали после снятия нагрузки (б)

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 21-11-00165).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Bormotin, K. S. Modeling and computation of stretch-forming technological process rational parameters / K. S. Bormotin, W. Aung // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020. – P. 033102. – DOI 10.1088/1757-899X/709/3/033102.

2 Анализ дефектов эксплуатируемых гидрогазовых систем трубопроводов / Б. Н. Марьин, В. А. Ким, О. Е. Сысоев [и др.] // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2017. – Т. 1. – № 1(29). – С. 79-89.

3 Феоктистов, С. И. Определение технологических возможностей титановых и алюминиевых сплавов при раздаче / С. И. Феоктистов, Ч. З. Со // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. – 2019. – Т. 1. – № 1(37). – С. 4-9.

4 Maryin, S. B. Working body for deformation of thin-walled pipe billets / S. B. Maryin, P. W. Aung // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 945. – P. 628-633. – DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.945.628.

5 Установка для электротермического воздействия на заготовку / С. Б. Марьин, А. Ю. Гетопанов, В. А. Пхьо, В. В. Григорьев // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2020. – № 7(724). – С. 69-75. – DOI 10.18698/0536-1044-2020-7-69-75.

6 ГОСТ 18970-84. Обработка металлов давлением. Операцииковки и штамповки. Термины и определения: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 12.04.84 N 1270: дата введения 1985-07-01.

УДК 629.5.08

Оруджов Фазил Сади оглу, кандидат технических наук; Oрудjov Fazil Sadi oglu

Ханкишиев Исаг Абузар оглу, кандидат технических наук; Khankishiyev Isag Abuzar oglu

Насиров Шукюр Нариман оглу, кандидат технических наук, доцент;

Nasirov Shukur Nariman oglu

Рзаев Магаммед Аждар оглу, кандидат технических наук, доцент; Rzayev Mahammad Ajdar oglu

Азербайджанская Государственная Морская Академия

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВЫХ ОГNETРУБНЫХ КОТЛОВ**

### **IMPROVING THE EFFICIENCY OF SHIPBOARD FIRETUBE BOILERS**

Аннотация. Рассмотрена топливная и экологическая эффективность судовых котлов. Было отмечено, что одним из основных направлений повышения топливной экономичности судовых котлов является снижение температуры дымовых газов на выходе котла, но при этом обеспечивается компактность котла. Для этого был рассмотрен вопрос об изменении профиля огневой трубы котла, а также замена применяемого на практике круглой огневой трубы на эллиптический. Были разработаны рекомендации для использования в существующих методах расчета и руководства по расчету прочности эллипсовидной огневой трубы. Для обеспечения компактности котла и топливной экономичности были рассмотрены вопросы применения комплексной интенсификации теплообмена в дымогарных трубах. В то же время, чтобы улучшить экологические показатели котла, было рассмотрено применение рециркуляции дымовых газов.

Abstract. The fuel and environmental efficiency of the ship's boilers was considered. It was noted that one of the main directions for increasing the fuel efficiency of ship's boilers is to reduce the temperature of flue gases emitted into the atmosphere by ensuring the compactness of the boiler. For this purpose, the issue of changing the profile of the boiler's hood, replacing the circular hood used in practice with the elliptical hood was considered. Recommendations have been developed for use in existing calculation methods and guidelines for the calculation of the strength of ellepis-shaped odboru. In order to ensure the compactness of the boiler and fuel efficiency, the application of complex intensification was considered in order to intensify the heat transfer in the chimneys. At the same time, in order to improve the environmental performance of the boiler, it is recommended to apply flue gas recirculation.

Ключевые слова: судовой котёл, огневая труба, топливная экономичность, экологическая эффективность, интенсификация теплообмена, расчет прочности.

Keywords: ship's boilers, fire tube, fuel efficiency, environmental efficiency, heat transfer intensification, strength calculation.

Судовые котлы являются составной частью судовых энергетических установок. В настоящее время на морских судах мирового флота широко применяются водотрубные (50 %), огнетрубные (25-30 %) и огнетрубно-водотрубные (20-25) вспомогательные котлы. Основными требованиями морских котлов являются следующие:

- обладать высокой надёжностью;
- быть простыми и удобными в обслуживании;
- иметь высокую топливную экономичность;
- иметь малые габариты и массу;
- быть готовым к немедленному действию и длительным перегрузкам;
- иметь высокую экологическую эффективность.

Проблема повышения эффективности котлов всегда была актуальна и была рассмотрена в ряде исследований.

Повышение эффективности котлов должно быть обеспечено на всех этапах их жизненных циклов:

- на этапе проектирования;
- на этапе производства на заводе;
- на этапе монтажа на судах;
- на этапе эксплуатации.

Применение инновационных научно-технических новшеств на этапе проектирования судовых котлов обеспечит повышение всех вышеуказанных показателей эффективности.

Для повышения топливной экономичности необходимо учесть нижеследующее:

- выбор более современного форсуночного устройства;
- выбор оптимальной формы огневой трубы в огнетрубных котлах;
- выбор оптимального значения коэффициента избытка воздуха;
- понижение температуры выхлопных газов в атмосферу.

Оптимальный выбор формы огневой трубы позволяет увеличить КПД, а также улучшить экологические показатели котельных установок.

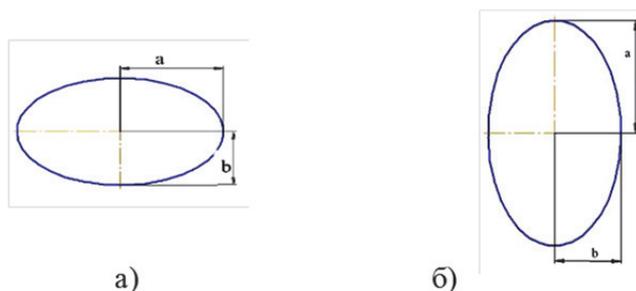
Различают пять форм огневых труб:

- прямоугольная форма;
- квадратная форма;
- округлая форма;
- горизонтально-эллипсоидная форма;
- вертикально-эллипсоидная форма.

В практике судостроения широко применяется округлая форма огневой трубы. В стационарной энергетике и судовой практике имеются соответствующие методики и руководства для расчета прочности округлой формы огневой трубы.

Проведенные теоретические и практические исследования показывают, что выбор эллипсоидной формы огневой трубы позволяет повысить КПД (1-2%), а также улучшает показатели экологической эффективности (газ  $\text{NO}_x$  уменьшается на 20-30%) [1]. Поэтому при проектировании и ремонтах судовых котлов целесообразнее выбрать эллипсоидные формы огневых труб. Однако необходимо отметить, что для расчета прочности огневых труб в методических указателях и руководствующих документах нет соответствующих формул вычисления среднего диаметра огневых труб.

На рисунке 1 представлены схемы горизонтальной и вертикальной эллипсоидных огневых труб.



- а) горизонтальная эллипсоидная форма,  $a=0,26$  м,  $b=0,2$  м, ( $a/b=1,3$ )  
 б) вертикальная эллипсоидная форма,  $a=0,26$  м,  $b=0,2$  м ( $a/b=1,3$ )

Рисунок 1 – Профили огневых камер

При расчете прочности округлой огневой трубы используются нижеприведённые формулы [2].

Толщина стенки огневой трубы рассчитывается по формуле (1):

$$S = \frac{50(B + \sqrt{B^2 + 0,04AC})}{A} \quad (1)$$

Коэффициенты А, В и С рассчитываются соответственно по формулам (2), (3) и (4).

$$A = 200 \frac{\sigma}{D_{cp}} \left(1 + \frac{D_{cp}}{10L_{oc}}\right) \left(1 + \frac{5D_{cp}}{L_T}\right); \quad (2)$$

$$B = P \left(1 + \frac{5D_T}{L_T}\right); \quad (3)$$

$$C = 0,045PD_{cp}, \quad (4)$$

где Р – проектное давление, МПа;  
 $D_{cp}$  – средний диаметр огневой трубы, м;  
 $L_T$  – длина огневой трубы, м;  
 $\sigma$  – допустимое напряжение материала огневой трубы, МПа.

Соответствующие величины в вышеуказанных формулах (2), (3) и (4) можно определить по тепловому расчету.

При расчете на прочность эллипсоидной огневой трубы можно использовать формулы расчета (1), (2), (3) и (4). Однако отсутствуют расчетные рекомендации для определения среднего диаметра эллипсоидной формы огневой трубы. В докладе предложены формулы (5) и (6) для расчета среднего диаметра ( $D_{cp}$ ) эллипсоидной огневой трубы (3).

$$D_{cp} = \frac{2b+2a}{2}; \quad (5)$$

$$D_{cp} = 2a. \quad (6)$$

Таблица 1 – Результат расчета огневой трубы на прочности

| Формула расчета                   | Показатели округлой огневой трубы | Показатели эллипсоидной огневой трубы | Показатели эллипсоидной огневой трубы |
|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                                   | $D_{cp} = 476$ мм                 | Расчет $D_{cp}$ по формуле (5)        | Расчет $D_{cp}$ по формуле (6)        |
| Результаты расчета по формуле (1) | 6,56                              | 6,56                                  | 7,07                                  |
| Результаты расчета по формуле (2) | 85,13                             | 85,13                                 | 81,29                                 |
| Результаты расчета по формуле (3) | 2,3222                            | 2,3222                                | 2,3400                                |
| Результаты расчета по формуле (4) | 21,42                             | 21,42                                 | 24,12                                 |

Как видно из таблицы, при выборе эллипсоидной огневой трубы расчет прочности можно вести согласно руководствующим документам [2], средний диаметр огневой трубы при этом можно рассчитать по формулам (5) и (6).

Для более надежного расчета целесообразнее использовать формулу (6). При этом толщина стенки огневой трубы на 7,77 % больше, чем у округлой огневой трубы. При проектировании котлов выбор эллипсоидной огневой трубы позволяет повысить КПД (на 1-2%) и улучшить экологическую эффективность. При этом рекомендуется к правилам Морского Регистра Российской Федерации [2] добавить соответствующие предложения и формулы (5) и (6).

Для обеспечения компактности огневой трубы также рекомендуется использование сложной интенсификации теплообмена дымогарных труб. Эта проблема всегда была актуальна, однако в существующих котлах применение сложной интенсификации не практикуется.

При проектировании вертикальных огнетрубных котлов марки “LMBQ – 3000/10 S” была применена сложная интенсификация, при этом габаритные показатели данного котла были меньше, чем в произведенных в других странах аналогичных образцах.

В докладе проанализированы методы интенсификации, а также были рассмотрены тепло-гидравлические характеристики дымогарных труб.

Повышение экологической эффективности судовых котлов является одним из основных требований Международной Морской Организации (IMO), которая отражена в VI приложении Конвенции MARPOL 78/95. Этот вопрос на сегодняшний день является одной из актуальных проблем человечества. Для улучшения экологических показателей необходимо в топочной камере уменьшить температуру до 1500-1600°C. При этом возможно уменьшить ( $NO_x$ ) на 25-30%. С этой целью рассмотрены вопросы рециркуляции дымовых газов.

В заключении можно сказать, что при проектировании и ремонте огнетрубных котлов рекомендуется изменение профиля огневых труб и применение вертикальных эллипсоидных форм. Для расчета среднего диаметра огневой трубы рекомендуется использовать формулы (5) и (6) и добавить эти формулы в Правила Регистра.

Наряду с этим, для уменьшения температуры в огневой камере необходимо использование рециркуляции дымовых газов, в результате чего улучшатся показатели экологической эффективности.

Для обеспечения компактности котлов в дымогарных трубах рекомендуется использование сложных интенсификаций теплообмена.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Батраков П.А. Совершенствование конструкции газотрубного котла на основе разработки эффективных поверхностей теплообмена в топке. Дисс. кан.тех.наук., Омск., 2015., 148 ст.
- 2 Правила Классификации Постройки Морских Судов. Часть X., Котлы, теплообменные аппараты и сосуды под давлением. НД № 2 -020101-095., СПб., 2017., 51 ст.

УДК 533.6.04

Пидорич Данил Константинович, студент; Pidorich Danil Konstantinovich  
Загородний Алексей Евгеньевич, студент; Zagorodniy Aleksey Evgenevich  
Лозовский Иван Владимирович, старший преподаватель; Lozovskiy Ivan Vladimirovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТУПЕНЧАТЫХ ПРОФИЛЕЙ КРЫЛА И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В КОНСТРУКЦИИ БЛА

### INVESTIGATION OF AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF STEPPED WING PROFILES AND THEIR PROSPECTS FOR USE IN UAV DESIGN

Аннотация. В данной работе представлено сравнение аэродинамических характеристик профиля НАСА 23012 и выполненных на его основе ступенчатых профилей типа КФм-1 (одна ступенька снизу), КФм-2 (одна ступенька сверху) и КФм-3 (две ступеньки сверху) и проанализированы перспективы применения таких профилей в конструкции БЛА. Аэродинамические характеристики получены путем моделирования продувки в программе ANSYS.

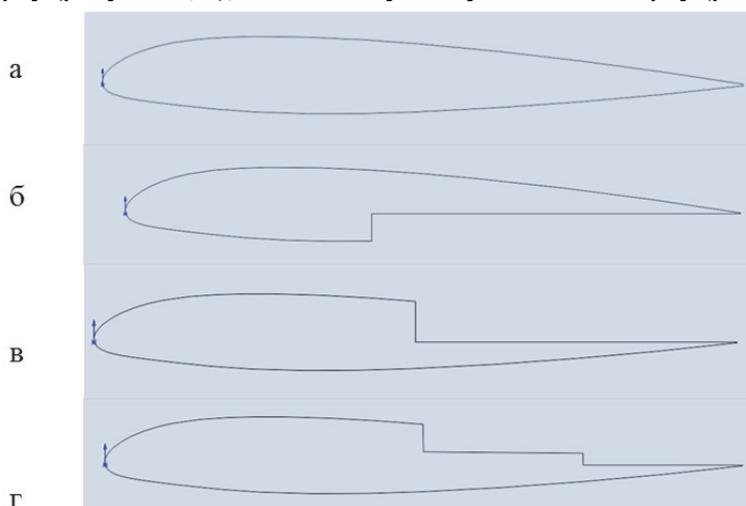
Abstract. This work presents a comparison of the aerodynamic characteristics of the NACA 23012 profile and the KFm-1 (one step from the bottom), KFm-2 (one step from the top) and KFm-3 (two steps from the top) step profiles made on its basis and analyzes the prospects for the use of such profiles in the design of UAVs. The aerodynamic characteristics were obtained by modeling the purge in the ANSYS program.

Ключевые слова: аэродинамический профиль, Кляйн, Фогельман, ступенька, крыло, БЛА.  
Keywords: airfoil, Klein, Fogelman, step, wing, UAV.

Профили Кляйна-Фогельмана (КФм) – это группа аэродинамических профилей, отличительной особенностью которых является наличие одной или нескольких ступенек вдоль длины крыла [1].

Первый КФм профиль был разработан Ричардом Кляйном в начале 1960-х для бумажного самолетика, который должен был иметь хорошую устойчивость, мог бы подниматься на относительно большую высоту и самостоятельно выравниваться, а затем длительно планировать. В последующем Р. Кляйн и Ф. Фогельман спроектировали серию таких профилей, в которых менялось количество ступенек и их расположение относительно передней кромки крыла.

За основу был взят аэродинамический профиль НАСА 23012 (рисунок 1, а), из которого были выполнены три модели профиля крыла: КФм-1 с одной ступенькой снизу (рисунок 1, б), КФм-2 с одной ступенькой сверху (рисунок 1, в), КФм-3 с двумя ступеньками сверху (рисунок 1, г).



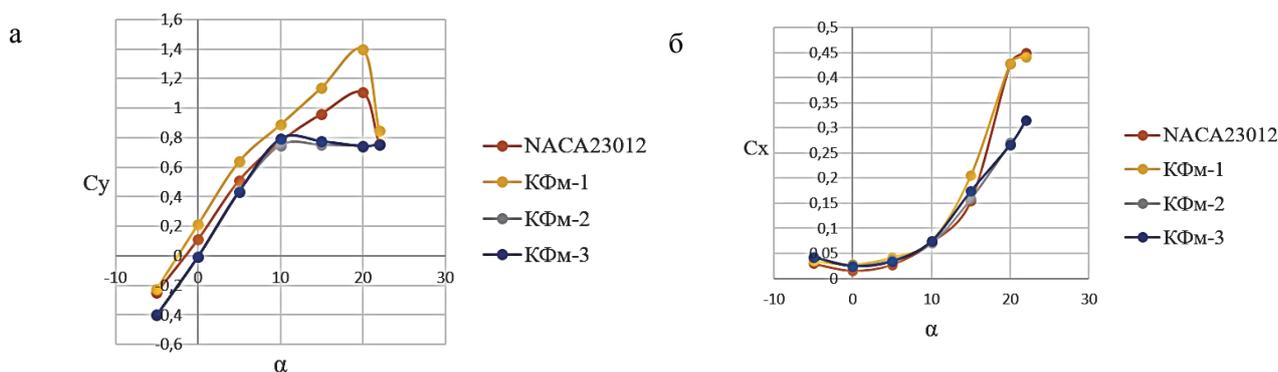
а – НАСА 23012; б – КФм-1; в – КФм-2; г – КФм-3  
Рисунок 1 – Исследуемые профили крыла

Моделирование продувки производилось в программе ANSYS 2022 R1. В таблице 1 представлены характеристики моделей и граничные условия расчета.

Таблица 1 – Параметры моделей и граничные условия расчета

| № | Параметр                                   | Значение              |
|---|--------------------------------------------|-----------------------|
| 1 | Хорда, мм                                  | 200                   |
| 2 | Размах, мм                                 | 145                   |
| 3 | Толщина, %                                 | 12                    |
| 4 | Положение ступеньки, %                     |                       |
|   | КФМ-1                                      | 40                    |
|   | КФМ-2                                      | 50                    |
|   | КФМ-3                                      | 50; 75                |
| 5 | Температура, К                             | 288,15                |
| 6 | Число Рейнольдса                           | 360 000               |
| 7 | Плотность воздуха, кг/м <sup>3</sup>       | 1,225                 |
| 8 | Кинематическая вязкость, м <sup>2</sup> /с | 1,47·10 <sup>-3</sup> |
| 9 | Модель турбулентности                      | SST                   |

Из результатов расчетов, представленных на рисунке 2, можно сделать вывод, что профиль КФМ-1 имеет лучшие аэродинамические характеристики в сравнении с другими исследуемыми профилями. Данный профиль обеспечивает высокие значения коэффициента подъемной силы  $C_y$  и критический угол атаки  $\alpha$  на уровне стандартного профиля NACA23012, в то время как профили КФМ-2 и КФМ-3 имеют в два раза меньшее значение  $\alpha$  (рисунок 2, а).



а – коэффициент подъемной силы; б – коэффициент лобового сопротивления  
Рисунок 2 – Зависимости аэродинамических характеристик от угла атаки

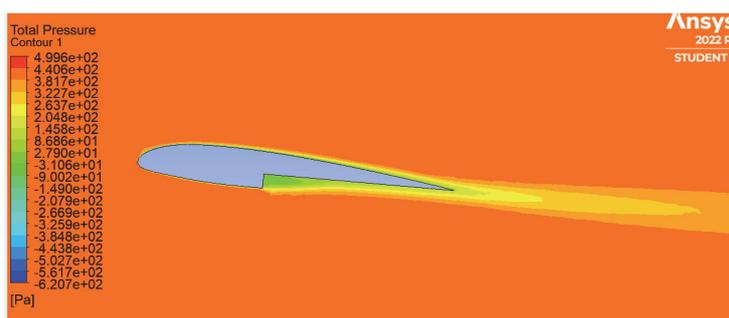


Рисунок 3 – Поле полного давления КФМ-1 при  $\alpha = 5^\circ$

Коэффициент лобового сопротивления  $C_x$  (рисунок 2, б) у всех профилей находится на примерно одинаковом уровне, хотя у стандартного профиля и профиля КФМ-1 происходит более интенсивное возрастание значения с угла атаки  $\alpha=15^\circ$  и более.

Максимальное значение коэффициента аэродинамического качества  $K$  у всех профилей обеспечивается при угле атаки  $\alpha=5^\circ$ . При этом оно больше у стандартного профиля NACA 23012:  $K=18$ ; однако профиль КФМ-1 незначительно уступает стандартному профилю и имеет коэффициент аэродинамического качества  $K=15$ .

Из вышеперечисленного следует, что благодаря такому профилю можно облегчить конструкцию планера БПЛА и обеспечить небольшой прирост подъемной силы, незначительно потеряв в аэродинамическом качестве крыла, а также увеличить критический угол атаки. Стоит также отметить простоту изготовления данных профилей. Помимо этого, БПЛА с КФм профилем будет обладать лучшей устойчивостью, а это позволит улучшить его работу при сильном ветре, что подтверждает перспективность профилей КФм, в частности КФм профилей с наличием ступеньки снизу.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Каракая, И. Б. Исследование возможности применения профилей Кляйна-Фогельмана для микролетательных беспилотных аппаратов / И. Б. Каракая, Я. С. Козей, В. В. Сухов // Информационные системы. – 2013. – № 9. – С. 12 – 15.

УДК 007.51

Садовская Оксана Анатольевна, заместитель директора по учебной работе;

Sadovskaya Oksana Anatolievna

Топильская Вероника Юрьевна, заведующая лабораторией социологических исследований;

Topilskaya Veronika Yurievna

Кыргызский авиационный институт имени И. Абдраимова

#### **ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ АВИАЦИОННОГО ИНСТИТУТА**

#### **ISSUES OF USING INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL AREA OF THE AVIATION INSTITUTE**

Аннотация. В данной статье рассматриваются информационно-коммуникационные технологии Авиационного института. Проводится анализ вопросов прикладного и фундаментального характера, касающихся социализации всех сотрудников образовательной сферы в момент преобладания дистанционного обучения и полного расцвета информатизации.

Abstract. This article discusses information and communication technologies of the Aviation Institute. The analysis of applied and fundamental issues related to the socialization of all employees of the educational sphere at the moment of the predominance of distant learning and development of informatization was carried out.

Ключевые слова: образование, Авиационный институт, мультимедиа, информационно-коммуникационные технологии, социализация, общество, электронный документооборот, администрирование, контроль.

Keywords: education, Aviation Institute, multimedia, information and communication technologies, socialization, society, electronic document management, administration, control.

Наше общество в 21 веке пришло к неконтролируемому развитию информационных и коммуникационных технологий. То, что еще совсем недавно казалось новым, чарующим и неизведанным, становится обыденным и неактуальным.

Сегодня информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) задействованы везде: в авиации, промышленности, науке, образовании, социальных структурах, государственном управлении, экономике и культуре. Они окружают нас, повсеместно заполняя нашу жизнь и не давая нам права отказаться от их внедрения.

Следует отметить, что ИКТ берут начало в отдельных отраслях науки, а завершаются в сфере производства, вызывая в ней прогрессивные изменения, совершенствуя рабочие процессы и облегчая человеческий труд, выводя его на новый уровень, в основе которого лежит постоянное совершенствование и развитие собственных навыков и умений, и, что немаловажно, интеллектуализация условий труда. Но, при всех положительных качествах, у ИКТ есть и свои проблемные моменты.

Перед тем как начать рассматривать проблематику ИКТ в электронной образовательной среде ВУЗа, нам необходимо сформировать их круг – обозначить то, с чем мы имеем дело.

На рисунке 1 изображены основные технологии, которые входят в раздел «информационно-коммуникационные» и активно используются в образовательном процессе ВУЗа, и их взаимосвязь между собой. Как видно из рисунка, информационно-коммуникационные технологии, в большинстве своем, являются взаимозависимыми и дополняющими друг друга [1].

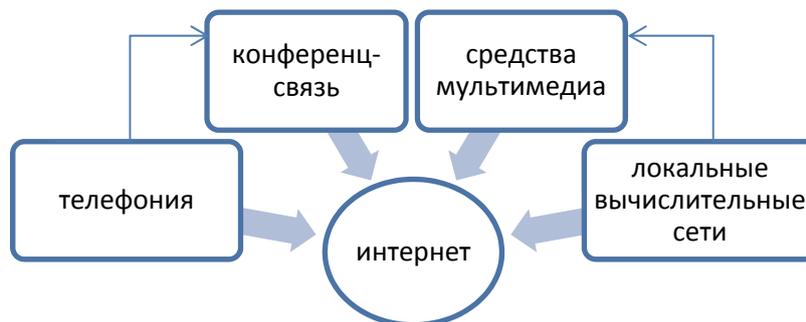


Рисунок 1 – Взаимосвязь информационно-коммуникационных технологий

Для того чтобы разобраться, каким образом можно применять средства ИКТ в ВУЗе, рассмотрим основные функции информационных и коммуникационных технологий, реализуемые в образовательном процессе.

Условно функции ИКТ, применительно к образовательному процессу, изображены на рисунке 2.

Рассмотрим подробнее каждую из функций.

**Администрирование** – условно, данную функцию можно раскрыть как совокупность составления расписания занятий, ведения журналов успеваемости и информирования участников учебного процесса. Исходя из этого следует, что данная функция представляет собой полное управление учебным процессом и осуществляется в нашем институте с помощью программного обеспечения компании AVN, разработанного местной компанией – лидером Кыргызстана касательно внедрения и сопровождения единой информационной системы управления образованием всей республики. Разработчики программного обеспечения позиционируют свой продукт как комплексную образовательную систему, в которой ведется учет всех учебных процессов заведения [2].



Рисунок 2 – Функции ИКТ

**Дидактика** – наиболее важными дидактическими возможностями средств ИКТ являются: реализация интерактивного диалога – обеспечивается незамедлительной обратной связью между пользователем и средствами ИКТ; визуализация учебной информации об изучаемом объекте, процессе; моделирование реальных или виртуальных процессов и явлений; хранение больших объемов информации в цифровом формате с возможностью легкого доступа к ней, тиражирования, передачи ее на любые расстояния; автоматизация процессов вычислительной деятельности, а также обработки результатов учебного эксперимента; автоматизация управления учебной деятельностью и контроля над результатами усвоения, продвижения в обучении, тренировки, тестирования [3].

**Контроль** является одной из основных и неотъемлемых составляющих учебного процесса. От правильной организации системы контроля зависит качество знаний учащихся, мониторинг их успеваемости и формирование чувства ответственности. В нашем институте контроль студентов осуществляется с помощью приложения KelBil. Kelechek Bilim представляет собой программное обеспечение, способное отслеживать успеваемость студентов в реальном времени, просматривать расписание, новости и события, происходящие в образовательном учреждении. Кроме вышеперечисленных функций, данное приложение способствует более продуктивной работе профессорско-преподавательского состава, позволяя просматривать расписание занятий, вести учет успеваемости и выводить статистику посещаемости студентов за определенный временной промежуток.

**Обратная связь** формируется в процессе взаимодействия «учебное заведение – преподаватель – ученик». Как правило, ИКТ позволяет более оперативно справляться с работой,

возложенной на сотрудников организации, преподавателей и студентов. Но не всегда участники данных взаимоотношений способны поддерживать обратную связь. На это влияет множество факторов: отсутствие возможности консультации в режиме офлайн (этот пункт касается всех участников системы); не все рабочие и учебные моменты можно выполнить дистанционно; при дистанционной форме обучения не всегда удастся заинтересовать студентов и поэтому становится проблемно наладить обратную связь [4].

Рассмотрев основные понятия и функции ИКТ ВУЗа, следует сформулировать проблемы, с которыми столкнулся наш Авиаинститут при переходе на дистанционное обучение.

Первая и самая глобальная проблема – это опасность подавления межличностного общения, так как общение через компьютер (ноутбук, телефон) понижает количество и качество личных контактов, снижает роль устной и письменной речи, ослабляет способности к самостоятельному, творческому мышлению. Как итог, снижается социализация человека. Данный вопрос часто поднимается профессорско-преподавательским составом во время проведения теоретико-методологических семинаров.

Также важным моментом в процессе внедрения ИКТ является неготовность большинства преподавателей к информатизации образования, как с психологической стороны (это обусловлено тем, что в процессе дистанционного обучения работа сотрудников образовательных учреждений увеличивается в несколько раз за счет дублирования документации), так и с материальной, поскольку многие учебные учреждения не способны на 100% обеспечить своих сотрудников всем необходимым мультимедийным оборудованием.

Подводя итоги, хотелось бы отметить, что при наличии определенных проблем инновации и ИКТ являются основной движущей силой экономического и социального развития, что приводит к новой, более высокой ступени развития и способствует совершенствованию рабочих процессов в любой сфере деятельности – в нашем случае это сфера образования, которая, несмотря на все трудности, должна развиваться и совершенствоваться.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Мерецков, О. В. Применение ИКТ в ВУЗе / О. В. Мерецков – Москва: ЛитРес: Самиздат, 2019. — 67 с. ISBN 978-5-5321-0637-6.
- 2 Компания AVN. Официальный сайт [электронный ресурс]. URL: <https://avn.kg/> (дата обращения: 21.02.2022).
- 3 Панюкова, С. В. Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Информатика» / С. В. Панюкова. – Москва: Изд. центр «Академия», 2010. – 224 с. ISBN 978-5-7695-5705-7.
- 4 Использование информационных и коммуникационных технологий в образовании [электронный ресурс]. URL: [https://si-sv.com/Posobiya/ped\\_tekh/ikt\\_v\\_obrazovanii.pdf](https://si-sv.com/Posobiya/ped_tekh/ikt_v_obrazovanii.pdf) (дата обращения: 21.02.2022).

УДК 539.3

Феоктистов Сергей Иванович, доктор технических наук, профессор; Feoktistov Sergey I.  
Андрианов Иван Константинович, кандидат технических наук; Andrianov Ivan K.  
Лин Хтет, аспирант; Lin Htet  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТРЕТЬЕГО РОДА С УЧЁТОМ СЖИМАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА И ЕЁ СВОЙСТВО**

#### **CONSTRUCTION OF THE THIRD KIND STRAIN DIAGRAM WITH MATERIAL COMPRESSIBILITY AND ITS PROPERTY**

Аннотация. Данная работа посвящена построению диаграммы деформирования третьего рода. Описаны условие шейкообразования в образце в процессе растяжения, переход от условных деформаций к истинным. Представлен алгоритм построения диаграммы деформирования по данным индикаторной диаграммы зависимости усилия от удлинения.

Abstract. This work is devoted to the construction of a deformation diagram of the third kind. The condition of neck formation in the sample during stretching, the transition from conditional deformations to

true ones are described. An algorithm for constructing a deformation diagram based on the data of an indicator diagram of the dependence of force on elongation is presented.

Ключевые слова: диаграмма деформирования, сжимаемость материала, логарифмические деформации, напряжения, шейкообразование.

Keywords: strain diagram, material compressibility, logarithmic strains, stresses, neck formation.

Диаграммой деформирования третьего рода будем называть график зависимости интенсивности напряжений от интенсивности логарифмических деформаций

$$\sigma_i = f(e_i),$$

где  $\sigma_i$  – интенсивность напряжений;  $e_i$  – интенсивность логарифмических деформаций.

Если принять условие несжимаемости материала, то диаграмма деформирования совпадает с действительной диаграммой растяжения

$$\sigma_s = f(e),$$

где  $\sigma_s$  – действительное напряжение при одноосном растяжении;  $e = \ln(l/l_0)$  – логарифмическая продольная деформация при одноосном растяжении.

В случае учёта сжимаемости материала ( $\mu \neq 0,5$ ), выражения для интенсивностей напряжений и деформаций при одноосном растяжении имеют вид [1]:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_i &= \sigma_s \\ e_i &= e - k_\mu \sigma_s \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $k_\mu$  – некоторый коэффициент, учитывающий влияние сжимаемости материала:

$$k_\mu = \frac{1 - 2\mu}{3E}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона);  $E$  – модуль упругости первого рода (модуль Юнга).

Следует отметить, что в области упругого деформирования связь между интенсивностью напряжений и интенсивностью деформаций имеет вид:

$$\sigma_i = \frac{3E}{2(1 + \mu)} e_i = 3G e_i,$$

где  $G$  – модуль упругости второго рода.

Таким образом, имея действительную диаграмму растяжений, построенную по результатам испытания на разрыв, используя формулы (1) и (2) можно построить диаграмму деформирования третьего рода с учетом сжимаемости материала.

Рассмотрим свойство диаграммы деформирования третьего рода, исходя из условия, что в момент начала образования шейки при одноосном растяжении величина растягивающего усилия  $P$  достигает максимального значения [2], то есть

$$dP|_{e_i=e_{iш}} = 0. \quad (3)$$

При одноосном растяжении, растягивающее усилие связано с действительным напряжением выражением

$$P = \sigma_s F,$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения образца в текущий момент времени.

Обозначим деформацию в направлении действия усилия –  $e$  (продольная деформация), а в перпендикулярном направлении –  $e_p$  (поперечная деформация). Исходя из определения коэффициента поперечной деформации, запишем связь между этими величинами:

$$e_p = -\mu' e, \quad (4)$$

где  $\mu'$  – коэффициент поперечной деформации за пределами упругости.

В случае одноосного растяжения значение коэффициента поперечной деформации за пределами теории упругости определяется выражением [1]

$$\mu' = \frac{1}{2} - \frac{1 - 2\mu}{2E} \frac{\sigma_s}{e} = \frac{1}{2} \left( 1 - 3k_\mu \frac{\sigma_s}{e} \right). \quad (5)$$

Определим площадь поперечного сечения образца в текущий момент времени используя выражения (4) и (5):

$$F = F_0 \exp(2e_p) = F_0 \exp(-2\mu' e) = F_0 \exp(3k_\mu \sigma_s - e). \quad (6)$$

Используя выражения (1), выразим площадь поперечного сечения образца в текущий момент времени через интенсивности напряжений и деформаций:

$$F = F_0 \exp(2k_\mu \sigma_i - e_i).$$

Таким образом, растягивающее усилие можно выразить через интенсивности напряжений и деформаций следующим образом

$$P = F_0 \sigma_i \exp(2k_\mu \sigma_i - e_i). \quad (7)$$

Дифференцируя равенство (7), находим:

$$dP = F_0 \exp(2k_\mu \sigma_i - e_i) [(1 + 2k_\mu \sigma_i) d\sigma_i - \sigma_i de_i].$$

Учитывая условие (3), получим:

$$\left. \frac{d\sigma_i}{de_i} \right|_{e_i=e_{iш}} = \frac{\sigma_{iш}}{(1 + 2k_\mu \sigma_{iш})}, \quad (8)$$

где  $\sigma_{iш}$  – значение интенсивности напряжений в момент начала образования шейки.

Полагая, что шейка возникает при условном напряжении, равном временному сопротивлению  $\sigma_{\text{в}}$ , выражение (8) можно переписать в виде

$$\left. \frac{d\sigma_i}{de_i} \right|_{e_i=e_{iш}} = \frac{\sigma_{i\text{в}}}{(1 + 2k_\mu \sigma_{i\text{в}})},$$

где  $\sigma_{i\text{в}}$  – значение интенсивности напряжений, соответствующее временному сопротивлению  $\sigma_{\text{в}}$  при одноосном растяжении.

Учитывая, что интенсивность напряжений при одноосном растяжении равна действительному напряжению (1), можно записать

$$\left. \frac{d\sigma_i}{de_i} \right|_{e_i=e_{iш}} = \frac{\sigma_{\text{св}}}{(1 + 2k_\mu \sigma_{\text{св}})}, \quad (9)$$

где  $\sigma_{\text{св}}$  – значение действительного напряжения, соответствующее временному сопротивлению  $\sigma_{\text{в}}$  при одноосном растяжении.

Определим зависимость действительного напряжения от условного с учётом сжимаемости материала.

Как известно, условную диаграмму растяжения строят не учитывая изменение площади поперечного сечения образца при деформировании [1], то есть условные напряжения определяют по формуле

$$\sigma = \frac{P}{F_0}, \quad (10)$$

а при построении действительной диаграммы растяжения изменение площади поперечного сечения образца при деформировании учитывают:

$$\sigma_s = \frac{P}{F}. \quad (11)$$

Решая совместно уравнения (6), (10) и (11), окончательно получим

$$\sigma_s = \sigma \cdot \exp(e - 3k_\mu \sigma_s).$$

Из данного уравнения невозможно получить аналитическую зависимость действительного напряжения от условного, поэтому в правую часть подставляем значение истинного напряжения, полученное без учёта сжимаемости

$$\sigma_s \approx \sigma \cdot \exp(e),$$

и окончательно получаем

$$\sigma_s \approx \sigma \cdot \exp[e - 3k_\mu \sigma \cdot \exp(e)]. \quad (12)$$

Используя полученное выражение (12), определяем значение действительного напряжения, соответствующее началу образования шейки при одноосном растяжении

$$\sigma_{\text{св}} \approx \sigma_{\text{в}} \cdot \exp[e_{\text{ш}} - 3k_\mu \sigma_{\text{в}} \cdot \exp(e_{\text{ш}})], \quad (13)$$

где  $\sigma_{\text{в}}$  – временное сопротивление, соответствующее началу образования шейки;  $e_{\text{ш}}$  – значение продольной логарифмической деформации в момент начала образования шейки.

Таким образом, последовательность построения диаграммы деформирования материала третьего рода с учётом сжимаемости можно представить следующим образом:

1 Получив при испытании материала на разрыв индикаторную диаграмму зависимости усилия  $P$  от удлинения  $\Delta l$ , строят условную диаграмму растяжения третьего рода, используя выражения:

$$\sigma = \frac{P}{F_0}; \quad e = \ln \left( 1 + \frac{\Delta l}{l_0} \right).$$

2 Применяя уравнение (12) и учитывая выражение (2), строят действительную диаграмму растяжения третьего рода с учетом сжимаемости материала

$$\sigma_s = f_1(e).$$

3 Используя соотношения (1) и выражение (2), строят диаграмму деформирования третьего рода с учётом сжимаемости материала

$$\sigma_i = f_2(e_i),$$

учитывая, что в области упругого деформирования связь между интенсивностью напряжений и интенсивностью деформаций имеет вид:

$$\sigma_i = \frac{3E}{2(1 + \mu)} e_i = 3G e_i.$$

Выражение (9) отражает свойство полученной диаграммы деформирования. Геометрическая интерпретация этого свойства представлена на рисунке 1.

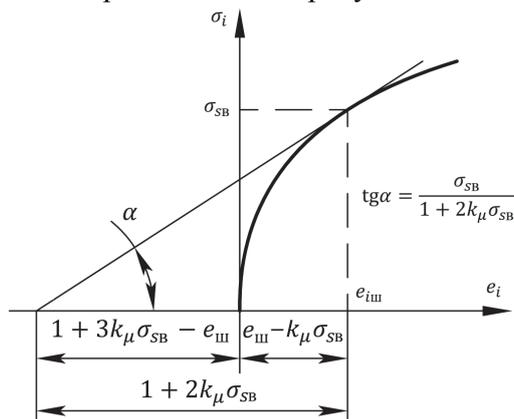


Рисунок 1 – Геометрическая интерпретация свойства диаграммы деформирования третьего рода, построенной с учётом сжимаемости

Таким образом, свойство диаграммы деформирования материала третьего рода, построенной с учётом сжимаемости, можно сформулировать следующим образом: *касательная проведённая к диаграмме деформирования третьего рода в точке, соответствующей началу образования шейки, отсекает на отрицательном направлении оси интенсивности деформаций отрезок, определяемый выражением  $-(1 + 3k_\mu\sigma_{SB} - e_{III})$ , где  $\sigma_{SB}$  – значение действительного напряжения, соответствующее началу образования шейки при одноосном растяжении (13);  $e_{III}$  – значение продольной логарифмической деформации в момент начала образования шейки.*

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Малинин, Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести \ Малинин Н.Н. – М.: Машиностроение, 1975. – 399 с.

2 Сторожев, М.В. Теория обработки металлов давлением \ М.В. Сторожев, Е.А. Попов – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 423 с.

УДК 004.896; 004.942; 629.5

Чижиумов Сергей Демидович, кандидат технических наук, доцент; Chizhiumov Sergey Demidovich  
Военный институт (ЖДВ и ВОСО) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

#### УМНЫЙ КОРАБЛЬ И ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

#### SMART SHIP AND DIGITAL TWIN: PROBLEMS AND PERSPECTIVES

Аннотация. В работе обсуждаются проблемы и пути развития информационных технологий в кораблестроении. В частности, определяются понятия интеллектуальных функций и систем (умный корабль), информационного сопровождения жизненного цикла судов на основе цифрового двойника. Рассмотрены предпосылки для создания цифровых двойников кораблей, проблемы, а также перспективы их внедрения.

Abstract. The paper discusses the problems and ways of development of information technologies in shipbuilding. In particular, the concepts of intellectual functions and systems (smart ship), information support of the life cycle of ships based on a digital twin are defined. The prerequisites for creating digital twins of ships, problems, as well as prospects for their implementation are considered.

Ключевые слова: цифровой двойник, умный корабль, интеллектуальная функция, интернет вещей.  
Keywords: digital twin, smart ship, smart function, internet of things.

### **Введение**

Индустрия 4.0 характеризуется глобальной трансформацией высокотехнологичной промышленности, в частности, кораблестроения, в «цифровую промышленность» [1]. Происходит переход от автоматизации и роботизации отдельных технологических процессов к киберфизическим системам, объединяющим материальные и виртуальные процессы жизненного цикла судна на всех этапах и уровнях. Однако на пути этого перехода всё отчетливее проявляются проблемы, связанные с противоречием: с одной стороны, растёт сложность киберфизических систем; с другой стороны, снижается качество управления ими, так как скорость развития компетенций инженеров отстаёт от скорости развития технических систем.

Следствием таких противоречий является увеличение сроков разработки сложных систем. Особенно это касается военного авиа- и кораблестроения. Например, если в середине 20 века срок между началом проектирования и вводом в строй нового корабля или самолёта составлял около 5 лет, то в настоящее время на это уходит более 20 лет. В массовом производстве наоборот, сроки ввода в серию сокращаются [1].

Важнейшей составляющей создания сложных инженерных объектов является инженерия требований. Общее количество требований к кораблю на порядок больше, чем к массово выпускаемой продукции. Сложной является и структура требований. Это отражается в растущем объёме нормативной документации. Требования к проектам повышаются в плане обеспечения безопасности, надёжности, живучести в экстремальных ситуациях.

Эти требования можно удовлетворить на основе применения современных «умных» (интеллектуальных) технологий и концепции цифровых двойников (ЦД). Умные технологии широко внедряются на транспорте, например, в виде беспилотных аппаратов, во многом благодаря развитию давно известных систем, таких, например, как автопилот, авторулевой, АИС и др. Технологии ЦД в настоящее время в большой мере являются продолжением концепции информационной поддержки изделий (ИПИ или CALS).

### **Умный корабль и цифровой двойник**

Термин «умное судно» или «умный корабль» (УК) применяется к судам, на которых установлено множество датчиков для сбора данных о состоянии судна и их оперативном использовании при выполнении интеллектуальных функций (ИФ) автоматизированного управления системами и устройствами корабля на капитанском мостике и различных постах управления [2, 3]. По мере развития этой технологии в систему УК включаются новые элементы и функции. В частности, для обмена данными и интеграции с другими системами (кораблями, элементами инфраструктуры флота и пр.) применяется «интернет вещей» (ИВ). В этом случае данные хранятся в общей облачной базе данных, предоставляющей информационные панели для экипажа, судовладельца, инженеров техобслуживания, командования на берегу и др., которые могут использовать и анализировать данные для принятия решений в областях их компетенций.

Общие ИФ включают мониторинг состояния конструкций и оборудования, оперативных параметров. ИФ поддерживаются программным обеспечением путём агрегирования данных от датчиков и других источников, передачи, обработки, анализа и синтеза данных для составления отчетов, принятия решений и действий. Конфигурация умного судна включает в себя бортовые модули и береговые средства, связанные друг с другом для оперативного обмена данными, как показано на рис. 1.

Функции анализа данных выполняются на основе многомасштабных и многофизических ЦД. ЦД – это система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием и (или) его составными частями [4]. На рис. 2 показана схема ЦД судна, объединяющая функции мониторинга и анализа данных [5]. На основе данных мониторинга моделируются нагрузки, выполняется анализ для предсказания состояния и планирования дальнейшего использования. Иногда технологии УК и ЦД используются отдельно [3]. Однако в перспективе их объединение неизбежно, так как только в таком комплексе обеспечивается наибольшая полнота и эффективность их применения.

Основными результатами внедрения ЦД являются повышение срока эксплуатации и снижение эксплуатационных расходов. Кроме того, снижаются риски, связанные с аварийными ситуациями. Инженерный анализ ЦД, например, анализ прочности, может дать ответы на вопросы, по текущей оценке, надёжности, возможности эксплуатации в изменяющихся условиях, продлению срока службы и др.

Некоторые более конкретные результаты текущей работы изложены в статье [5], где описаны основные принципы, структура и методика разработки ЦД корпуса судна. Кроме того, на примере катамарана из композиционных материалов разработаны модели анализа его гидродинамики и прочности.



Рисунок 1 – Типичная конфигурация судна с ИФ [2]

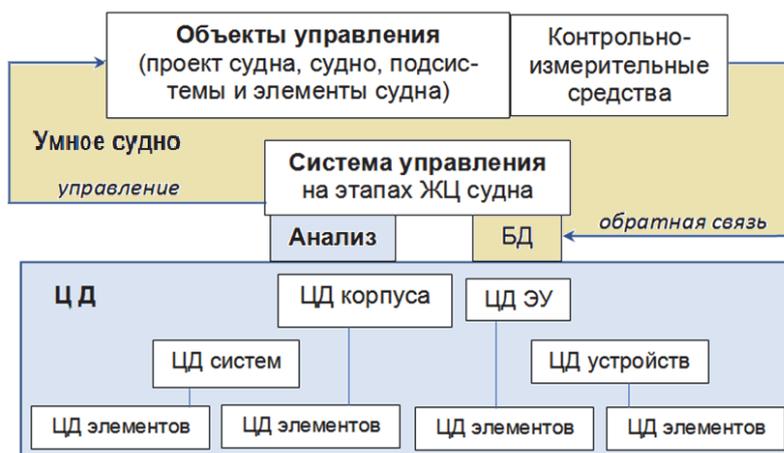


Рисунок 2 – Умное судно и ЦД

### Проблемы и перспективы

ЦД применяются для управления не только изделием (например, судном), но и производством (цехом, заводом). В настоящее время имеются примеры открытых платформ для создания и внедрения цифровых двойников, которые обеспечивают необходимую инфраструктуру и поддержку сообществ разработчиков и пользователей. Однако в области отечественного судостроения примеры ЦД кораблей (в полном понимании этого термина) пока отсутствуют.

Отметим ряд серьезных проблем на пути внедрения технологий ЦД и УК.

1. *Стандартизация.* Необходимо стандартизировать широкий спектр технологий, начиная от сбора данных и заканчивая генерацией аналитических данных и принятием решений. Однако процесс разработки стандартов идет крайне медленно. Только для определения согласованной общей терминологии потребовались годы. Наконец, с 2022 года действует соответствующий российский стандарт по ЦД [4]. В правилах классификационных обществ применение ЦД и УК пока не регламентируется или определено только в виде терминов и общих указаний [2].

2. *Конкуренция.* Работа с ЦД требует создания единого информационного пространства. Для этого необходимо сотрудничество в обмене данными и моделями между несколькими заинтересованными сторонами. Однако они имеют потенциально конкурирующие бизнес-цели. В согласованиях стоимости, безопасности обмена данными, прав интеллектуальной собственности и пр. теряется время и надежды на успех.

3. *Компетенции.* Во многих случаях руководители заинтересованных сторон имеют довольно смутное представление о современных цифровых технологиях, что влияет на качество принимаемых ими ключевых управленческих решений. С другой стороны, деградация высшего образования приводит к дефициту компетентных инженерных кадров.

4. *Технологическая зрелость.* ЦД включают применение множества технологий, программных и аппаратных средств от разных поставщиков. Эти ресурсы должны быть согласованы между заинтересованными сторонами. Нужно также учесть, что пока средства разработки и поддержки ЦД только развиваются и имеют ограниченный функционал. В этой области происходят быстрые изменения, что влияет на сроки и стоимость работ.

5. *Верификация и валидация.* ЦД состоит из ряда моделей и процессов, для которых требуется верификация и валидация, как по отдельности, так и в комплексе. Однако, поскольку ЦД по определению уникален для конкретного корабля, может оказаться невозможным проверить единственный экземпляр полной модели системы из-за отсутствия базы для сравнения. Экстраполяция же результатов является сложной задачей.

В дополнение можно отметить и другие проблемы, например: сложности автоматизации интеллектуальных функций; оценка необходимости ЦД и прогноз эффекта от его применения на этапах жизненного цикла; обеспечение организации и синхронизации совместных работ и др.

Следует отметить, что полнота функциональности ЦД корабля зависит от степени развития и применения ИВ, программно-аппаратного обеспечения, нормативной базы и инженерии требований. По мере развития этих технологий будет повышаться качество и эффективность морской техники.

Говоря о перспективах, можно предположить, что отмеченные проблемы в настоящее время могут быть преодолены при создании УК или ЦД для малых судов и кораблей инновационного типа. В частности, имеются примеры построенных беспилотных маломерных судов [6], проекта пассажирского катамарана, на примере которого отработывалась методика разработки ЦД в Санкт-Петербургском политехническом университете [5]. Для создания же ЦД средних и крупных кораблей и судов необходимо появление соответствующих предпосылок: стандартов и правил классификационных обществ, организационных структур, подготовленных кадров, развития информационного и программного обеспечения.

Работа выполнена при поддержке Центра Национальной технологической инициативы по направлению «Новые производственные технологии» на базе института передовых производственных технологий Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Боровков, А.И. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК / А.И. Боровков, Ю.А. Рябов, К.В. Кукушкин и др. // Оборонная техника. Научно-технический сборник. – 2018. – № 1. – С. 6-33.

2 Guidance Notes on Smart Function Implementation: дата введения 2018-07-01 / American Bureau of Shipping. – USA: ABS Plaza, 2018. – 42 с.

3 Smart Ship vs Digital Twin // Marine Digital. – URL: [https://marine-digital.com/article\\_digital\\_twin](https://marine-digital.com/article_digital_twin) (дата обращения 01.02.2022).

4 ГОСТ Р 57700.37—2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения: нац. Стандарт Российской Федерации: изд. Официальное: утв. и введен в действие Приказом Федер. агентства по техн. регулированию и метрологии от 16 сентября 2021 г. №. 979-ст: введен впервые: дата введения 2022-01-01 / разработан ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ" совместно с СПбПУ. – Москва: Стандартинформ, 2021. – 15 с.

5 Чижиумов, С. Д. Принципы и структурная модель разработки цифрового двойника корпуса судна / С. Д. Чижиумов, А.С. Немов, А.Д. Бурменский, Н.А. Тарануха, А.И. Боровков // Морские интеллектуальные технологии. – Санкт-Петербург. – 2021. – № 2(52). – т.2. – С. 18-27.

6 Чайка, Д. Как устроен беспилотный катер "КиберБоат-330" от Политеха / Д. Чайка // Технология машиностроения. – 2021. 12 июля. – URL: <https://mashnews.ru/kak-ustroen-bespilotnyij-kater-kiberboat-330-ot-politexa.html> (дата обращения 01.02.2022).

УДК 532.593; 629.5.03

Чижиумов Сергей Демидович, кандидат технических наук, доцент; Chizhiumov Sergey Demidovich  
Военный институт (ЖДВ и ВОСО) Военной академии материально-технического обеспечения  
им. генерала армии А.В. Хрулева  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

## **ПРИНЦИП РАБОТЫ И ГИДРОДИНАМИКА ВОЛНОВОГО ДВИЖИТЕЛЯ ПОДВОДНОГО СУДНА**

### **THE PRINCIPLE OF OPERATION AND HYDRODYNAMICS OF UNDERWATER VESSEL WAVE PROPULSION**

Аннотация. На основе анализа проектов с использованием энергии волн на судах предлагается волновой движитель подводного судна в виде крыльев, расположенных у поверхности моря. Представлены результаты расчётов движения судна на встречном и попутном волнении. Предлагаются меры по повышению эффективности волнового движителя. Рассмотрены перспективы его применения для судов и кораблей различных типов.

Abstract. Based on the analysis of using wave energy on ships, wave propulsion of submersible vessel is proposed in the form of wings located near sea surface. The results of vessel motion calculations in head and following waves are given. The measures to improve efficiency of the wave propulsion are proposed. The prospects of its application for civil and naval ships of various types are considered.

Ключевые слова: морские волны, волновой движитель, подводное судно, крылья, эффективность.

Keywords: sea waves, wave propulsion, submersible vessel, wings, efficiency.

#### **Введение**

Волнение в открытом море средних широт практически постоянно и имеет мощность 30 – 50 кВт на 1 м фронта. Эта энергия, вызывая качку, создаёт проблемы мореходности и прочности корпуса судна. Однако во многих случаях такой энергии может быть достаточно для создания полезной тяги судна.

Существует большое количество проектов движителей, использующих энергию волн [1-2]. Большинство патентов предлагают погруженные крылья, принцип действия которых основан на создании силы тяги при их вертикальном движении от качки судна при определённых углах атаки. Г.Е. Павленко в 1935 г. предложил использовать крыло с переменным углом атаки, автоматически регулируемым пружинными ограничителями [1]. Большинство типов волновых движителей (ВД), предложенных впоследствии разными изобретателями, было основано на этом принципе.

Недостатком таких движителей является их малая эффективность. Причиной является то, что вертикальное движение подводных крыльев формируется не непосредственно волнением, а вследствие качки судна. То есть для создания достаточной тяги судно должно интенсивно раскачиваться. Но тогда энергия волн затрачивается на создание качки и связанного с ней дополнительного сопротивления движению судна, а крылья в основном играют роль стабилизаторов качки, уменьшая это сопротивление.

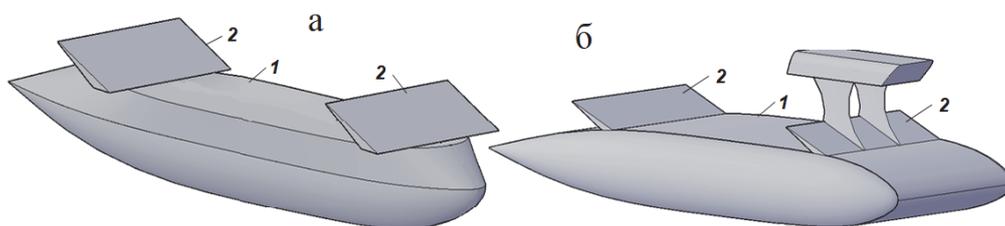
Для надводных судов эффективность крыльевых ВД с переменным углом атаки повышается при увеличении заглубления крыльев. Примером являются волновые глайдеры [2].

Другим способом повышения эффективности ВД является использование энергии не качки судна, а непосредственного орбитального движения воды. Это относится к судам с малой площадью ватерлинии, подверженным относительно малому воздействию волн и качки. В этом случае движители располагаются вблизи поверхности воды, где сосредоточена основная энергия волн. Их недостатками для надводных судов является низкая эффективность вследствие того, что они создают дополнительные реактивные силы, увеличивающие качку судна и сопротивление воды. Кроме того, их выступающие и подвижные части недостаточно надёжны при различных ударах, в частности, штормовых волн.

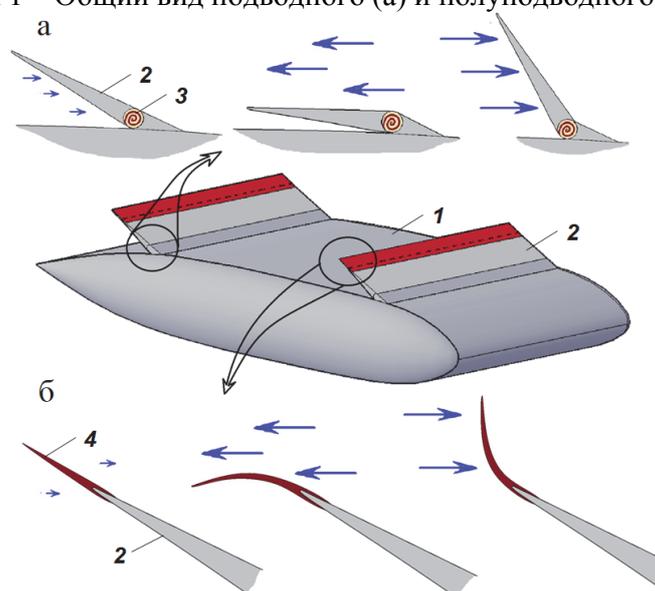
#### **Предлагаемое решение**

Основной проблемой является обеспечение эффективности на различных курсовых углах и в широком диапазоне длин и высот волн. Для её решения предлагается заглубить корпус судна под

воду и расположить ВД вблизи свободной поверхности моря в виде выступающих над корпусом поперечных пластин (крыльев) (рис. 1). Корпус 1 может иметь разную форму в зависимости от назначения судна и волновых режимов в районах эксплуатации. Крылья 2 могут быть выполнены в различных вариантах исполнения: 1) жестко соединёнными с корпусом, тем самым обеспечивая наибольшую прочность и надёжность; 2) с шарнирами 3 и регулируемым углом атаки, обеспечивающим повышение эффективности (рис. 2, а); 3) с эластичными закрылками 4, обеспечивающими автоматическое повышение эффективности за счёт гидроупругого эффекта (рис. 2, б).



1 – корпус; 2 – крылья  
Рисунок 1 – Общий вид подводного (а) и полуподводного (б) судна



1 – корпус; 2 – крыло; 3 – шарнир; 4 – эластичный закрылок  
Рисунок 2 – Варианты регулирования тяги ВД изменением угла наклона:  
а – всего крыла; б – упругого закрылка

Эффективное преобразование энергии волн в тягу судна достигается тем, что глубина погружения и дифферент судна, следовательно, положение пластин ВД относительно поверхности моря регулируется в зависимости от курсового угла, длины и высоты волн.

Возможность создания тяги ВД подтверждается результатами численного моделирования. На рис. 3 представлены кадры движения судна на встречном и попутном волнении. Цветом обозначены гидродинамические поля скорости по координате X. При движении на встречном волнении (рис. 3, а) подводное судно погружается на глубину, превышающую высоту крыльев. При этом дополнительное сопротивление движению судна от волн значительно снижается по сравнению с надводным положением, так как встречные потоки сосредоточены в вершинах волн. В подошвах волн происходит поток в попутном с судном направлении, при этом он увлекает с собой судно, воздействуя на крылья ВД. Таким образом, при положении судна под подошвой волны крылья ВД создают тягу. При положении судна под вершиной волны происходит торможение судна, однако сила сопротивления вершины волны существенно меньше силы тяги под подошвой волны, так как скорость встречного потока на уровне крыльев меньше. Кроме того, за крыльями развиваются вихри, формирующие дополнительные попутные потоки.

При движении на попутном волнении (рис. 3, б) судно всплывает, таким образом, чтобы крылья выходили на поверхность. В этом случае догоняющий судно гребень волны сталкивается

с его кормовым крылом, придавая судну значительное ускорение. Затем происходит движение судна по инерции и торможение встречным потоком под подошвой волны.

Исходя из первых результатов расчётов, скорость движения судна при длине волн от 20 до 150 м может составлять: на встречном волнении – от 1 до 3 уз ( $Fr \approx 0,04$ ); на попутном волнении – от 3 до 8 уз ( $Fr \approx 0,1$ ).

Следует отметить, что для обеспечения эффективности ВД необходимо обеспечить минимальную вертикальную и килевую качку судна. Это достигается подводным положением судна и применением известных успокоителей качки, в частности, горизонтальных рулей.

Эффективность ВД может быть повышена при применении подвижных крыльев или закрылков с автоматически регулируемым углом атаки, таким образом, чтобы при относительном встречном потоке воды они поворачивались в горизонтальное положение, прижимаясь к корпусу и уменьшая сопротивление, а при попутном потоке разворачивались, увеличивая площадь давления попутного потока (рис. 2).

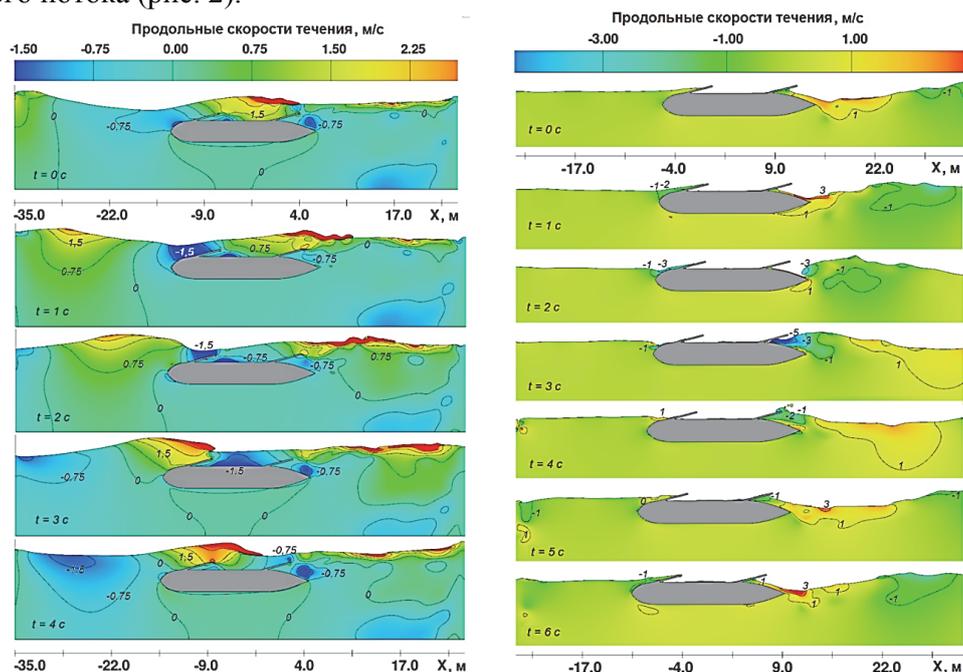


Рисунок 3 – Движение судна на встречном и попутном волнении

### Перспективы применения

Кратко отметим некоторые перспективы применения ВД для судов и кораблей различных типов.

1. Подводные суда океанского плавания для перевозки массовых грузов. Проекты подводных танкеров и рудовозов с ядерными ЭУ существуют давно [3], в частности, имеются разработки ЦКБМТ «Рубин», СПбМБМ «Малахит» и др. [4]. Как правило, дальше проектов дело не продвигалось ввиду экономической невыгодности таких судов. Однако интерес к ним повысился в последние годы. Применение волновой энергии вместо ядерной позволит уменьшить стоимость и риски проектов на всех этапах жизненного цикла.

2. В настоящее время интенсивно развивается глобальный информационный рынок в морской сфере на основе автономных беспилотных платформ различного назначения (гидрографических, геоинформационных, разведывательных и др., в том числе многоцелевых) [5], использующих возобновляемые источники энергии. Применение ВД позволит повысить их энергетическую эффективность, в том числе в сочетании с использованием солнечной и ветровой энергии.

3. Имеются проекты «ныряющих» кораблей, например, фрегата [6]. Погружение корабля под воду снижает его радиолокационную и визуальную заметность, вероятность поражения противокорабельными ракетами. Скоростные полупогружаемые диверсионные и десантные катера применяются в Корее, Иране и др. странах [7]. Применение ВД на них позволит в подводном положении не использовать основную энергетическую установку, снижая акустическую заметность.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Павленко, Г.Е. Использование энергии качки на волнении для движения судов / Г.Е. Павленко // Судостроение. – 1936. – № 6. – С. 394-401.

2 Глушко, В.Н. К вопросу использования энергии морского волнения движителями судов / В.Н. Глушко. – Киев: Ин-т гидромеханики НАНУ, 2017. – 157 с.

3 Букалов, В.М. Проектирование атомных подводных лодок (по материалам иностр. печати) / В.М. Букалов, А.А. Нарусбаев. – Л.: Судостроение, 1967. – 332 с.

4 Берков, Ю.А. Инновационный подводный транспорт в Арктике / Ю.А. Берков, В.Н. Илюхин, А.В. Овчинников // Оборонно-промышленный потенциал. – 2019. – № 4. – С. 38-40.

5 Титов, А.В. Перспективы технологического развития и внедрения безэкипажных судов / А.В. Титов, Л. Баракат // Морские интеллектуальные технологии. – 2018. – № 1-3 (41). – С. 94-103.

6 Нечаев, Г. Ныряющий фрегат / Г. Нечаев // Военное обозрение: Электронный журнал. – URL: <https://topwar.ru/2008-proekt-podvodnoj-lodki-smx-25-ot-kompanii-dkns-franciya.html>. – Дата публикации: 29.10.2010.

7 North Korean Semi-submersible craft / Covert Shores Naval Warfare Blog. – 2010. – 06. – URL: <http://covertshores.blogspot.com/2010/06/north-korean-semi-submersible-craft.html> (дата обращения: 01.02.2022).

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>СЕКЦИЯ 1. ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ<br/>ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ<br/>ТЕХНОЛОГИЙ</b> .....                                                            | 3  |
| <b>Абарникова Е.Б., Лисин И.М.</b><br>ВИРТУАЛЬНЫЙ СЛЕДОВАТЕЛЬ.....                                                                                                            | 3  |
| <b>Ахметгалиев Т.А.</b><br>ФОРМИРОВАНИЕ ЕДИНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ОБЪЕКТОВ<br>НЕДВИЖИМОСТИ, КАК ЭЛЕМЕНТА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННЫХ<br>ФЕДЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ..... | 5  |
| <b>Башков Г.О., Щелкунова М.Е.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ РЕСТОРАНА.....                                                                                 | 8  |
| <b>Воронков А.Д., Абарникова Е.Б.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДУЛЯ «ЭЛЕКТРОННАЯ ЗАЧЁТНАЯ КНИЖКА».....                                                                             | 10 |
| <b>Городний З.А., Абарникова Е.Б.</b><br>РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ<br>С НЕДВИЖИМОСТЬЮ.....                                                                | 12 |
| <b>Дмитриев А.В., Абарникова Е.Б.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИЗАЙНА И РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ИНТЕРФЕЙСА<br>ДЛЯ ЛИЧНОГО КАБИНЕТА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ.....                                  | 13 |
| <b>Дронов Р.Д., Петрова А.Н.</b><br>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУБД, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ<br>ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....                                                                  | 15 |
| <b>Жбанов В.А., Абарникова Е.Б.</b><br>РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ<br>НЕСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТОВ.....                                                                | 17 |
| <b>Захарова М.К., Щелкунова М.Е.</b><br>АНАЛИЗ РАСЧЕТА РАСХОДА ЭНЕРГИИ.....                                                                                                   | 19 |
| <b>Иванов М.А., Щелкунова М.Е.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ<br>ПАССАЖИРСКОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....                               | 21 |
| <b>Карамышев М.Д., Петрова А.Н.</b><br>РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО КОНСТРУКТОРА ЗАДАНИЙ<br>ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕГО ТРЕНАЖЕРА.....                                                        | 23 |
| <b>Колот А.В., Щелкунова М.Е.</b><br>ТЕСТИРОВАНИЕ САЙТА С ПОМОЩЬЮ ОНЛАЙН-ИНСТРУМЕНТА<br>НАГРУЗОЧНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ.....                                                        | 26 |
| <b>Кортун В.С., Петрова А.Н.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ<br>ДЛЯ РУДОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....                                                                     | 28 |
| <b>Левченко С.А., Абарникова Е.Б.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОБИЛЬНОГО ЛИЧНОГО КАБИНЕТА<br>АБИТУРИЕНТА КнАГУ.....                                                                 | 31 |
| <b>Мавровский И.Д., Щелкунова М.Е.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ<br>УСЛУГ КЛИЕНТАМ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....                           | 35 |
| <b>Мастевой С.С., Петрова А.Н.</b><br>DATA MINING: ОБЗОР МЕТОДОВ И ОБЛАСТИ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ.....                                                                                 | 38 |
| <b>Мастевой С.С., Щелкунова М.Е.</b><br>АЛЬФА- И БЕТА-ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ «ЛАБИРИНТ».....                                                                                  | 40 |
| <b>Нацвин А.В.</b><br>КОМПЬЮТЕРНОЕ МАКЕТИРОВАНИЕ АЛБАЗИНСКОГО ОСТРОГА В 1685 ГОДУ.....                                                                                        | 43 |
| <b>Никитина В.О., Щелкунова М.Е.</b><br>ТЕСТИРОВАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО ИНТЕРФЕЙСА<br>НА ПРИМЕРЕ МОДУЛЯ «ОТО AR».....                                                          | 45 |
| <b>Овчинникова А.А., Абарникова Е.Б.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ САЙТА ДЛЯ СПОРТИВНОГО КЛУБА АЙКИДО.....                                                                            | 49 |

|                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Пьянзин В.П., Абарникова Е.Б.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕРНЕТ-КАТАЛОГА ДЛЯ АРТ-ГАЛЕРЕИ.....                                                                                            | 52 |
| <b>Разумовская И.В., Петрова А.Н.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УЧЕТА ОБЕСПЕЧЕННОСТИ<br>КОМПЛЕКТУЮЩИМИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЗАНЯТИЙ В ДЕТСКОМ КЛУБЕ<br>ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА..... | 55 |
| <b>Робачинский Д.В., Щелкунова М.Е.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СТАТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ<br>ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....                                                                | 58 |
| <b>Силин Н.В., Сидоренко А.С.</b><br>К ВОПРОСУ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЙ И ПЕРСПЕКТИВ<br>РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ<br>ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ.....                  | 60 |
| <b>Скрипаль Е.И., Щелкунова М.Е.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ<br>ПРИОБРЕТЕНИЯ СТРАХОВЫХ ПОЛИСОВ.....                                                                     | 63 |
| <b>Скрипаль Е.И., Петрова А.Н.</b><br>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЯЦИОННЫХ СУБД,<br>ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ.....                                                                      | 67 |
| <b>Фирсин А.И., Волошин Е.А.</b><br>МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ МЕСТА ПОРЫВА КАБЕЛЯ.....                                                                                                           | 69 |
| <b>Фирсин А.И., Волошин Е.А.</b><br>ПРОИЗВОДСТВО ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА СТАЦИОНАРНЫХ ПУНКТАХ<br>ДИСЛОКАЦИИ ОСНОВАННОЕ НА ПРИНЦИПЕ КОНДЕНСАЦИИ.....                                             | 70 |
| <b>Шаповалов Е.Э., Абарникова Е.Б.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКТОРА ОНЛАЙН-ХАКАТОНОВ.....                                                                                              | 72 |
| <b>Шконда Д.Н., Щелкунова М.Е.</b><br>ТЕСТИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИНТЕРНЕТ-СТРАНИЦ.....                                                                                              | 75 |
| <b>Якимова С.В., Щелкунова М.Е.</b><br>ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ<br>ДЛЯ КАДРОВОГО АГЕНТСТВА.....                                                                           | 77 |
| <b>Яковлев А.С., Петрова А.Н.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ<br>ИГРОКА И ПРИЛОЖЕНИЯ «Я – ТУРИСТ».....                                                                | 81 |
| <b>Якунина К.Д., Щелкунова М.Е.</b><br>РАЗРАБОТКА ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ<br>ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ANDROID.....                                                                         | 83 |
| <b>СЕКЦИЯ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, ОБРАБОТКИ, ХРАНЕНИЯ,<br/>ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ.....</b>                                                                      | 86 |
| <b>Васильев Г.В., Бердоносков В.Д., Васильев А.В.</b><br>СБОР ДАННЫХ О ПОГОДЕ ЧЕРЕЗ API OPENWEATHER.....                                                                                 | 86 |
| <b>Васильев Г.В., Васильев А.В.</b><br>ОПТИМИЗИРОВАННОЕ ХРАНЕНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ<br>С ПОМОЩЬЮ АРАСНЕ NIVE.....                                                                            | 89 |
| <b>Вильдяйкин Г.Ф.</b><br>ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ ОТ ВНЕШНИХ АКУСТИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ<br>ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗА СЧЕТ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ.....                                                                         | 91 |
| <b>Вильдяйкин Г.Ф.</b><br>ЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ ОТ ВНЕШНИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ<br>В ИНФРАКРАСНОМ ДИАПАЗОНЕ ЗА СЧЕТ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ.....                                                        | 93 |
| <b>Вильдяйкин Г.Ф., Спиридонов В.А.</b><br>ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ УЯЗВИМОСТИ<br>ПРИ N-КРАТНОМ ТЕСТИРОВАНИИ САЙТОВ.....                                                           | 95 |
| <b>Вильдяйкин Г.Ф., Филатова Д.К.</b><br>МОДЕЛЬ УГРОЗ АБОНЕНТСКОГО ПУНКТА<br>ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....                                                                 | 99 |

|                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Вильдяйкин Г.Ф., Филатова Д.К.</b><br>ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТЫ ПОМЕЩЕНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ<br>ИЗМЕРЕНИЯ И РАСЧЕТА РАЗБОРЧИВОСТИ РЕЧИ.....                                                                                                       | 101 |
| <b>Губарев В.В.</b><br>ЕДИНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ<br>ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДОПУСКА К ГОСУДАРСТВЕННОЙ ТАЙНЕ.....                                                                                                 | 104 |
| <b>Карпова Н.Г., Трещев И.А., Кузнецов В.А.</b><br>СПОСОБЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ<br>В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....                                                                                         | 106 |
| <b>Карпова Н.Г., Трещев И.А., Подоба Н.Е.</b><br>ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА<br>ИСПОЛНЯЕМЫХ ФАЙЛОВ, РАБОТА С IDA PRO.....                                                                                                           | 109 |
| <b>Карпова Н.Г., Трещев И.А., Пырин О.О.</b><br>ОБЗОР КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ<br>ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ УТЕЧЕК ИНФОРМАЦИИ.....                                                                                                      | 112 |
| <b>Конкин А.А., Трещев И.А.</b><br>ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ XSS УЯЗВИМОСТЕЙ<br>В ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯХ.....                                                                                                                             | 115 |
| <b>Куртин М.А., Котляров В.П.</b><br>КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНЫХ РОБОТОВ<br>ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ.....                                                                                                                    | 118 |
| <b>Ложников К.А., Трещев И.А.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ КОНФИГУРАЦИЙ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ<br>СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ТРАФИКА НА НАЛИЧИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ.....                                                                                             | 120 |
| <b>Маслова Е.В., Харитонов Д.В., Анашкина А.А., Грошев А.В.</b><br>РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТОВ АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ДАННЫХ<br>В ПРОГРАММНО-АППАРАТНОМ УПРАВЛЕНЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ,<br>ИНТЕГРИРОВАННОМ В ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ..... | 124 |
| <b>Москалец Г.В., Трещев И.А.</b><br>О AGILE И КАСКАДНЫХ МЕТОДОЛОГИЯХ РАЗРАБОТКИ<br>ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....                                                                                                                           | 127 |
| <b>Москалец Г.В., Трещев И.А.</b><br>ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В UNITY,<br>С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ VUFORIA И МАРКЕРОВ ARUCO.....                                                                                                  | 128 |
| <b>Обухов С.А., Черемухин Д.Н.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ДОСТИЖЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ<br>ПРИ ПРОИЗВЕДЕНИИ ТРАНЗАКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КРИПТОВАЛЮТ.....                                                                                  | 131 |
| <b>Подоба Н.Е., Трещев И.А., Карпова Н.Г.</b><br>ОБ ИТЕРАЦИОННОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ<br>ПО КАНАЛУ НАВОДОК НА ЦЕПИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ.....                                                                                | 133 |
| <b>Постникова М.В., Обласов А.А.</b><br>ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ.....                                                                                                                                                                         | 135 |
| <b>Пырин О.О., Трещев И.А.</b><br>О ПОДХОДЕ К МОДЕЛИРОВАНИЮ МНОГОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВ<br>ДИСКРЕЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДОСТУПА.....                                                                                                                   | 137 |
| <b>Трещев И.А., Подоба Н.Е.</b><br>ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АНАЛИЗА ИСПОЛНЯЕМЫХ ФАЙЛОВ.....                                                                                                                                              | 141 |
| <b>Трещев И.А., Ватолина А.С.</b><br>ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ТРЕНИНГОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ<br>В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ФГБОУ ВО КНАГУ.....                                                                                     | 142 |
| <b>Трещев И.А., Кузнецов В.А., Ничипорук С.М.</b><br>ОБ ИТЕРАЦИОННОМ ПОДХОДЕ К ОЦЕНКЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ<br>ПО КАНАЛУ ПОБОЧНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....                                                                                    | 145 |
| <b>Трещев И.А., Кузнецов В.А.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ<br>С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ.....                                                                                                     | 147 |

|                                                                                                                                                                                                                                    |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Трещев И.А., Прокофьев С.В., Коротких А.А.</b><br>ФОРМИРОВАНИЕ ПЕРЕЧНЯ OWASP TOP-10 НА 2022 ГОД.....                                                                                                                            | 149 |
| <b>Трещев И.А., Прокофьев С.В.</b><br>ОБОБЩЕННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ УЯЗВИМОСТЕЙ<br>ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....                                                                                                                        | 152 |
| <b>Трещев И.А., Филатова Д.К., Ватолина А.С.</b><br>ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ПОДГОТОВКЕ<br>ПО НАПРАВЛЕНИЯМ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....                                                                     | 154 |
| <b>Филатова Д.К., Трещев И.А., Карпова Н.Г.</b><br>ПОДХОДЫ К АНАЛИЗУ XSS УЯЗВИМОСТЕЙ НА ВЕБ-РЕСУРСАХ<br>НА ОСНОВЕ XSS GAME ОТ GOOGLE.....                                                                                          | 156 |
| <b>Челухин В.А.</b><br>МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ.....                                                                                                                                                                     | 159 |
| <b>Челухин В.А., Белобородов В.О.</b><br>ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА АНТИВИРУСНЫХ ПРОГРАММ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ.....                                                                                                                                  | 162 |
| <b>Челухин В.А., Воропаев Д.В.</b><br>ПРОБЛЕМА ПРИМЕНЕНИЯ СЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ<br>НА ПРЕДПРИЯТИИ РАСПРЕДЕЛЁННОГО ТИПА.....                                                                                                              | 164 |
| <b>Челухин В.А., Гордеев Г.И.</b><br>АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ ФОРЕНЗИКИ.....                                                                                                                                                              | 166 |
| <b>Челухин В.А., Горошков А.Е.</b><br>ЗНАЧЕНИЕ ФОРЕНЗИКИ В РАСКРЫТИИ ПРЕСТУПЛЕНИЙ В ЦИФРОВОМ МИРЕ.....                                                                                                                             | 168 |
| <b>Челухин В.А., Дятлов А.А., Бондарев И.В.</b><br>ПРОБЛЕМЫ НАСТРОЙКИ АНТИВИРУСНЫХ ПРОГРАММ.....                                                                                                                                   | 169 |
| <b>Челухин В.А., Караванов И.В.</b><br>ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ.....                                                                                                                                   | 171 |
| <b>Челухин В.А., Монастырская Е.И.</b><br>КЛЮЧЕВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПОЛИТИКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....                                                                                                                              | 173 |
| <b>Челухин В.А., Ченченко М.Г.</b><br>“КИБЕРЛОВУШКИ” ДЛЯ ЗЛОУМЫШЛЕННИКОВ.....                                                                                                                                                      | 175 |
| <b>Чернов Р.В., Наташкина Е.А.</b><br>ЦЕЛЕВЫЕ АТАКИ В ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ.....                                                                                                                                             | 176 |
| <b>Юриков В.К., Лошманов А.Ю.</b><br>ОБ ОДНОЙ НОВОЙ АТАКЕ НА КРИПТОСИСТЕМУ RSA.....                                                                                                                                                | 179 |
| <b>Юсупова О.А., Бобровских А.И.</b><br>ЦИФРОВИЗАЦИЯ БАНКОВСКИХ УСЛУГ В РФ.....                                                                                                                                                    | 181 |
| <b>Юсупова О.А., Виноградова А.С.</b><br>ОПЕРАЦИИ С БАНКОВСКИМИ ПЛАСТИКОВЫМИ КАРТАМИ<br>В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....                                                                                                                | 184 |
| <b>Юсупова О.А., Глебова П.Д.</b><br>СОВРЕМЕННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ<br>В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ: ЗАРУБЕЖНЫЙ И ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ.....                                                                                                   | 186 |
| <b>Юсупова О.А., Капаклы В.А.</b><br>ТЕНДЕНЦИИ ЦИФРОВИЗАЦИИ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ<br>В БАНКОВСКОЙ СФЕРЕ.....                                                                                                                | 189 |
| <b>СЕКЦИЯ 3. АКТУАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ<br/>И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ.....</b>                                                                                                                       | 193 |
| <b>Абдурахмонов Ш.Э., Ефимов А.А., Гордиевский Д.М., Соснин А.А.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАВИСИМОСТИ ПРИРОСТА ИЛИ УБЫЛИ<br>НАСЕЛЕНИЯ ОТ СРЕДНЕГО ДОХОДА В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ.....                                              | 193 |
| <b>Альхименко И.Н., Смирнов М.А., Канахин И.В., Хромов А.И.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДЕФОРМАЦИИ И НАПРЯЖЕНИЯ<br>В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16Т.....                                                          | 195 |
| <b>Аршинский Д.О., Юзва М.И., Сигаев Д.А., Григорьева А.Л.</b><br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ,<br>ОПИСЫВАЮЩЕЙ ЗАВИСИМОСТЬ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРЯЗНЕНИЯ<br>ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА..... | 198 |

|                                                                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Бабин Ю.О., Баженов Р.И.</b><br>ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ ПО ВЫБОРУ МОНИТОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ<br>БАЙЕСОВСКИХ СЕТЕЙ ДОВЕРИЯ В ПРОГРАММЕ NETICA.....                                                     | 200 |
| <b>Васильев Г.В., Бердонос В.Д.</b><br>РАЗРАБОТКА И СРАВНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ<br>ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ПОМОЩЬЮ РЕКУРРЕНТНЫХ<br>НЕЙРОСЕТЕЙ С ДОЛГОЙ КРАТКОСРОЧНОЙ ПАМЯТЬЮ.....     | 203 |
| <b>Гадеев Д.В.</b><br>ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ МИКРОШЛИФОВ С РЕЗУЛЬТАТАМИ<br>ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ В СРЕДЕ MATLAB.....                                                                                  | 206 |
| <b>Григорьева А.Л., Канахин И.В., Хасаншин С.Д., Хряпченко К.Д.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕФОРМАЦИИ СТАЛЬНЫХ<br>ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СТЗ ПРИ РАВНОМЕРНОМ РАСТЯЖЕНИИ..... | 208 |
| <b>Евстигнеева А.А., Харламова О.С., Григорьева А.Л.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК,<br>ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ МЕТИЛОВОГО СПИРТА.....                            | 211 |
| <b>Емельянов И.Е., Жарикова Е.П.</b><br>АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ,<br>РАСПОЗНАЮЩЕЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ НОМЕРА<br>АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ DRIVE-THRU ИНДУСТРИИ.....                 | 214 |
| <b>Канахин И.В., Хромов А.И.</b><br>РАСТЯЖЕНИЕ ПОЛОСЫ ИЗ СЖИМАЕМОГО МАТЕРИАЛА С НЕПРЕРЫВНЫМ<br>ПОЛЕМ СКОРОСТЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ.....                                    | 216 |
| <b>Караулова А.В., Базилевский М.П.</b><br>О ВЛИЯНИИ МАСШТАБИРОВАНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ В КВАЗИЛИНЕЙНЫХ<br>РЕГРЕССИЯХ НА КОЭФФИЦИЕНТ ДЕТЕРМИНАЦИИ И КРИТЕРИИ НЕЛИНЕЙНОСТИ.....                           | 218 |
| <b>Ларев А.А., Тихонов А.А., Юшков А.А., Григорьева А.Л., Хромов А.И.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ<br>КОНСТРУКЦИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ СТАЛЬНЫХ СПЛАВОВ.....               | 221 |
| <b>Лариков Р.Д., Жарикова Е.П.</b><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРИЛОЖЕНИЯХ, ОБУЧАЮЩИХ<br>ДЕТЕЙ ГЕОМЕТРИЧЕСКИМ ФИГУРАМ И ОПРЕДЕЛЕНИЯМ.....                                                 | 223 |
| <b>Ларченко Ю.Г.</b><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ТРИЗ ДЛЯ РАЗРЕШЕНИЯ<br>ПРОТИВОРЕЧИЙ В СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ<br>СИСТЕМЫ СБАЛАНСИРОВАННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ.....                           | 225 |
| <b>Лебедева К.Е., Бердонос В.Д.</b><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА<br>ПО ТЕМЕ «СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗАЦИИ<br>СИНТАКСИЧЕСКОГО РАЗБОРА ПРИ МАШИННОМ ПЕРЕВОДЕ».....  | 229 |
| <b>Лобанов Д.В., Звенигородский И.И., Мерщев А.А., Певцов С.С.</b><br>ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ<br>В ПОМЕЩЕНИЯХ УМСТВЕННОГО ТРУДА.....                                  | 232 |
| <b>Маряшина Д.Н., Хайбуллин Ш.Д., Шамсиев Э.Х.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ<br>ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ.....                                                            | 235 |
| <b>Мучкаева С.С.</b><br>ПРЯМАЯ ЭЙЛЕРА КАК ПРИМЕР ОБОБЩЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛОСКИХ<br>И ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ФИГУР.....                                                                                    | 238 |
| <b>Попова О.В., Григорьев Я.Ю., Жарикова Е.П.</b><br>ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕТОДАМИ<br>МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....                                                                        | 240 |
| <b>Попова О.В., Кириллов А.В.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ.....                                                                                              | 244 |
| <b>Семенов И.А.</b><br>ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ЦЕПОЧКИ ПОСТАВОК В ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПАНИЯХ<br>КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ПРОИЗВОДСТВО И ЛОГИСТИКУ.....                                             | 246 |

|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Серый А.И., Серая З.Н.</b><br>О МОДЕЛИРОВАНИИ НАПОЛНЕННЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО.....                                                                                                 | 250 |
| <b>Сомин В.И., Широкова З.В.</b><br>НЕВОЗМОЖНОСТЬ ВЕЧНОГО ДВИГАТЕЛЯ КАК СПОСОБ<br>ДОКАЗАТЕЛЬСТВА ТЕОРЕМЫ ПИФАГОРА.....                                                                       | 252 |
| <b>Спиридонов В.А.</b><br>АЛГОРИТМ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ПОРОЖДАЮЩЕГО ФАЗЗИНГА<br>ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕДОСТАТКОВ WEB-ПРИЛОЖЕНИЙ<br>ПОСРЕДСТВОМ АТАК XSS.....                                         | 254 |
| <b>Тимофеев Г.А., Бердонос В.Д.</b><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТУАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ СБОРА И АНАЛИЗА ДАННЫХ.....                                                                                 | 257 |
| <b>Тихомиров В.А.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТРАССИРОВКИ ЭЛЕКТРОЖГУТОВ<br>МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....                                                                                  | 259 |
| <b>Тригуб Ю.С., Григорьева А.Л.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИДЕНТИФИКАЦИИ НОСИТЕЛ ЯЗЫКА.....                                                                                       | 262 |
| <b>Челухин В.А., Васильев А.В.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИКАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK.....                                                                                        | 264 |
| <b>Челухин В.А., Стародубцев И.В.</b><br>АНТИВИРУСЫ И ПРОБЛЕМА ИХ ВЫБОРА СИСТЕМНЫМ АДМИНИСТРАТОРОМ.....                                                                                      | 266 |
| <b>Челухин В.А.</b><br>РАЗРАБОТКА БЛОК-СХЕМЫ ДЛЯ АЛГОРИТМА ПРОГРАММЫ<br>ГОДОВОГО ПЕРЕПАДА ТЕМПЕРАТУР ДЕНЬ-НОЧЬ.....                                                                          | 267 |
| <b>Черников А.М., Григорьева А.Л.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЗАВИСИМОСТИ ПЛОТНОСТИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ<br>ЭТИЛОВОГО СПИРТА ОТ ПРОЦЕНТА МАССЫ И ОБЪЕМА СПИРТА В РАСТВОРЕ.....                  | 269 |
| <b>Шубаев Р.А., Бердонос В.Д.</b><br>СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СОЛНЕЧНЫХ И ВЕТРОВЫХ<br>ПОТОКОВ ДЛЯ УДАЛЁННЫХ ПОСЁЛКОВ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ.....                                    | 272 |
| <b>СЕКЦИЯ 4. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ<br/>И ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ.....</b>                                                                                                      | 274 |
| <b>Афанасьева А.А., Башков О.В., Башкова К.В.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ НОВОГО<br>ФРИКЦИОННОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА.....                                         | 274 |
| <b>Балмин А.Е.</b><br>МАТЕРИАЛ ОПОРНОГО КОРПУСА ДЛЯ КЕРАМИЧЕСКИХ АЛМАЗНЫХ<br>ШЛИФОВАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ.....                                                                                  | 277 |
| <b>Бао Фэнюань, Башков О.В., Ли Сюэвэй</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИГНАЛОВ АЭ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ<br>АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 6070 С ПОКРЫТИЕМ, ФОРМИРУЕМЫМ<br>МИКРОДУГОВЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ..... | 278 |
| <b>Башков И.О., Башков О.В.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ,<br>ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ<br>ПРИ ПОМОЩИ АДАПТИВНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА.....           | 281 |
| <b>Бей Д.В., Шакирова О.Г.</b><br>СИНТЕЗ И ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ КОМПЛЕКСОВ<br>МЕДИ(I,II) С 2,4-ДИМЕТИЛПИРАЗОЛО[1,5-А]БЕНЗИМИДАЗОЛОМ.....                                                         | 284 |
| <b>Белова И.В., Донцова С.А.</b><br>ТЕХНОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ МИКРОСТРУКТУР<br>МАТЕРИАЛА МЕТОДОМ КОМПЬЮТЕРНОЙ МЕТАЛЛОГРАФИИ.....                                             | 286 |
| <b>Брызгалов М.А.</b><br>ПУЦЦОЛАНЫ ДРЕВНЕГО РИМА И СОВРЕМЕННЫЕ БЕТОННЫЕ СМЕСИ.....                                                                                                           | 289 |
| <b>Брянский А.А., Башков О.В.</b><br>ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СПОСОБА<br>НАГРУЖЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА<br>С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА АЭ.....               | 292 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                             |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Будникова Я.Н., Желевская Д.Д., Проценко А.Е.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ $H_2L[CoCl_4]$ НА ПРИМЕРЕ<br>РЕАКЦИИ ОТВЕРЖДЕНИЯ ЭПОКСИВИНИЛЭФИРОНОГО СВЯЗУЮЩЕГО.....                                                                                        | 295 |
| <b>Войтович И.И., Ступалев Д.Э., Варганян М.А.</b><br>ОДНОСТАДИЙНЫЙ СИНТЕЗ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВ<br>СЛОЖНЫХ ОКСИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....                                                                                                                                    | 298 |
| <b>Дабижа О.Н., Михайлова Т.А., Шилова О.А.</b><br>СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ<br>ПОЛИАКРИЛАМИД-ЖЕЛАТИНОВЫХ СМЕСЯХ.....                                                                                                                                     | 301 |
| <b>Девясилова П.С., Проценко А.Н.</b><br>СИНТЕЗ, СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КОМПЛЕКСА<br>МЕДИ(II) С ЦИС-2,6-ДИМЕТИЛПИПЕРАЗИНОМ.....                                                                                                                                               | 303 |
| <b>Дудин А.Н., Юрина В.Ю., Нещименко В.В.</b><br>ОБРАЗОВАНИЕ ПАР ФРЕНКЕЛЯ В $ZnO$ , $SiO_2$ И $Al_2O_3$<br>ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ.....                                                                                                                        | 305 |
| <b>Духовников К.П., Шакирова О.Г.</b><br>ИЗУЧЕНИЕ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ<br>КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА(II) С N-ГЕТЕРОЦИКЛАМИ.....                                                                                                                                        | 308 |
| <b>Ефанова А.О., Богданов И.А.</b><br>ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВЫСОКОПАРАФИНИСТОЙ ДИЗЕЛЬНОЙ ФРАКЦИИ<br>В КАЧЕСТВЕ УСИЛИТЕЛЯ ДЕЙСТВИЯ ДЕПРЕССОРНОЙ ПРИСАДКИ<br>В СОСТАВЕ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА.....                                                                                        | 310 |
| <b>Иншакова К.А., Бродский В.А., Кладовщикова О.И., Яворский А.Р.</b><br>ВЛИЯНИЕ ФЛОКУЛЯНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭЛЕКТРОФЛОТАЦИОННОГО<br>ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАЛОРАСТВОРИМЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА (III), АЛЮМИНИЯ (III)<br>И ХРОМА (III) ИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСТВОРА СУЛЬФАТА МАГНИЯ..... | 312 |
| <b>Картонова Л.В., Шабалдин И.В., Барков А.М.</b><br>ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ УПРОЧНЯЕМЫХ<br>АЛЮМИНИЕВЫХ ДЕФОРМИРУЕМЫХ СПЛАВОВ.....                                                                                                                                | 314 |
| <b>Ковалев М.И., Проценко А.Е.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛЬВОЛИЗА ЭПОКСИ-КОМПОЗИТОВ<br>В СРЕДЕ ЭТИЛОВОГО СПИРТА.....                                                                                                                                                            | 317 |
| <b>Комарицын С.О., Шакирова О.Г.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩЕГО<br>В РЕЗУЛЬТАТЕ ОБРАЗОВАНИЯ ГИДРАТНЫХ ПРОБОК, НА МАТЕРИАЛЫ<br>ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ<br>В НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ.....                            | 319 |
| <b>Люхо И.А., Проценко А.Е.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА И ПРОДУКТОВ<br>ПИРОЛИЗА ЭПОКСИВИНИЛЭФИРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО.....                                                                                                                                                        | 321 |
| <b>Маркевич Н.В., Желевская Д.Д., Проценко А.Е.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КООРДИНАЦИОННОГО<br>СОЕДИНЕНИЯ $L_2[CuBr_4]$ НА ПРИМЕРЕ РЕАКЦИИ ОТВЕРЖДЕНИЯ<br>ЭПОКСИВИНИЛЭФИРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО.....                                                            | 324 |
| <b>Морозова Я.П., Богданов И.А.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ЦЕТАНА И ГЕПТАДЕКАНА В СОСТАВЕ<br>ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ДЕПРЕССОРА.....                                                                                                       | 327 |
| <b>Никитина А.В., Охлопкова А.А., Васильев А.П.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОРАЗМЕРНОГО НИТРИДА БОРА<br>НА СВОЙСТВА ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА.....                                                                                                                            | 329 |
| <b>Патлай К.И.</b><br>ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ<br>ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОРСКИХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ.....                                                                                                                             | 333 |
| <b>Проценко А.Н.</b><br>СТРУКТУРА, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА ТЕТРАХЛОРОКУПРАТОВ<br>С N-ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИМИ КАТИОНАМИ.....                                                                                                                                                           | 335 |

|                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Сапожник К.Р., Башков О.В.</b><br>РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ<br>УСТАЛОСТНЫХ ИСПЫТАНИЙ.....                                                                                                                  | 337 |
| <b>Сычева А.А., Проценко А.Н.</b><br>СИНТЕЗ КОМПЛЕКСА МЕДИ(II) С 1-(4-ХЛОРФЕНИЛ)ПИПЕРАЗИНОМ.....                                                                                                                                       | 340 |
| <b>Терехов Д.Н., Проценко А.Н.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ<br>ИОНОВ МЕДИ(II) С 1,2,4-ТРИАЗОЛАМИ.....                                                                                                                      | 342 |
| <b>Харитонов Д.В., Анашкин Д.А., Блинов А.Н.</b><br>ПРОБЛЕМА ВНЕДРЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОПК.....                                                                                                                               | 344 |
| <b>Шуляк Д.А., Васюренко Н.К., Проценко А.Н.</b><br>СИНТЕЗ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОМПЛЕКСА<br>МЕДИ(II) С 1-(4-ХЛОРФЕНИЛ)ПИПЕРАЗИНОМ.....                                                                                         | 347 |
| <b>СЕКЦИЯ 5. ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ.....</b>                                                                                                                                                             | 351 |
| <b>Бузунова А.Е., Шакирова О.Г., Плетнев Н.О.</b><br>УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТАНОВКИ<br>ГАРДЕРОБНОГО МОДУЛЯ В САМОЛЁТЕ.....                                                                                                    | 351 |
| <b>Бусов А.И.</b><br>ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО<br>УПРОЧНЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ 40ХН.....                                                                                                             | 352 |
| <b>Головкин П.А.</b><br>ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КОРПУСОВ МИКРОСБОРОК<br>УПРАВЛЕНИЕМ СТРУКТУРЫ ИХ МАТЕРИАЛА.....                                                                                                                             | 353 |
| <b>Григорьев А.С.</b><br>ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ.....                                                                                                                                                      | 356 |
| <b>Григорьев В.В., Бахматов П.В., Муравьев В.И.</b><br>ВЛИЯНИЕ ПОДГОТОВКИ СТЫКУЕМЫХ КРОМОК НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ<br>СОЕДИНЕНИЙ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ,<br>ВЫПОЛНЕННЫХ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ И АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКОЙ..... | 359 |
| <b>Диас Гонсалес Рафаэль О., Козерук А.С., Кузнечик В.О.</b><br>ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ<br>ПЛОСКИМ ИНСТРУМЕНТОМ.....                                                                                              | 362 |
| <b>Дьяченко В.А., Сариллов М.Ю.</b><br>СИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В ТОПЛИВНОМ ГАЗЕ<br>УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА.....                                                                                                | 365 |
| <b>Зинченко Д.Д., Сариллов М.Ю.</b><br>КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПЕЧЕЙ<br>КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА.....                                                                                                             | 367 |
| <b>Карпенко В.А., Щелкунов Е.Б.</b><br>РАЗРАБОТКА СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА ГЕКСАПОДА<br>С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ В T-FLEX CAD.....                                                                                        | 369 |
| <b>Кокшин П.Л.</b><br>АВТОМАТИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ CAD-МОДЕЛЕЙ.....                                                                                                                                                                          | 372 |
| <b>Комарова К.К., Бахматов П.В.</b><br>АДДИТИВНАЯ НАПЛАВКА.....                                                                                                                                                                        | 375 |
| <b>Кононенко Р.С., Щелкунов Е.Б.</b><br>СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВИТЫХ ТРУБ.....                                                                                                                                                            | 378 |
| <b>Кравченко А.С., Бахматов П.В.</b><br>УСТАНОВКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ<br>С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ.....                                                                                                                 | 380 |
| <b>Курильченко М.С., Сариллов М.Ю.</b><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ<br>ЗА СЧЕТ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА В ТОПЛИВНОМ ГАЗЕ.....                                                                        | 383 |
| <b>Лыгин Е.В., Пронин А.И.</b><br>АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ: ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВО.....                                                                                                                                        | 385 |

|                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Маликов И.О., Ведер Б.Р., Дуров Д.С.</b><br>О ВОЗМОЖНОСТЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ<br>ОТДЕЛОЧНО-УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ<br>УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ.....                             | 387 |
| <b>Марченко Е.А., Бахматов П.В.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ КОРНЕВОГО ВАЛИКА<br>ПРИ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКЕ ТРУБОПРОВОДА ИЗ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ.....                                                          | 390 |
| <b>Мельник Д.К., Сарилов М.Ю.</b><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ЗАМЕДЛЕННОГО<br>КОКСОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИНГИБИТОРОВ.....                                                                          | 392 |
| <b>Михайлов К.А., Бахматов П.В., Старцев Е.А.</b><br>ПАТЕНТНЫЙ АНАЛИЗ. ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ<br>РЫНКА ПРОДУКЦИИ САМОЗАЩИТНЫХ ПОРОШКОВЫХ ПРОВОЛОК.....                                                  | 393 |
| <b>Морквин Н.А., Отряскина Т.А.</b><br>ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА С ПОМОЩЬЮ СНИЖЕНИЯ ЗАСТОЙНЫХ ЗОН.....                                                                                                               | 397 |
| <b>Потянихин Д.А., Квашнин А.Е., Дмитриев Э.А., Евстигнеев А.И., Одинокое В.И.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕФОРМИРОВАНИЯ МЕТАЛЛА<br>НА ЛИТЕЙНО-КОВОЧНОМ МОДУЛЕ С ОДНОСТОРОННИМ<br>ВОЗДЕЙСТВИЕМ БОЙКОВОЙ ПЛИТЫ..... | 398 |
| <b>Старничук Е.П., Бахматов П.В.</b><br>ОТРАБОТКА АЛГОРИТМА ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ<br>МНОГОПРОХОДНОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СВАРКИ.....                                                                                      | 401 |
| <b>Старцев Е.А., Григорьев В.В., Брянский А.А., Бахматов П.В.</b><br>ПОИСК АЛЬТЕРНАТИВ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ДЕФИЦИТА ЛОМА<br>МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА «АМУРСТАЛЬ».....                                                  | 404 |
| <b>Улановская А.И., Клешнина О.Н.</b><br>ПРОЦЕССЫ ПРОИЗВОДСТВА, МЕТОДЫ ПОДГОТОВКИ<br>СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО ШВА.....                                                                            | 407 |
| <b>Щелкунов Е.Б., Карпенко В.А.</b><br>САМОСКЛАДЫВАЮЩИЕСЯ РОБОТЫ ОРИГАМИ.....                                                                                                                                         | 410 |
| <b>Юрченко М.С., Саблин П.А., Щетинин В.С.</b><br>ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ИНСТРУМЕНТА<br>С ШЕРОХОВАТОСТЬЮ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ПРИМЕРЕ ТОЧЕНИЯ.....                                             | 413 |
| <b>СЕКЦИЯ 6. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО<br/>КОМПЛЕКСА.....</b>                                                                                                                                   | 417 |
| <b>Агарков О.В., Хвостиков А.С.</b><br>РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ НАДЕЖНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ<br>ОБОРУДОВАНИЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА НЕПРОЕКТНОМ ТОПЛИВЕ.....                                                                       | 417 |
| <b>Дыкер Д.К., Хвостиков А.С.</b><br>ПРОЕКТ ЦЕХА ТЕПЛОНАСОСНЫХ УСТАНОВОК<br>НА ТЕРРИТОРИИ КОМСОМОЛЬСКОЙ ТЭЦ-2.....                                                                                                    | 419 |
| <b>Елхов М.А., Хвостиков А.С.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ<br>ДЛЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.....                                                                                            | 421 |
| <b>Журбина И.Н., Журбин В.О., Костиков С.А.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОПУСКА ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ<br>АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПО МОСТОВЫМ СООРУЖЕНИЯМ.....                                                  | 423 |
| <b>Журбина И.Н.</b><br>ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ<br>ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ТРАНСПОРТОМ.....                                                                                                          | 425 |
| <b>Зубарев Д.Ю., Чабанова Е.В.</b><br>ОСОБЕННОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТРАНСПОРТА.....                                                                                                                                     | 427 |
| <b>Каменских И.В.</b><br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....                                                                                                                                            | 430 |
| <b>Ковалев А.В., Шаломов В.И.</b><br>О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЯМОТОЧНОЙ СИСТЕМЫ<br>ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК<br>В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ.....                          | 432 |

|                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Макаров В.В., Шаломов В.И.</b><br>АКТУАЛЬНОСТЬ ПЕРЕХОДА НА СУПЕРКРИТИЧЕСКИЕ<br>ПАРАМЕТРЫ ПАРА КОНДЕСАЦИОННЫХ ЭНЕРГБЛОКОВ<br>СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ 300-500 МВт.....                              | 435 |
| <b>Момот З.А., Красильникова О.А.</b><br>ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ТРАНЗИТНОГО ПОТЕНЦИАЛА РОССИИ.....                                                                                                                        | 437 |
| <b>Овсянников Д.Е.</b><br>РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ<br>СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ В Г. МОСКВА.....                                                                                           | 439 |
| <b>Пиголицына Э.А., Хвостиков А.С.</b><br>ВНЕДРЕНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ХОЛОДА НА СВОБОДНЕНСКОЙ ТЭЦ<br>ДЛЯ НУЖД АМУРСКОГО ГАЗОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА.....                                                                 | 443 |
| <b>Рахматуллин С.С.</b><br>ОБСУЖДЕНИЕ ТЕКУЩЕГО СОСТОЯНИЯ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ<br>НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ ТЭК.....                                                                                                       | 445 |
| <b>Скворцов А.В., Смирнов А.В.</b><br>ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕПРОЕКТНЫХ УГЛЕЙ<br>НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ.....                                                                                      | 447 |
| <b>Тетнора С.Ю.</b><br>К ВОПРОСУ ВЫБОРА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ<br>ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....                                                                                                  | 449 |
| <b>Турдугулова Г., Исмаилова Ж.К.</b><br>СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РЫНКА<br>ПАССАЖИРСКИХ АВИАПЕРЕВОЗОК В КЫРГЫЗСТАНЕ.....                                                                      | 452 |
| <b>Хисамутдинов И.А., Гунькова О.В.</b><br>ТЕНДЕНЦИИ ЭКСПОРТА КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ПРИМЕРЕ<br>КРУПНЫХ РОССИЙСКИХ КОМПАНИЙ.....                                                                                | 455 |
| <b>Хмелев А.А., Попов А.Ю.</b><br>ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ СЖИГАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО<br>ТОПЛИВА В ПАРОВЫХ КОТЛАХ ТЭЦ.....                                                                                            | 457 |
| <b>Чинов А.А., Шаломов В.И.</b><br>ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СПОСОБА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ПЕРЕГРЕВА<br>ПАРА ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТУРБИН СЕМЕЙСТВА Т-100.....                                                                      | 459 |
| <b>Шамшура Ю.Д., Гунькова О.В.</b><br>ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ.....                                                                                                             | 462 |
| <b>СЕКЦИЯ 7. ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОЙ<br/>И МОРСКОЙ ТЕХНИКИ.....</b>                                                                                                                           | 465 |
| <b>Айрих И.И., Журбина И.Н.</b><br>НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ<br>ПРОИЗВОДСТВА НА ПАО «АМУРСКИЙ СУДОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД».....                                                                  | 465 |
| <b>Аносов А.П., Новосельцев И.А., Бессонова В.О., Воробьева А.А., Макарова Т.А.</b><br>РАЗРАБОТКА НОВОЙ МЕТОДИКИ РАССЧЁТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ<br>ДЛЯ МАЛОМЕРНЫХ РЫБОПРОМЫСЛОВЫХ СУДОВ С УПРОЩЕННЫМИ ОБВОДАМИ... .. | 468 |
| <b>Воронин К.П., Котов В.С., Поляков С.А.</b><br>МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА<br>СУДОВОГО ГЕНЕРАТОРА.....                                                                                        | 472 |
| <b>Восковщук Н.И., Новосельцев И.А., Макарова Т.А.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ОСТОЙЧИВОСТЬ СВОБОДНОЙ<br>ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ.....                                                        | 475 |
| <b>Гребенкина П.А., Каменских И.В.</b><br>ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТАМ СОВРЕМЕННЫХ ТАНКЕРОВ.....                                                                                                                         | 479 |
| <b>Гуриненко М.Д., Елкина К.В.</b><br>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ И ВЕТРОВОЙ<br>НАГРУЗОК НА БУРОВУЮ УСТАНОВКУ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНФИГУРАЦИИ<br>ОСНОВАНИЯ ПЛАТФОРМЫ, ОПИРАЮЩЕГОСЯ НА ГРУНТ.....  | 481 |

|                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Даманский Д.В., Бурменский А.Д.</b><br>КОНЦЕПЦИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЕКТА<br>МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО СУДНА.....                                                                                    | 483 |
| <b>Даманский Д.В., Бурменский А.Д.</b><br>АНАЛИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ САД-СИСТЕМЫ<br>КОМПАС-3D В ЗАДАЧАХ ТРАССИРОВКИ СУДОВЫХ СИСТЕМ.....                                                                       | 487 |
| <b>Даманский Д.В., Грязнова Н.Н., Журбина И.Н.</b><br>СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИИ ПАЛУБЫ СУДНА<br>С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ АРМ FEM ДЛЯ КОМПАС-3D.....                                                                  | 489 |
| <b>Дегтярев К.Н., Танич В.В., Зайцев Н.Н.</b><br>ТЕНДЕНЦИИ В ПРИМЕНЕНИИ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ СИСТЕМ<br>ВОЕННО-МОРСКИМИ ФЛОТАМИ США, РОССИИ И КИТАЯ.....                                                                     | 491 |
| <b>Журбина И.Н.</b><br>ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ АРМ FEM ДЛЯ РАСЧЕТОВ ПРОЧНОСТИ<br>СУДОВОЙ КОРПУСНОЙ КОНСТРУКЦИИ.....                                                                                                        | 494 |
| <b>Земляк В.Л., Козин В.М., Чингалаев С.А., Жуков Д.С.</b><br>ВЛИЯНИЕ СИЛ И МОМЕНТОВ НА ХАРАКТЕР ДВИЖЕНИЯ<br>ПОГРУЖЕННОГО ТЕЛА В ЖИДКОСТИ.....                                                                        | 496 |
| <b>Кирилин В.Д., Лозовский И.В., Марьин С.Б.</b><br>ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ<br>ЭЛЕМЕНТОВ ТРУБОПРОВОДОВ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....                                                                     | 499 |
| <b>Котов В.С., Воронин К.П., Лapidус А.Я., Котов А.В.</b><br>ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМ<br>ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК КОРАБЛЕЙ И СУДОВ.....                                                    | 501 |
| <b>Кривенко М.Ю., Бобков А.В.</b><br>САЕ АНАЛИЗ ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА<br>МАЛОРАЗМЕРНОГО ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С S-ОБРАЗНЫМИ ЛОПАТКАМИ.....                                                             | 505 |
| <b>Кузнецов Н.В., Зайцева Ю.С., Андриевский Б.Р., Кудряшова Е.В., Кузнецова О.А.</b><br>СКРЫТЫЕ КОЛЕБАНИЯ В АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЕ ПОДАВЛЕНИЯ ФЛАТТЕРА.....                                                               | 507 |
| <b>Кузнецов Н.В., Зайцева Ю.С., Андриевский Б.Р., Кудряшова Е.В., Кузнецова О.А.</b><br>ПОДАВЛЕНИЕ СКРЫТЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПИЛОТИРУЕМОЙ ПОСАДКЕ<br>ВОЗДУШНОГО СУДНА МЕТОДОМ НЕЛИНЕЙНОЙ КОРРЕКЦИИ.....                   | 510 |
| <b>Кулеш В.А., Фам Чунг Хиеп</b><br>СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГРУНТОМ СУДОВ<br>С ОДНИМ И ДВУМЯ ФОРШТЕВНЯМИ.....                                                                                           | 514 |
| <b>Мин Ко Хлайнг, Потянихин Д.А., Синельщиков А.А.</b><br>ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА<br>ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПАТРУБКА ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ<br>САМОЛЕТА РАЗДАЧЕЙ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ ТРУБЫ..... | 517 |
| <b>Оруджов Ф.С., Ханкишиев И.А., Насиров Ш.Н., Рзаев М.А.</b><br>ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВЫХ ОГNETРУБНЫХ КОТЛОВ.....                                                                                              | 521 |
| <b>Пидорич Д.К., Загородний А.Е., Лозовский И.В.</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТУПЕНЧАТЫХ<br>ПРОФИЛЕЙ КРЫЛА И ИХ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ В КОНСТРУКЦИИ БЛА.....                                  | 524 |
| <b>Садовская О.А., Топильская В.Ю.</b><br>ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ<br>ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ АВИАЦИОННОГО ИНСТИТУТА.....                                                         | 526 |
| <b>Феоктистов С.И., Андрианов И.К., Лин Хтет</b><br>ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТРЕТЬЕГО РОДА С УЧЁТОМ<br>СЖИМАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА И ЕЁ СВОЙСТВО.....                                                            | 528 |
| <b>Чижумов С.Д.</b><br>УМНЫЙ КОРАБЛЬ И ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....                                                                                                                                  | 531 |
| <b>Чижумов С.Д.</b><br>ПРИНЦИП РАБОТЫ И ГИДРОДИНАМИКА ВОЛНОВОГО<br>ДВИЖИТЕЛЯ ПОДВОДНОГО СУДНА.....                                                                                                                    | 535 |

*Научное издание*

**НАУКА, ИННОВАЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ:  
ОТ ИДЕЙ К ВНЕДРЕНИЮ**

Материалы Международной научно-практической конференции  
Комсомольск-на-Амуре, 7-11 февраля 2022 г.

Ответственный редактор Э. А. Дмитриев

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 30.03.2022.

Формат 60×84 1/16. Бумага 65 г/м<sup>2</sup>. Ризограф RISO EZ 570E.  
Усл. печ. л. 32,07. Уч.-изд. л. 31,50. Тираж 21 экз. Заказ 30550.

Полиграфическая лаборатория  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»  
681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.