Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

МОЛОДЕЖЬ И НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Часть 1

Материалы III Всероссийской национальной научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г.

Комсомольск-на-Амуре
2020

УДК 001
ББК 95.4
Н346

Рецензенты:
А. А. Буренин, член-корреспондент РАН,
доктор физико-математических наук, профессор
(Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН)
Е. А. Чернышов, доктор технических наук,
профессор (Нижегородский государственный
технический университет им. Р. Е. Алексеева)

Редакционная коллегия:
Э. А. Дмитриев, доктор технических наук, отв. ред.
(г. Комсомольск-на-Амуре, КнАГУ)
А. И. Евстигнеев, доктор технических наук, профессор,
зам. отв. ред. (г. Комсомольск-на-Амуре)

Н346 **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.

ISBN 978-5-7765-1440-1 (Ч. 1)
ISBN 978-5-7765-1438-8

Материалы сборника посвящены актуальным проблемам развития науки и техники.

Приводимые материалы могут быть полезны преподавателям вузов, руководителям 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
ББК 95.4

ISBN 978-5-7765-1440-1 (Ч. 1)
ISBN 978-5-7765-1438-8

© ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020

СЕКЦИЯ

МАШИНОСТРОЕНИЕ
И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

УДК 62-1/-9
Абраменко Виктория Сергеевна, магистр; Abramenko Viktoria Sergeevna
Щетинин Владимир Сергеевич, доктор технических наук, профессор;
Shchetinin Vladimir Sergeevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Komsomolsk-on-Amur State University

ВНЕДРЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

THE INTRODUCTION OF POLYMERIC MATERIALS IN THE EQUIPMENT OF THE OIL AND GAS INDUSTRY

Аннотация. В данной работе рассказано о возможности замены стали на полимерные материалы при изготовлении оборудования в нефтегазовой отрасли, освещены достоинства данного сырья перед сталью и причины роста использования полимеров.
Abstract. This paper describes the possibility of replacing steel with polymer materials in the manufacture of equipment in the oil and gas industry, highlights the advantages of this raw material over steel and the reasons for the increase in the use of polymers.
Ключевые слова: полимерные материалы, нефтегазовая отрасль, оборудование, полиэтилен.
Keywords: polymeric materials, oil and gas industry, equipment, polyethylene.

В современном мире, если посмотреть на техническое оснащение в нефтегазовой отрасли, применяемое на предприятиях, то важнейшим материалом, использованным при изготовлении оборудования, является сталь. Из нее изготавливаются механические приспособления с целью добычи, комплекса значительных работ по улучшению состояния скважин, транспортировки, а также хранения материала. Однако у стали имеется значительный минус – склонность к коррозии, равно как с наружной от влияния естественной агрессивной среды, также с внутренней стороны от химического влияния. Еще одним минусом оказалась существенная масса оснащения, которая затрудняет осуществление монтажных работ и приводит к повышению их стоимости. Это затрагивает и автотранспортные затраты, так как многотоннажные ресурсы следует транспортировать на большие дистанции от завода-изготовителя и вплоть до промышленного предприятия, куда зачастую нет возможности построить железную дорогу. Помимо этого, стальные конструкции несут существенные термические потери, в следствие чего происходят огромные энергозатраты с целью установления минимальной температуры работы снаряжения.

Достоинства применения полимерного сырья в нефтегазовой индустрии компенсирует обширный диапазон запрашиваемых промышленных условий.

Нефтегазовая область считается основой высоких требований к использованным в ней материалам: большие давления и температуры рабочих сфер, формируемые как природными источниками – многопластовой энергии, так и промысловым оснащением – насосами, компрессорами также другими рабочими аппаратами, пульсации, большие перегрузки в спецоборудовании, нередко в комбинации с присутствием агрессивных и коррозионноактивных к традиционно использованным материалам компоненты – сернистый водород, водород, хлористые соли. Использование полимеров дает возможность соблюдать данные высокие требования.

В международной нефтегазовой индустрии обширную значимость приобрело использование такого полимера, как полиэтилен. Это произошло благодаря тому, что он обладает рядом уникальных свойств:

- совершенная влагонепроницаемость, это высокомолекулярное соединение никак не смачивается водой и не впитывает ее в себя, если конечно дополнительно не были использованы иные химикаты, например, кислоты;

- значительная химическая устойчивость. Поэтилен не реагирует с гидрофитными растворами различных щелочей, кислот, а также солей. При температуре выше +60 градусов Цельсия легко растворяется в серной и азотной кислотах;

- обладает небольшой массой и разнообразной плотностью.

Характеристики находятся от вариации получения конкретного типа полиэтилена. Вследствие популяризации, технологическим данным и низкой себестоимости, этот полимер используется в подавляющем количестве отраслей промышленности.

Таким образом, часть использования полиэтилена нефтегазовой промышленностью мира за 2015 г. составила 5,2% с потенциалом увеличения к 2018 году в 3 раза. В Российской Федерации эта величина равна только 3,1%, причем предсказывается трехкратное увеличение пользования к 2021-2022 г.г.

Кроме того, полимерное сырье используется для производства емкостей, которые в большом количестве применяются в нефтедобыче. Эксплуатация полимерных материалов при производстве научно-технического оснащения – обязательное условие для увеличения производительности изготовления нефтегазового оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Агапчев В.И. Перспективы применения труб из по-лимерных материалов в нефтяной промышленности / В.И.Агапчев, В.А.Мартяшева, Н.Г.Михайленко и др. // Обзорная-информ. Сер. Борьба с коррозией и защита окружающей среды - М.: ВНИИ0ЭНГ, 1988, Вып. 3 (77). - с. 44.

2 Вержичинская С. В., Дигуров Н. Г., Синицин С. А. Химия и технология нефти и газа; Форум - Москва, 2011. – с. 400.

3 Крец В.Г. Основы нефтегазового дела: учебное пособие / В.Г. Крец, А.В. Шадрина. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – с. 182.

УДК 621.5
Айдочкина Мария Александровна, магистр;
Aydochkina Maria Alexandrovna
Отряскина Татьяна Алексадровна, кандидат технических наук, доцент;
Otrascina Tatiana Alexadrovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВОДОРОДОСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА НА УСТАНОВКЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

IMPROVING THE PROCESS OF PURIFICATION OF HYDROGEN-CONTAINING GAS AT THE CATALYTIC REFORMING PLANT

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию очистки водородосодержащего газа на установке каталитического риформинга. В работе представлены несколько наиболее распространенных методов отчистки водородосодержащего газа от сероводорода, углеводородов и влаги.
Abstract. This article is devoted to the study of hydrogen-containing gas purification at a catalytic reforming plant. This paper presents several of the most common methods for cleaning hydrogen-containing gas from hydrogen sulfide, hydrocarbons, and moisture.
Ключевые слова: сероводород, углеводороды, влага, абсорбция, риформинг.
Keywords: hydrogen sulfide, hydrocarbons, moisture, absorption, reforming.

С каждым годом мощности нефтеперерабатывающих предприятий растут, как и растут объемы выпускаемой продукций, что четко видно на рисунке 1.

Потребности населения растут, но как увеличить объемы выпускаемой продукции, не меняя оборудования, что проведет к колоссальным затратам. Заводы пытаются выпускать больше продукций на старом оборудований не предназначенной для таких объемов из-за этого мы теряем в качестве получаемой продукций и получаем повреждение аппаратуры и реагентов.

Главными продуктами, оказывающими вредное воздействие на установки, является сероводород, влага и углеводороды. Из-за них появляется коррозия аппаратов, они оказывают вредное воздействие на катализаторы, а также из-за накопления влаги в компрессорах появляется гидравлическое биение.

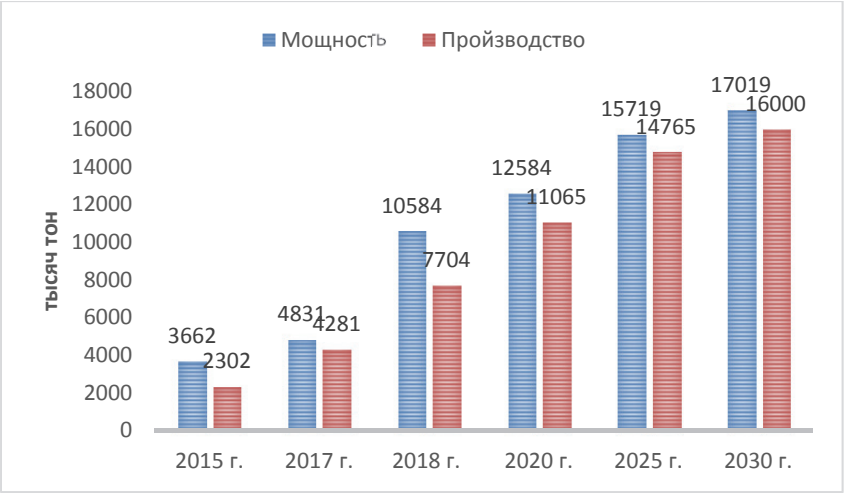


Рисунок 1 – График предполагаемого роста производства и мощностей предприятий нефтепереработки

Рассмотрим установку каталитического риформинга. Процесс риформинга нужен для производства высокооктановых компонентов автомобильных бензинов и для получения легких ароматических углеводородов. Одним из важным продуктом процесса риформинга является ВСГ с высоким содержанием водорода, который используется для гидроочистки широкого ассортимента нефтяных фракций, для процесса гидрокрекинга тяжелых нефтяных фракций и других гидрогенизационных процессов. Из этого делаем вывод, что нам очень важно иметь чистый ВСГ. Его чистота будет влиять на другие установки и процессы.

Отчистить водородосодержащий газ от вредных примесей можно тремя способами: адсорбция; абсорбция; сепарация.

На данный момент на установке каталитического реформинга отчистка водородосодержащего газа (ВСГ) происходи с помощью сепараций, но из-за повышения объема производства сепараторы не справляются с полной отчисткой водородосодержащего газа от вредных веществ.

Основным недостатком этого метода является низкая степень отчистки ВСГ от углеводородов, серы и влаги, что видно по таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика водородосодержащего газа после выхода из сепараторов

Показатели	Отчищенный ВСГ
H_2	76…90 % об.
C_1	3,32...5,47 % об.
C_2	2,07…4,74 % об.
C_3	2,09…3,40 % об.
$i-C_4$	0,41…0,71 % об.
$n-C_4$	0,47…0,68 % об.
C_5 и выше	0…1,9 % об.
H_2O	До 1000 ppm, масс
H_2S	До 10 ppv, об.
HCl	До 5 ppv, об.

Поэтому я предлагаю углубить отчистку водородосодержащего газа, не меняя полностью схему процесса реформинга, с помощью установки после сепараторов абсорбера и осушителя.

Абсорбционный метод непрерывный и универсальный. Он экономически выгоден так как из внешних ресурсов используется только электроэнергия. А главное он позволяет удалить большое количество примесей из газов. Противоточная абсорбция обеспечивает большую конечную концентрацию поглощаемого газа в абсорбенте, а вместе с эти уменьшает расход абсорбента. А применение перекресноточной абсорбций габаритные размеры колоны уменьшатся, а конечная концентрация в водородосодержащем газе увеличится. Нет необходимости покупать дорогие абсорбенты для абсорбций так можно использовать смеси углеводородов. При этом наибольшей абсорбционной способностью обладают фракции, содержащие преимущественно парафиновые углеводороды.

Установив абсорбент, мы увеличим концентрацию водорода в ВСГ из-за этого увеличивается очистка бензиновых фракций и уменьшается закоксовываемость катализатора, что послужит дополнительной экономической выгодой. Как итог представлены плюсы и минусы методов отчистки в таблице 2.

На Комсомольском НПЗ проектная мощность блока риформинга составляет 450 тыс. тон в год по гидроотчищеному сырью. На данный момент мощность установки возросла на 9 тон в час и будет продолжать расти с каждым годом так как растут потребности населения. По этому необходимо предпринять меры для того что бы уберечь установки от повреждения, а продукт от некачественного ВСГ.

Таблица 2 – Итоги сравнения методов отчистки ВСГ

Метод	Плюсы	Минусы
Абсорбция	1.Концентрация H_2= 95 % об. 2.Непрерывный процесс. 3.Экономичность.	Отсутствуют
Адсорбция	Концентрация H_2= 99,9 % об.	1.Высокая стоимость адсорбента 2.Необходимость утилизация адсорбента 3.Большие габариты колоны.
Сепарация	Непрерывность процесса	1. Концентрация H_2= 75 % об. 2.Низкая степень очистки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Итоги производственной деятельности отраслей ТЭК в январе-мае 2017 года // ТЭК России. – 2018 – № 6

2 Добыча газа / И. Н. Стрижков, И. Е. Ходанович.– Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.–376 стр.

УДК 621.039
Ата-Курбанова Ферангиз Бахтиёровна, магистр 2-курса;
Ata-Kurbanova Ferangiz Baxtiyorovna
Алеева Татьяна Борисовна, кандидат физико-математических наук, доцент;
Aleeva Tatyana Borisovna
Национальный исследовательский ядерный университет Московский инженерно физический институт (НИЯУ МИФИ)

ИЗМЕРЕНИЕ ВЫГОРАНИЯ ОТВС С ПОМОЩЬЮ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ

MEASURING BURNS OF SFA USING NON-DESTRUCTIVE METHODS

Аннотация. В данной статье рассмотрены основные неразрушающие методы определения выгорания, а именно: γ – спектрометрический и нейтронный. Показаны положительные и отрицательные стороны каждого метода.
Abstract. This article discusses the main non-destructive methods for determining burnup, namely: γ - spectrometric and neutron. The positive and negative sides of each method are shown.
Ключевые слова: топливо, выгорание, деление, тяжелые элементы, измерения, нейтроны.
Keywords: fuel, burnup, fission, heavy elements, measurements, neutrons.

В последнее время чтобы определить выгорание или изотопный состав ядерных материалов, чаще применяют неразрушающие методы. Неразрушающие методы можно условно разделить на два: γ – спектрометрический и нейтронный метод определения выгорания.

В результате γ – спектрометрических измерений можно получить: распределение выгорания, концентрации долгоживущих продуктов деления, изотопов урана и трансурановых элементов по высоте и поперечному сечению, а суть нейтронного метода заключается в регистрации собственного излучения накопившихся в топливе актиноидов (нейтроны спонтанного деления тяжелых элементов и нейтроны (α,n)-реакции на легких элементов)[1].

Наиболее распространенный метод определения выгорания основан на γ-спектрометрическом измерении содержания в топливе осколков-мониторов выгорания (обычно ^{137}Cs) [2].

Выгорание топлива (B) определяют как отношение числа разделившихся тяжелых ядер к их полному начальному содержанию в топливе:

$$B=\frac{N_f}{\sum_{i=1}^{n} N_i^o} \quad (1)$$

где N_f – полное число делений, N_i^o – начальное число атомов i-го тяжелого нуклида в топливе. Величина выгорания характеризует как выработку энергии, так и накопление продуктов деления в твэлах. Обычно все характеристики облученного топлива соотносятся с его выгоранием [3]. Cs^{137} – наиболее широко применяемый монитор выгорания топлива. Потому что, он по сравнению с другими продуктами деления имеет:

- Сечение поглощения нейтронов пренебрежимо мало
- $Y(U^{235}) \approx Y(Pu^{239})$;
- $T_{1/2} > T_{обл.топ}$;
- Накопление Cs^{137} имеет приблизительно линейный характер по всему диапазону выгорания;
- Имеет высокую энергию γ-излучения, что дает возможность получить хороший спектр;
- Имеет высокий квантовый выход.

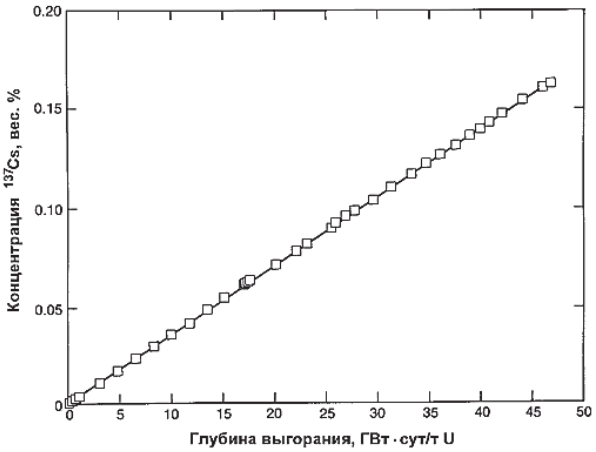


Рисунок 1 – Расчетная зависимость концентрации продукта деления Cs^{137}выраженная в % от исходной концентрации урана при глубине выгорания 46,8 ГВт*сут/т U ТВС PWR

По выше указанному методу можно сделать вывод, что по накоплению монитора выгорания Cs^{137} можно определить выгорания ОТВС, но более достоверные сведения получаются при измерении выгорания двумя мониторами. К примеру: Ru^{106} и Cs^{137} при измерении энерговыработки U^{235} и Pu^{239} дают погрешность 6-8% [3].

Измерение нейтронного излучения ОТВС

Основными источники нейтронов в ОТВС образуются в следующих процессах:

- При спонтанном делении тяжелых ядер;
- путем (α, n) – реакции на присутствующих в топливе легких элементов (кислород, алюминий, азот, углерод).

Доминирующими изотопами испускающие нейтроны, являются $Pu^{238}, Pu^{240}, Cm^{242}$ и Cm^{244}. Результаты измерений полного выхода нейтронов ОТВС может служить монитором выгорания (рисунок 2).

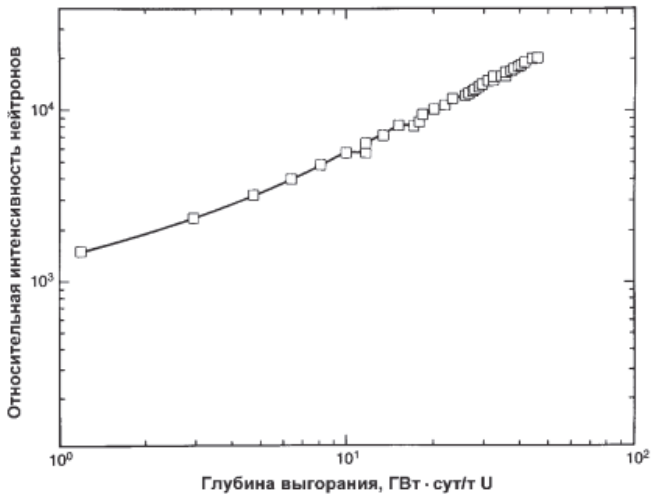


Рисунок 2 – Расчетная зависимость полного выхода нейтронов от глубины выгорания для ТВС реактора PWR

Зависимость потока нейтронов с глубиной выгорания определяется слудующей степенной функцией:

$$N_н = \alpha \cdot B^{\beta} \quad (2)$$

Где $N_н$ – скорость счета нейтронов, В – выгорание, α и β коэффициенты, зависящие от типа реактора и начального обогащения топлива. Значение β зависит от обогащения топлива и истории облучения, и находится в промежутки от 3 до 5; α – калибровочный коэффициент.

Достоинства нейтронного метода, это:

- высокая проникающая способность нейтронов, упрощает учет эффекта поглощения при их прохождении через ТВС;
- простота и надежность используемой аппаратуры;
- возможность проведения измерений сразу после извлечения ТВС из реактора.

С помощью нейтронного метода можно определить выгорание отдельной ТВС с погрешностью около 5%. Несмотря на невысокую точность, НРА определения выгорания находят широкое применение на АЭС и в перерабатывающих топливо предприятиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федотов П.Н. «Разработка неразрушающих методов анализа состава топлива ядерных реакторов» Атомная энергия, 1999. Т. 86. вып.5.

2. А.Г. Зеленков, С.В. Пирожков, Ю.Ф. Родионов, И.К.Швецов «Об определение некоторых характеристик отработавшего топлива ВВЭР с помощью альфа и гамма - спектрометрии» Атомная энергия, 1980. Т. 49. вып.2.

3. А. В. Бушуев, «Методы и приборы измерения ядерных материалов» Лабораторный практикум. М.: НИЯУ МИФИ, 2008.

УДК 621.791.032
Бабко Александр Павлович, магистр; Babko Alexander Pavlovich
Муравьев Василий Илларионович, доктор технических наук, профессор;
Muravyov Vasily Illarionovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКЕ ТИТАНА И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

METHODS FOR IMPROVING THE QUALITY OF WELDINGS IN LASER WELDING OF TITANIUM AND TITANIUM ALLOYS

Аннотация. Рассмотрены все недостатки, которые были зафиксированы при первых исследованиях и в научных статьях, которые были ранее опубликованы. В качестве решения, были рассмотрены методы для устранения недостатков и улучшения качества сварного шва конструкций из титана и его сплавов.
Abstract. All shortcomings that were recorded during the first studies and in scientific articles that were previously published are considered. As a solution, methods were considered to eliminate the shortcomings and improve the quality of the weld of structures made of titanium and its alloys.
Ключевые слова: лазерная сварка, титановые сплавы.
Keywords: laser welding, titanium alloys.

Говоря о лазерной сварки, нельзя не сказать, что на данный момент она занимает одну из ведущих ролей в области инновационных сварочных технологий. При том, что первые лазерные сварочные аппараты датируемы 1961 годом, метод изучен достаточно слабо. При этом, уже было давно доказано о таких несравнимых преимуществах, по сравнению с традиционными методами, как высокая точность и скорость сварки, низкая зона термического влияния, делая рабочую зону менее подверженной фазовым переходам, а также возможность проведения без наличия вакуумной камеры [1] [2].

С обратной стороны были обнаружены множество недостатков, из-за которых данный тип сварки ещё невозможно применять в массовом производстве, а именно: сложное поддерживание газовой защиты, высокие напряжения в рабочей зоне, сложное подбирание входных параметров, в виду отсутствия справочной литературы. Такие же ранние проблемы, которые преследовали лазерную сварку в прошлом столетии – низкая мощность и малое КПД, уже уходят в прошлое с приходом более результативных оптоволоконных и дисковых лазеров [3] [6] [7].

Проблема же газовой защиты встала с учетом того, что схема, применимая для того же аргонодугового метода, не подходит, а методы, представленные группой Патона достаточно трудоемки и задаются вопросы о её применении на узких участках сваривания. Предположение, сделанное на основе той же лазерной резки, стало в том, что лазер «рассекает» все то, через что проходит, т.е. под воздействием своего же давление создает пустое разряженное пространство с разбрасыванием инертного газа. Следо-

вательно, рабочая зона остается незащищенной и вредные примеси по причине высокой активности титана при высоких температурах, попадают в сварной шов, ухудшая его характеристики. Данную проблему удалось решить созданием дополнительной оснастки, выполняющая роль «купола», не позволяя разгонять инертный газ по всей рабочей поверхности. Как минимум, данная конструкция помогла решить проблему с насыщенностью вредными примесями на лицевой стороне шва.

Второй проблемой стали сильные напряжения по сравнению с традиционными методами. Твердость образцов показал рост твердости на 21-23%, что ещё держится в отметке удовлетворительно, но приходится задумываться о целесообразности использования данного метода при сваривании ответственных конструкций [6] [7]. Методы, которые планируются для устранения недочетов, являются дополнительные после-сварочные операции, а именно термообработка, которая как минимум должна показать возможность снятия внутренних напряжений без глобальных изменений в технологии лазерной сварки по титану.

Таблица 1 – Оптимальные параметры при сваривании образцов титана

S, мм	P, Вт	$V_{св}$, м/ч	F, мм
Образец ВТ6 – Методика Григорьянц (твердотельный лазер) [1]			
3	3000	80	300
2	2000	80	300
Образец ВТ22 – Методика Патона (твердотельный лазер) [4]			
5	4200	30	300
Образец Ti6Al4V – Методика сварки дисковым лазером (лазер Triumph) [5]			
2	1000	48	200
	1000	54	
	600	30	
Образец ВТ20 – Собственная методика (оптоволкно IPG) [6]			
2	1230	28,8	235
	1300	28,8	235
	475	28,8	250

Заключительной проблемой, которая встала при правильном проведении сварки – входные параметры. Если при ранних подсчетах и справочной литературе предполагалось о высокой вероятности получениях сварных швов, то это оказалось не совсем правдой: сварной шов оказывался шире положенного, подозрительные шипения при самой сварке, предполагающие вероятные прожоги, заставляли задуматься о правильности параметров [6]. Как позже оказалось, параметры строились на неверном фокусном расстоянии, где точность была куда хуже, а шов недостаточным по качеству. Переходя на верное рабочее фокусное расстояние, была замечена проблема с излишней подачей мощности, которая приводила к провалам и прожогам в рабочей плоскости. В итоге, при уже исправленной газовой защите падение мощности составила в 2,5 раза. При этом, скорость прохождения не изменялась. В качестве сравнения входных параметров предложена таблица 1.

Самое же это понижение мощности дало понять, что потенциал, при которых лазер мощность испытывать на максимальной мощности в 2000Вт

достаточно огромен и сваривания металла в 6 мм не предоставляется чем-то невероятным.

Вывод. Рассмотрев все аспекты хотелось сказать, что при первых же исследованиях не вышло создание идеальных и удовлетворительных швов. В виду неслаженных действий и отсутствия каких-либо инструкций и рекомендаций, привели к сложности достижения защиты и качества сварного шва. Дальнейшие действия, поставленные в данной работе поставлены именно на усовершенствования и получения образцов со структурой схожей с основным металлом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьянц А.Г. Лазерная сварка металлов: пособие для вузов / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов – М .: Высш. Шк., 1988. – 207 с

2. Игнатов, А. Г. Особенности сварки волоконными лазерами/ А. Г. Игнатов [и др.]// РИТМ машиностроение. – 2017. №3. – С. 30-35.

3. Катаяма, С. Мир физики и техники / С. Катаяма, Н.Л. Истоминой – М.: Техносфера 2015. – 697 с.

4. Патон, Б.Е. Лазерная сварка титановых сплавов / Б.Е. Патон [и др.]// Автоматическая сварка. Производственный раздел. – 2009. – №10. – С. 35-39.

5. Lisiecki, A. Welding of titanium alloy by different types of lasers / A. Lisiecki// Archives of Materials Science and Engineering. Volume 58. – 2012 – С. 209-218.

6. Бабко, А.П. ВКР: Исследование процесса роботизированной лазерной сварки элементов трубопроводных систем из титановых сплавов летательных аппаратов/ А.П. Бабко – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ-ВО «КнАГУ», 2019. – 97 с.

УДК 620.197

Бао Фэнюань, аспирант; Bao Fengyuan
Башков Олег Викторович, доктор технических наук, профессор;
Bashkov Oleg Viktorovich
Ли Сюэвэй, профессор; Li Xuewei
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Heilongjiang Universityof Scienceand Technology

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ ОКСИДНОГО ПОКРЫТИЯ НА АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ 1163

A STUDY OF THE INFLUENCE OF ELECTRIC MODES OF MICRO-ARC OXIDATION ON MORPHOLOGY OF THE OXIDE COATING ON ALUMINUM ALLOY 1163

Аннотация. Работа посвящена исследованию характера формирования и особенностей образования оксидных покрытий на алюминии и алюминиевом сплаве 1163, полученных методом микродугового оксидирования. Выполнен анализ влияния электрических режимов на морфологию покрытий.

Abstract. The work is devoted to the study of the nature of formation and the features of the formation of oxide coatings on aluminum and 1163 aluminum alloy obtained by the microarc oxidation method. The analysis of the influence of electrical modes on the morphology of coatings is performed.
Ключевые слова: микродуговое оксидирование, алюминий, покрытие, морфология поверхности.
Keywords: microarc oxidation, aluminum, coating, surface morphology.

Микродуговое оксидирование (МДО) – методповерхностной обработки металлов и сплавов вентильной группы, который заключается в оксидировании поверхности в электролите при обработке электрическими импульсами высокой амплитуды. Микродуговое окисление делится на четыре этапа: стадия анодирования, стадия искрового разряда, стадия микродугового окисления и стадия дугового разряда, подробное описание перехода каждого этападаноавторами А.Л. Ерохиным и другими [1].

Микроплазменное оксидирование является сложным многофакторным процессом. Формирование покрытия происходит в результате одновременного воздействия нескольких факторов, таких как электрохимические, плазмохимические, термохимические.

На свойства оксидных покрытий их плотность и твердость оказывают влияние многие факторы. Ранее авторами был проведен анализ характера разрушения оксидных покрытий, наносимых методом МДО на алюминиевых сплавах [2, 3]. Общепринятых теорий и механизма формирования структуры анодно-оксидных пленок пока нет, однако наибольшее признание получили три модели: физико-геометрическая, коллоидно-электрохимическая и плазменная модели.

В работе представлен анализ электрических процессов, происходящих при формировании анодно-оксидных пленок и анализ влияния скорости роста напряжения на характер формирования и морфологию МДО-покрытий.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Покрытие формировали на образцах алюминиевого сплава 1163 с поверхностной плакировкой чистым алюминием. Поэтому можно считать, что оксидированию подвергался чистый алюминий. При выполнении исследований использовали два режима, с различным составом электролита. Применялся электролит следующего состава: режим 1 – KOH (1 г/л), режим 2 – KOH (1 г/л) + Na_2SiO_3(4 г/л), остальное составляла дистиллированная вода. Микроструктуру поврехности исследовали на сканирующем электронном микроскопе HitachiS3400N в ЦКП «Новые материалы и технологии» КнАГУ. Форма кривойэлектрического напряжения при анализе была разделена на 2 части – $t_{0\text{-}1}$ и $t_{1\text{-}2}$. Скорость роста электрического напряжения в первый период времени ($t_{0\text{-}1}$)изменялась для различных образцов от 0,3704 В/с до 3,33 В/с. Общее время формирования оксидного покрытия на каждом из режимов составило 10 мин. Режимы нанесения оксидных покрытийприведены в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы МДО

Режим 2	№ образца	Скорость роста напряжения в период t_{0-1}, В/с	Скорость роста напряжения в период t_{1-2}, В/с
Режим 1	1	3.33	600
	2	1.6667	600
	3	1.111	600
Режим 2	1	3.33	0.3704
	2	2.5	0.3704
	3	2	0.3704
	4	1.6667	0.3704
	5	1.4286	0.3704
	6	1.111	0.3704
	7	0.8333	0.3704
	8	0.5882	0.3704
	9	0.3704	0.3704

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно заданной программы эксперимента, была выполнена регистрация и анализплотности тока и напряжения каждого образца по режиму 2. На рисунке 1 представлены зависимости значенийтока от напряжения для различных скоростей роста напряжения в период t_{0-1}, соответствующие типичной кривой анодной поляризации. Они рассмотрены авторами [4-7].

Известно, чтокогда потенциал напряжения растет в сторону увеличения положительных значений, плотность тока на кривой поляризации алюминия непрерывно увеличивается до максимального значения. Затем на поверхности алюминия начинает активно расти анодная пленка, происходит пассивация материала и плотность тока резко падает. Область устойчивой пассивности продолжается до точки начала роста плотности тока(рисунок 1), а затем снова повторяется предыдущий процесс пассивации.

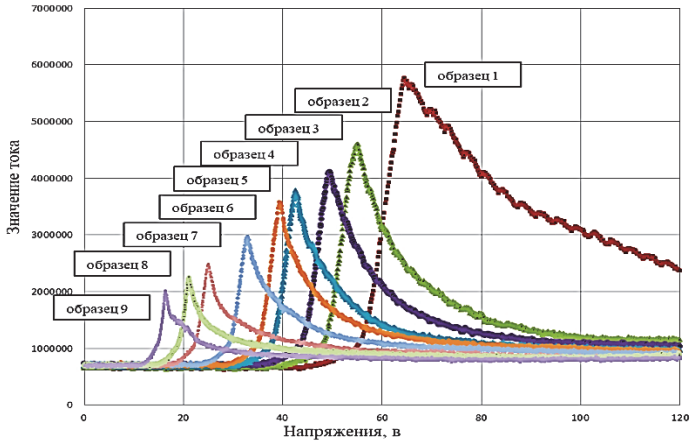


Рисунок 1 – Зависимости значения плотности тока от напряжения для образцов, оксидируемых по режиму 2

Кроме того, на рисунке 1 видно, что при снижении скорости роста напряжения в первый МДОt_{0-1}, пиковое значение плотности тока также снижается.Зависимость напряжения при максимальном токе от скорости нарастания напряжения показана на рисунке 2.

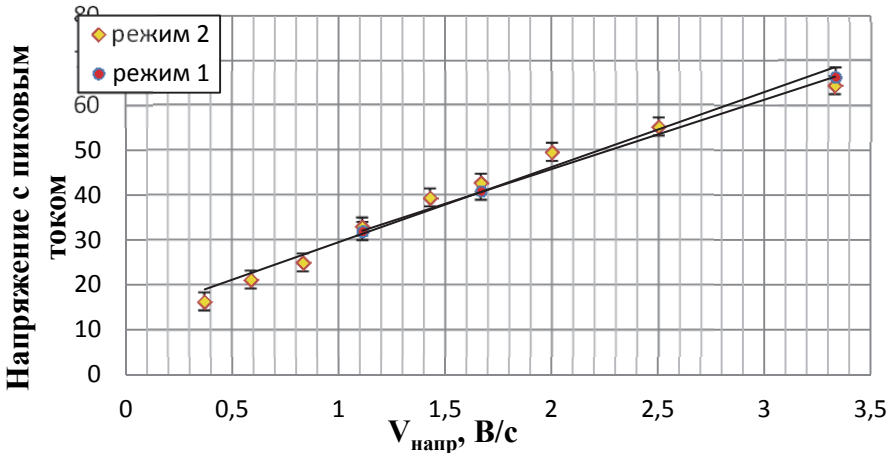


Рисунок 2 –Зависимость значения напряжения, соответствующего достижению пика плотности тока, от скорости роста напряжения

Как видно из рисунка 2, скорость нарастания напряжения в интервале от 0,3704 В/с до 3,33 В/сприблизительно линейно пропорциональна значению пикового тока. Большого различия между режимами 1 и 2 при этом не наблюдается. Это показывает, что при условии установившейся скорости роста анодной пленки, влияние скорости нарастания напряжения на поляризацию анодного электрода является пропорциональным.

В процессе проведенных исследований установлено, что пиковое значение плотности тока снижается при снижении скорости роста напряжения в первый период нарастания анодной пленки. Это, по всей видимости, связано с концентрационной поляризацией, в результате которой высокая скоростьнарастания напряжения изменяет градиент потенциала в растворе и увеличивает скорость движения ионов. На анодном электроде при этом устанавливается устойчивое состояние с более медленной скоростью, что позволяет за данный период времени накапливаться заряду на поверхности электрода способствует электрохимической поляризации.При исследовании поверхности на растровом сканирующем микроскопе, установлено, что снижение скорости роста напряжения приводит к постепенномуснижению неравномерности рельефа поверхности, а сотовая пористая структура увеличивается в размерах. Поверхность при этом имеет тенденцию к выравниванию.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 A.L. Yerokhin, X. Nie, A. Leyland, A. Matthews, S.J. Dowey.Plasmaelectrolysisforsurfaceengineering//SurfaceandCoatingsTechnology. 1999. V. 122. P. 73–93.

2 Li X., Zhou C., Bashkov O.V., Bao F., Kim V.A., Shakirova O.G. The research of the features destruction of the of oxide coatings on aluminum alloy by using the method of acoustic emission// Journal of Physics: Conference Series 14. "14th International Conference on Films and Coatings". 2019. P. 012050.

3 Bashkov O., Li X., Bao F., Kim V.A., Zhou C. Acoustic emission that occurs during the destruction of coatings applied by microarc oxidation on an aluminum alloy// Materials Today: Proceedings 19. 2019. P. 2522–2525

4 БеспаловаЖ.И., ПаненкоИ.Н., ДубовсковВ.В., КозаченкоП.Н., КудрявцевЮ.Д. Исследование процесса формирования оптически черных оксидно-керамических покрытий на поверхности алюминиевого сплава 1160//Известия вузов. Естественные науки. 2012. № 5. С. 63-66.

5 МихеевА.Е., ТрушкинаТ.В., ГирнА.В., РаводинаД.В., ИвасевС.С.Химические процессы при микродуговом оксидировании// Вестник СибГАУ. 2013. № 2(48). С. 212-215.

6 МихеевА.Е., ГирнА.В., ВахтеевЕ.В., АлексееваЕ.Г., БашковИ.В.Процесс формирования структуры и состава МДО-покрытий на алюминиевых сплавах// Вестник СибГАУ. 2013. № 2(48). С. 206-212.

7 ТрушкинаТ.В., МихеевА.Е., ГирнА.В., АлякрецкийР.В., РаводинаД.В.Морфология и пористость поверхности оксидных покрытий// вестник СибГАУ. 2014.№ 2(54). С. 144-148.

УДК 621.81
Барсукова Нина Валерьевна, студент; Barsukova Nina Valerievna
Бахматов Павел Вячеславович, к.т.н., доцент кафедры ТСМП;
Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

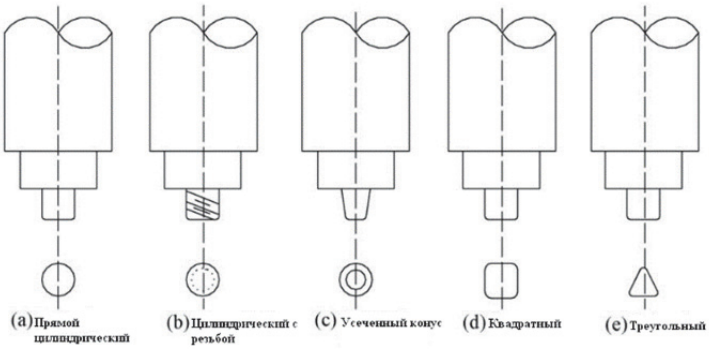
STIR FRICTION WELDING TOOL

Аннотация. В работе представлены виды инструментов для сварки трением с перемешиванием.
Abstract. The paper presents the types of tools for friction welding with stirring.
Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, инструмент, конструкция наконечника инструмента.
Keywords: stir friction welding, tool, tool tip design.

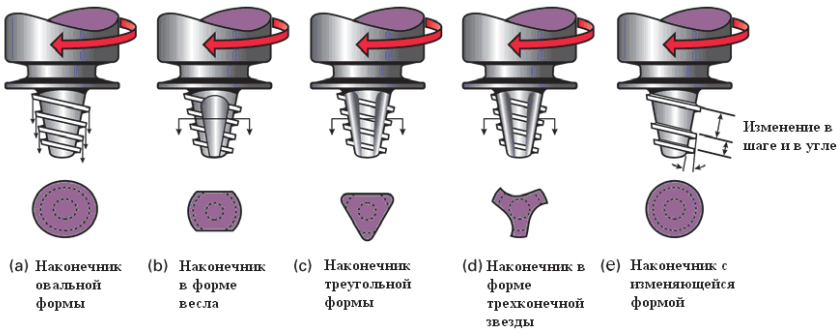
Сварка трением с перемешиванием - это запатентованный процесс сварки, который был изобретен Институтом сварки (TWI) в Кембридже, Великобритания, в 1991 году. Главной особенностью в сварке трением с перемешиванием является конструкция рабочего инструмента. Они же одни из первых запатентовали инструмент для данного вида сварки. Как правило, инструмент состоит из двух специально разработанных компонентов: заплечника и наконечника и выполняет две основные функции: распределение тепла и размягчение металла до пластического состояния и облегчение перемешивания металла для получения соединения. Наконечники

бывают разной формы: плоские, вогнутые либо конические. Так же можно выделить такую особенность наконечника как наличие резьбы. Резьба может быть с разным шагом и углом. Предыдущие исследования показали, что инструмент сложной формы более эффективен для улучшения качества сварных швов как сложных, так и разнородных соединений по сравнению с гладким и симметричным инструментом. Ниже представлены основные виды инструмента для СТП.

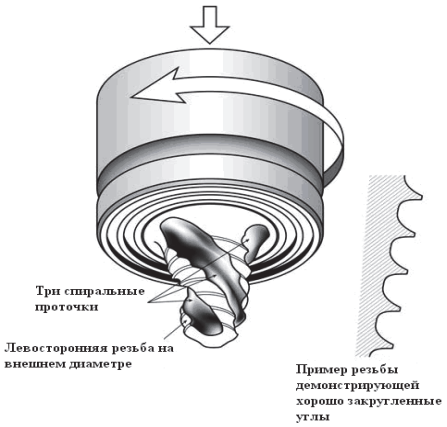
1. Цилиндрический наконечник. Цилиндрический или конический наконечник с резьбой и / или плоскими элементами широко используется в экспериментах благодаря его эффективности усиления потока материала в зоне перемешивания, уменьшения силы перемещения и повышения механических свойств. Такого вида наконечник может соединять только заготовки с постоянной толщиной благодаря фиксированной длине.



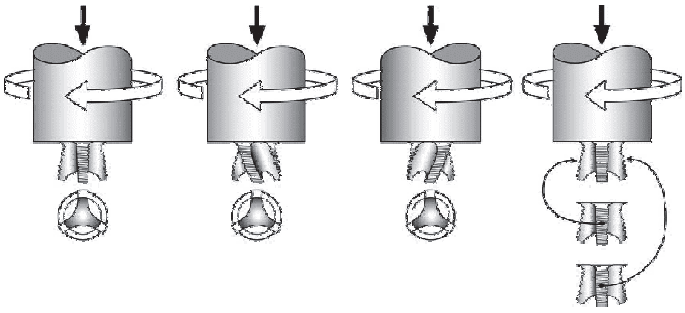
2. Наконечники типа Whorl™. Данный вид наконечника так же очень схож с предыдущим видом. Особенностью такого наконечника является то, что резьбу можно выполнить с разным шагом и углом наклона. Наконечники с цилиндрической резьбой уступают данному виду, тем что могут сваривать пластины толщиной более 60 мм и с более высокой скоростью вращения инструмента. Также данным видом наконечника можно создать сварной шов с более целостной окружностью.



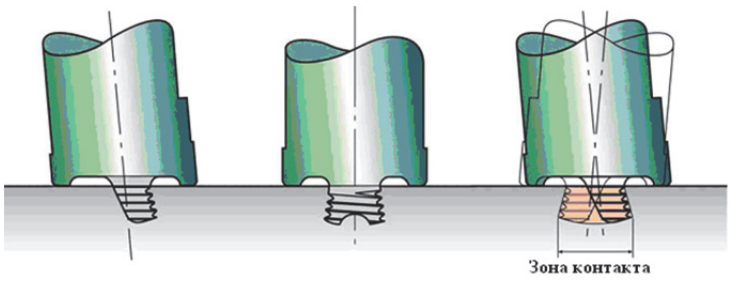
3. Наконечники типа MX-Triflute™. Данный вид наконечника имеет спиралевидную форму, так же имеется наличие резьбы, но с более закруглениями углами.
Главное отличие данного вида наконечника от предыдущего вида является то что сварной шов получается более конкретным и постоянным.



4. Наконечники типа Flared Triflute. Сваркой трением с перемешиванием можно выполнять не только стыковые соединения, но и внахлёст. Сварка таких соединений как внахлёст происходит насквозь через верхний лист, так как пластины перекрыты. Для достижения лучшего соединения пластин внахлёст, необходимо увеличить ширину области сварки. Благодаря данному виду наконечника это удалось достичь. Особенностью такого наконечника является его форма, она выглядит в форме юбки, что позволяет сваривать пластины с большим ростом диаметра зоны обработки. За счёт такого отличия этого вида наконечника от других, усиливается течение материала вокруг рабочего стержня и под ним, меняется перемешивание металла.



5. Наконечники типа Skew. Особенностью такого типа наконечника является его угол наклона. Такая форма наконечника позволяет увеличить соотношение между "динамическим" (стреловидным) объемом и статическим объемом за счет косого перемещения инструмента. Именно это соотношение является существенным фактором в обеспечении возможности сокращения или устранение образования пустот и повышение эффективности технологического процесса. В процессе сварки только внешняя поверхность наконечника соприкасается с концами сварного шва. Что интересно в данном виде наконечника, то что инструмент не вращается вокруг собственной оси, и поэтому только определенная часть торцевой поверхности наконечника непосредственно участвует в работе перемешивания металла.



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Штрикман М. М. — Состояние и развитие процесса сварки трением линейных соединений. Ч. 1,2,3 Сварочное производство № 9,10,11 (874,875,876) 2007.

2. Friction Stir Welding and Processing / Rajiv S. Mishra, Murray W. Mahoney, editors, ASM International 2007.

3. Larsson H., Karlsson L., Swensson L. Friction stir welding of AA5083 and AA6082 aluminium // Svetsaren. 2000. № 2. P. 6—10.

4. Cederqvist L. Welding on millennium // Svetsaren. 2005. № 2. P. 30—32.

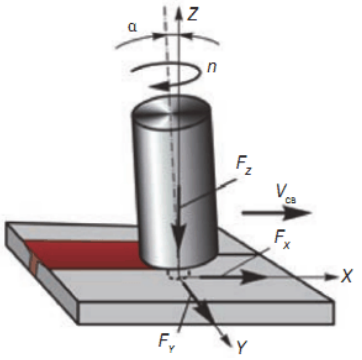
5. Friction stir welding for the transportation industries W. M. ThomasU, E. D. Nicholas TWI, Abington Hall, Abington, Cambridge CB1 6AL, UK / accepted 17 June 1997.

УДК 621.791
Барсукова Нина Валерьевна, студент; Barsukova Nina Valerievna
Бахматов Павел Вячеславович, к.т.н., доцент;
Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДВИЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ

TECHNOLOGICAL SCHEMES OF MOVEMENT OF A TOOL FOR FRICTION STIR WELDING

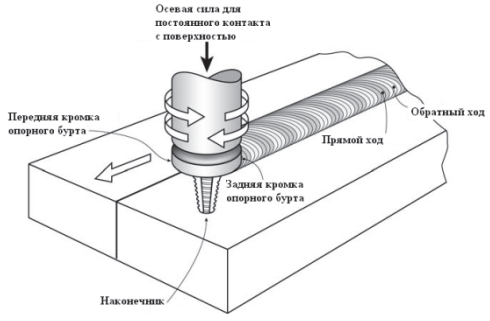
Аннотация. В работе представлены технологические схемы движения инструмента для сварки трением с перемешиванием.
Abstract. The work presents technological schemes of tool movement for friction welding with stirring.
Ключевые слова: сварка трением с перемешиванием, инструмент, вращение инструмента.
Keywords: stir friction welding, tool, tool rotation.



Сварка трением перемешиванием является процессом соединения материалов в твердом состоянии, при котором специальный вращающийся инструмент, конструктивно состоящий из плоского или профилированного основания (бурта) и расположенного на нем наконечника с различным профилем (пина), перемещается вдоль поверхностей стыка свариваемых деталей.

Трение бурта и пина в контакте со свариваемым материалом вызывает тепловыделение, за счет которого происходит размягчение материала. Процесс трения при СТП сопровождается пластической деформации тонких приконтактных слоев, в которых реализуется внутреннее трение.

Таким образом, соединение осуществляется в условиях экструзии с проковкой материала при высоких скоростях относительной деформации.

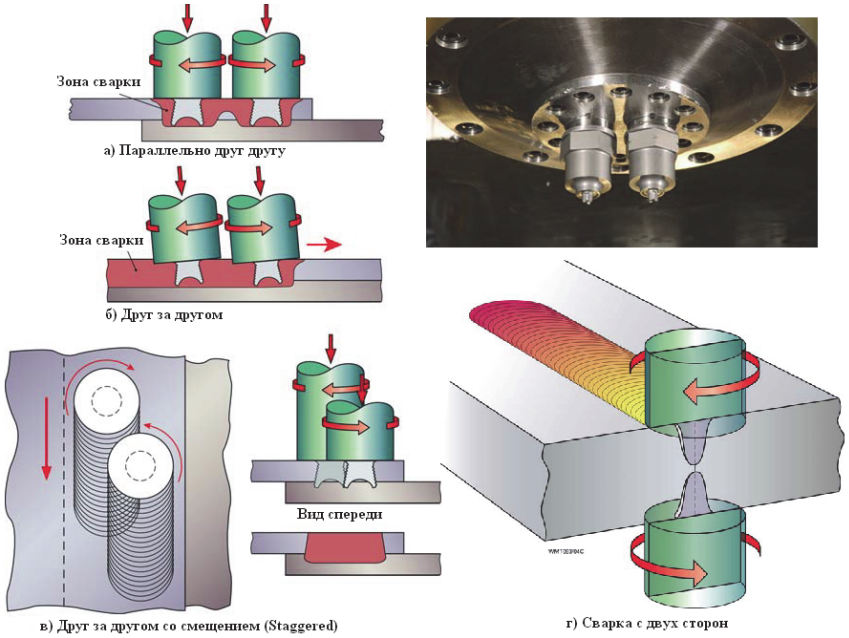


Помимо стандартной схемы движения инструмента, когда наконечник движется вдоль стыка поверхностей с вращением в одну сторону, существуют и другие схемы.

1. Re-Stir

Особенность Re-Stir™ заключается в циклическом возвратно-вращательном движении инструмента. Это решило проблему асимметрии швов, присущую традиционному процессу СТП. Швы имеют симметричную форму и высокие усталостные характеристики, однако, до промышленного приме-

нения процесса Re-Stir™ требуется более детальное его исследование и оптимизация режимов сварки.



2. Twin-Stir

Технология Twin-Stir™ - способ СТП с одновременным использованием двух и более инструментов. Существует несколько вариантов движения инструмента: параллельное перемещение двух инструментов; тандем - перемещение инструментов друг за другом по линии стыка; перемещение инструментов со смещением (Staggered) - для обеспечения проработки краевых зон, что очень важно при соединении внахлестку. При сварке по варианту Twin-Stir™ с параллельно расположенными инструментами (рисунок 12, а) возможно утонение верхней пластины (при крутом изгибе границы контактных поверхностей соединяемых пластин вблизи границы шва). После отработки конструкции головки и технологии Twin-Stir™ благодаря дополнительному тепловложению можно повысить скорость сварки при меньшей скорости вращения инструмента, уменьшить асимметрию швов, а также уменьшить усилие перемещения и крутящий момент на инструменте. При сварке по тандем схеме Twin-Stir™ производят дополнительный подогрев первым инструментом, что облегчает работу второго инструмента и позволяет увеличивать толщину соединяемых деталей. При данной схеме также образуются более измельченные зерна и остаточные оксиды в шве. Схема тандем Twin-Stir™ включает вариант сварки инструментами, расположенными с разных сторон соединяемых пластин. Это позволяет соединять детали вдвое большей толщины. Однако такая схема, так же, как и схема Re-Stir™ нуждается в дальнейших исследованиях. При технологической схеме сварки Staggered Twin-Stir™ с поперечным смещением двух инструментов относительно друг друга, шов первого инструмента частично перекрывают швом второго инструмента, что позволяет формировать зону соединения внахлестку шириной до 4,3 толщины верхнего свариваемого листа. В зоне перекрытия двух швов дополнительно

разрушаются остаточные оксиды, и измельчается структура. Эффект достигается при встречном вращении инструментов в их передней (в направлении движения по стыку) части.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Friction stir weldability of copper alloys // K. Savolainen, J. Mononen, T. Saukkonen et al // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

2. Russell M. J., Blignault C. Recent developments in FSW of Ti alloys // 6th International Symposium on Friction Stir Welding. Montreal (Canada), 2006.

3. Bernath J. J. FSW of Ti—6Al—4V structural components // 6th International Symposium on Friction Stir Welding. Montreal (Canada), 2006.

4. Loftus Z. FSW of 5 mm Ti—6Al—4V // 6th International Symposium on Friction Stir Welding. Montreal (Canada), 2006.

5. Innovative technology applications in FSW of high softening temperature materials / C. D. Sorensen, T. W. Nelson, S. M. Packer, R. J. Steel // 5th International Symposium on Friction Stir Welding. Metz (France), 2004.

УДК 620.179.17:681.787

Башков Илья Олегович, аспирант; Bashkov Ilya Olegovich
Башков Олег Викторович, доктор технических наук, доцент;
Bashkov Oleg Viktorovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ 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 при помощи адаптивного интерферометра. В работе рассмотрен частотный диапазон полученных сигналов АЭ.

Abstract. The work is devoted to the study of acoustic emission signals recorded by fiber-optic sensors using an adaptive interferometer. The paper considers the frequency range of the received AE signals.

Ключевые слова: акустическая эмиссия, волоконная оптика, испытание, интерферометр, образец.

Keywords: acoustic emission, fiber optics, test, interferometer, sample.

ВВЕДЕНИЕ

При выполнении работы была разработана и практически реализована конструкция высокочувствительного волоконно-оптического датчика, выполнено исследование 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, выполненного на базе волоконно-оптического интерферометра Маха-Цендера. Однако в силу своей высокой чувствительности опорный канал волоконно-оптического датчика оказывается подверженным внешним воздействиям, в частности неконтролируемым изменениям внешних условий, что приводит к необходимости постоянного восстановления исходной разности фаз. Для решения проблемы смещения рабочей точки интерферометра Маха-Цендера используются методы, представляющие собой различные способы демодуляции выходного сигнала волоконно-оптического датчика [1].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для эффективного решения проблемы стабилизации рабочей точки интерферометра на этапе демодуляции были использованы принципы динамических голограмм, которые позволяют сделать интерферометр адаптивным. Отличие адаптивного интерферометра от классического заключается в том, что в зоне суперпозиции излучения сигнального и опорного канала располагается фоторефрактивная среда, в которой постоянно записывается динамическая голограмма [2].

В качестве чувствительных элементов волоконно-оптических датчиков акустической эмиссии (АЭ) были использованы многомодовые кварцевые волокна типа ММ-0.125. Диаметр оптических волокон без защитной оболочки с наружным защитным лаковым слоем составляет 0,2 мм при толщине самого кварцевого волокна 0.125 мм. Схема интерферометра (рисунок 1) включала излучающий высокостабильный одномодовый лазер с диодной накачкой с нестабильностью по мощности < 1 %.

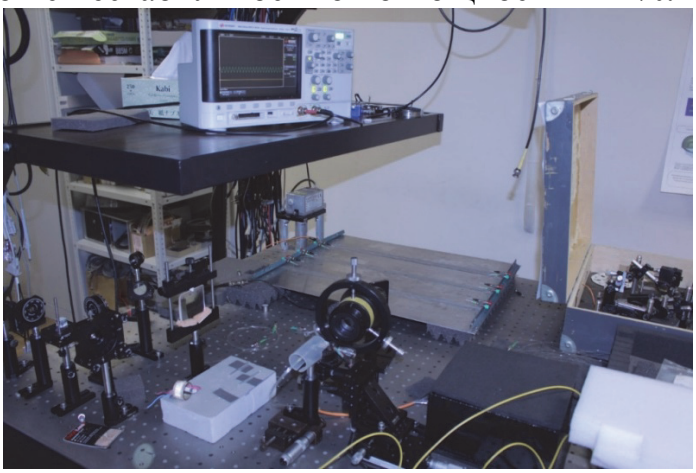


Рисунок 1 – Лабораторный оптический стол с собранной на нем схемой голографического интерферометра

Такие высокие требования к лазеру необходимы при использовании в интерферометре высокой чувствительности. При разработке датчиков были проведены исследования двух типов лазеров: на длине волны излучения в инфракрасном диапазоне 1064 нм и на длине волны излучения в видимом диапазоне 532 нм. 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. Для излучения на длине волны 1064 нм использовался фоторефрактивный кристалл теллурида кадмия (CdTe) с частотой отсечки, определяемой времени перезаписи кристалла - 10-1000 Гц. Для интерферометра, работающего на длине волны 532 нм использовался фоторефрактивный кристалл силиката висмута ($Bi_{12}SiO_2$) с частотой отсечки - 0.1-10 Гц. Применение фоторефрактивных кристаллов с низкой частотой отсечки накладывает ограничение на его использование при подавлении сторонних механических шумов и колебаний низкой частоты.

В качестве объекта исследований для размещения оптических волокон были использованы металлические пластины и перспективный композиционный материал стеклотекстолит СТ-69Н на основе стеклоткани Т-10 [3]. Для изготовления полимерного композиционного материала (ПКМ) в качестве связующего была использована композиция эпоксидных смол и отвердителя в спиртоацетоновой смеси. В качестве наполнителя использовалась конструкционная стеклоткань марки Т-10. Из этих материалов были получены методами вакуумного и вакуум-автоклавного формования образцы стеклопластика СТ-69Н. Волоконно-оптические датчики располагались между слоями стеклоткани. Оптические волокна укладывались по направлению утка и основы стеклоткани. Отвержденный образец ПКМ устанавливался на испытательном стенде. Выбор группы сенсорных оптических волокон, используемых в оптической схеме, основывался на подборе наиболее близких по уровню интенсивности светового излучения на выходе из оптического волокна [4].

В рамках выполнения проекта были проведены исследования волн АЭ, регистрируемых пьезоэлектрическими и волоконно-оптическими датчиками на дюралюминиевой пластине (рисунок 2). Сигналы возбуждались на алюминиевой пластине на различном расстоянии от датчиков. Возбуждение осуществлялось искусственными источниками АЭ путем излома грифеля карандаша диаметром 0.5 мм.. В исследованиях использовались грифели твердостью НВ, Н и 2Н, помещаемые в имитатор Су-Нильсена. Твердость грифеля в данном случае является функцией скорости развития трещины. При регистрации сигналов АЭ пьезоэлектрическими датчиками, использовался широкополосный датчик АЭ типа GT301. Изменение расстояния до источника АЭ приводит к трансформации сигнала, его амплитуды и вейвлет спектра, определяя форму групповой волны в пластине. Фурье спектр меняется незначительно. На вейвлет спектрограмме можно наблюдались области с высокой интенсивностью, характеризующие локально временное распределение мод

групповой волны Лэмба [5]. При анализе работ установлено, что, когда волна АЭ генерируется монополем (излом грифеля) на верхней поверхности пластины, антисимметричная волна моды A0 имеет наибольшую интенсивность в сравнении с симметричной модой S0. Установлено, что изменение энергии сигналов АЭ находится в обратной зависимости от расстояния и может быть аппроксимировано линейной зависимостью с достоверностью 0.85. Изменение энергии сигналов АЭ находится в прямой зависимости от твердости в пределах проведенных исследований и может быть аппроксимировано линейной зависимостью с достоверностью 0.78. Полученные данные могут быть использованы при дальнейшем анализе сигналов с целью идентификации источников АЭ.

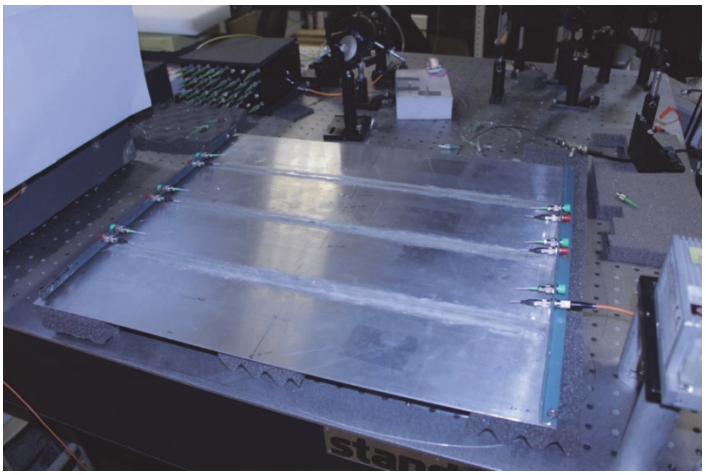


Рисунок 2 – Исследуемая пластина с размещенными на ней оптическими волокнами

Анализ сигналов АЭ, регистрируемых волоконно-оптическими датчиками также показал трансформацию сигнала при изменении расстояния от источника до датчика [6]. 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. Была установлена обратная линейная зависимость магнитуды выделенной частотной компоненты от расстояния между источником и волоконно-оптическим датчиком с достоверностью 0.72. Также была установлена прямая линейная зависимость магнитуды выделенной частотной компоненты от твердости в пределах проведенных исследований, которая может быть аппроксимирована линейной зависимостью с достоверностью 0.67. Однако, данный фактор выделения частотной компоненты требует проведения дополнительных исследований, основанных на анализе распределения амплитуды и энергии волн по длине волоконно-оптического датчика по отношению к месту регистрации сигнала АЭ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате проведенных исследований 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. Диапазон слы-

шимых ухом акустических шумов ограничивается 17 кГц. В зависимости от решаемых задач, диапазон может быть изменен [7]. Частотный диапазон сигналов АЭ, регистрируемых волоконно-оптическими датчиками голографическими интерферометрами, функционирующими на теллуриде кадмия (CdTe) и силикате висмута ($Bi_{12}SiO_2$) при возбуждении источником Су-Нильсена, составлял 0.01-30 кГц. Применяемый для лазерного излучения с длиной волны 1064 нм фоторефрактивный кристалл CdTe способен обеспечить частоту отсечки до 2 кГц. В проводимых исследованиях частота отсечки составила 0,5 кГц, что оказалось достаточным для подавления температурных флуктуаций и механических колебаний. Повышение частоты отсечки более 2 кГц не целесообразно, так как сужается полоса чувствительности датчика. Таким образом, в числе исследованных голографических интерферометров для целей реализации волоконно-оптического датчика акустической эмиссии наиболее эффективным в использовании является интерферометр, функционирующий на фоторефрактивном кристалле CdTe в инфракрасном диапазоне лазерного излучения 1064 нм. Полученные в процессе проведенных исследований результаты позволили установить, что интерферометр имеет потенциал увеличения чувствительности при дополнительном согласовании и фокусировке световых пучков в фоторефрактивном кристалле, за счет увеличения глубины модуляции и подбора фоторефрактивных кристаллов с наименьшим количеством дефектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Kamshilin A.A., Romashko R.V., Kulchin Yu.N. Adaptive interferometry with photorefractive crystals // J. Appl. Phys. 2009. V. 105. P. 031101.

2 Bashkov O.V., Khon H., Zaikov V.I., Bashkov I.O., Evstigneev A.I. Online registration of damages in composite materials with fiber-optic acoustic emission sensors // Materials Science Forum. 2019. Т. 946 MSF. С. 270-275.

3 Bashkov O.V., Khon H., Zaikov V.I., Romashko R.V., Bezruk M.N., Bashkov I.O. Registration of acoustic emission waves in anisotropic composite plates by fiber-optic sensors// В сборнике: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 2019. С. 110240O.

4 Бусурин В.И., Носов Ю.Р. Волоконно-оптические датчики: Физические основы, вопросы расчета и применения. М.: Энергоатомиздат, 1990. 256 с.

5 Meltz G., Morey W.W., Glenn W.H. Formation of Bragg gratings in optical fibers by a transverse holographic method// V. 14. No 15. 1989. P. 823-825. DOI: 10.1364/OL.14.000823.

6 Бардаков В. В., Барат В.А., Терентьев Д.А., Чернов Д.В., Осипов К.О. Особенности применения метода АЭ при мониторинге мостовых конструкций// Контроль. Диагностика. № 1. 2016. С. 32-39. DOI: 10.14489/td.2016.01. pp.032-039.

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.

УДК 539.422.52
Брянский Антон Александрович, аспирант; Bryansky Anton Aleksandrovich
Башков Олег Викторович, доктор технических наук, профессор;
Bashkov Oleg Viktorovich
Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент;
Protsenko Aleksandr Evgenievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЯ УСТАЛОСТНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПКМ

CLUSTERING OF ACOUSTIC EMISSION DATA IN RESEARCH OF FATIGUE DAMAGE ACCUMULATION PROCESSES IN PCM

Аннотация. В работе представлены результаты исследования образования усталостных повреждений в полимерном композиционном материале (ПКМ) на основе данных акустической эмиссии (АЭ). Предложен подход двухэтапной кластеризации спектров Фурье сигналов АЭ с использованием самоорганизующейся карты Кохонена и метода k-средних. На основе данных об интенсивности накопления полученных кластеров приведено краткое описание процесса разрушения ПКМ при циклическом растяжении при нагрузке равной 50 % от разрушающей.
Abstract. This work presents the results of a research of fatigue damage development in a polymer composite material (PCM) based on analysis of the acoustic emission (AE) data. An approach for two-stage clustering of AE signals Fourier spectra with use a self-organizing Kohonen map (SOM) and the k-means algorithm proposed. The brief description of PCM damaging processes during cycle tension at load equal to 50% of the failure load based on accumulation intensity of each cluster is given.
Ключевые слова: ПКМ, стеклопластик, разрушение, АЭ, кластеризация.
Keywords: PCM, FGRP, damaging, AE, clustering.

Полимерные композиционные материалы (ПКМ) обладают высокой чувствительностью к сроку и условиям эксплуатации. Их применение в аэрокосмической и транспортных отраслях промышленности требует проведения периодической диагностики или интеграции систем мониторинга структурного состояния методами неразрушающего контроля (НК). Своевременная регистрация, оценка и распознавание повреждений структуры ПКМ обеспечивает безопасность их применения. Методы структурного мониторинга также применимы для исследования поведения материалов под нагрузкой [1].

Одним из перспективных методов НК является акустическая эмиссия (АЭ), заключающаяся в регистрации упругих акустических колебаний, вызванных структурными изменениями в материале. Параметры регистриру-

емых сигналов несут в себе информацию о природе образующихся повреждений. Например, амплитуда сигналов зависит от масштаб регистрируемых событий, а энергия и частотные составляющие сигналов от природы источников АЭ [2].

В условиях непрерывного процесса важна статистическая оценка регистрируемых данных. Идентификация природы повреждений и информация о времени и интенсивности их накопления позволяют проводить анализ разрушения материала. Широкое применение в решение данной задачи нашли методы кластеризации данных [3].

Объектом исследования в данной работе выступили образцы стеклопластика, изготовленные методом вакуумной инфузии из эпоксивинилэфирного связующего DION и 46 слоёв стеклоткани Т11-ГВС9.

Механические испытания проводились на циклической испытательной машине методом растяжения. Значение нагрузки было выбрано равным половине от разрушающей и составляло 300 МПа.

Регистрация АЭ проводилась на программно-аппаратном комплексе AE 2.1 Pro с использованием широкополосного датчика Globaltest GT301 (50 – 550 кГц).

Ранее авторами был апробирован метод кластеризации спектров Фурье сигналов акустической эмиссии, зарегистрированных в ходе механических испытаний образцов из ПКМ [4]. Были получены формы спектров, характеризующие природу повреждения материала, и по накоплению полученных кластеров в ходе механических испытаний проанализирована стадийность разрушения ПКМ.

Метод заключается в получении спектров Фурье зарегистрированных сигналов АЭ, изъятии информативного диапазона (24 - 450 кГц) и нормализации. Ограничение анализируемого диапазона спектров позволяет снизить влияние низко- и высокочастотных шумов, повысить качество результатов кластеризации.

Методом кластеризации была выбрана самоорганизующаяся карта Кохонена (СОК), так как она обеспечивает в данном применении более высокую точность кластеризации по сравнению с методом k-средних [1]. Большое количество выходных кластеров (100 штук) было определено опытным путём при оценке воспроизводимости результатов кластеризации. Также такое количество кластеров позволяет выделять кластеры, характеризующие смешанную природу образующихся повреждений, и кластеры специфических шумов.

Дальнейший анализ подразумевает объединения схожих кластеров по схожести формы их центроидов до количества типов образующихся повреждений и их комбинаций. Выполнение данной задачи вручную требует большого количества времени и сильно подвержено влиянию человеческих ошибок. В данной работе методика была дополнена использованием второго этапа кластеризации центроидов. Итоговый вид схемы обработки экспериментальных данных представлен на рис. 1.

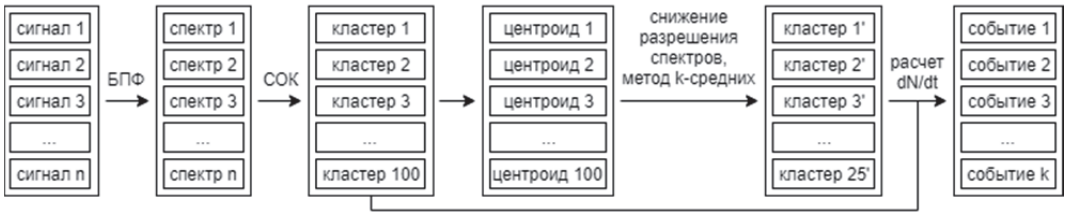


Рисунок 1 – Предлагаемая схема обработки сигналов АЭ

Малое количество данных (100 центроидов) и большое количество их параметров (1352 точек) на приводит к получению неудовлетворительных результатов кластеризации. Понижение разрешения спектров позволяет повысить эффективность метода k-средних и других алгоритмов[1, 2]. Разрешение спектра снижалось до шага в 5 кГц (86 точек). С учётом 5 типов повреждения материала и их возможных комбинаций количество кластеров было выбрано равным 25. В дальнейшем схожие кластеры объединялись вручную. Центроид наибольшего кластера первого этапа в составе кластера второго этапа, принимался характеризующим кластер второго этапа. Примеры полученных характеристических спектров второго этапа кластеризации представлены на рис. 2.

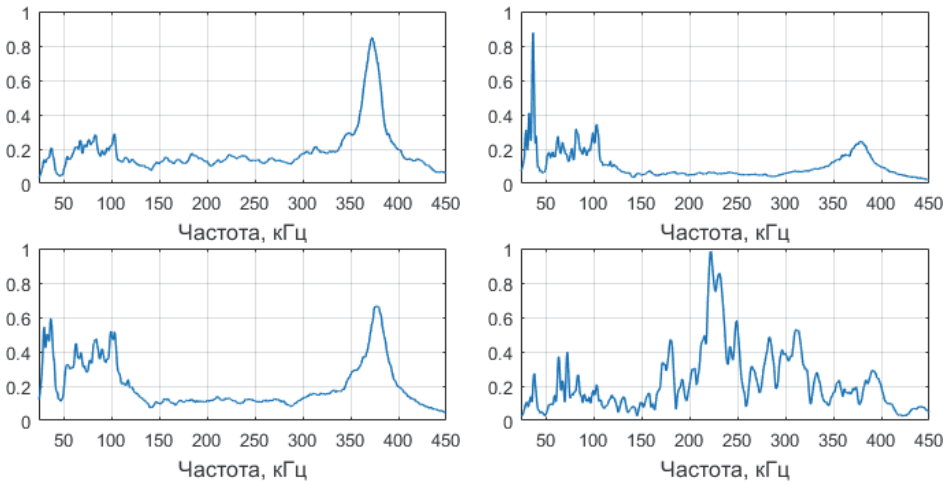


Рисунок 2 – Примеры характеристически спектров

Анализ кривых накопления каждого кластера проводился по интенсивности их накопления. Для этого было принято пороговое значение интенсивности критического накопления равным 2 сигнала в секунду. На рис. 3 представлены периоды критического накопления кластеров при усталостном испытании образца ПКМ (горизонтальные линии характеризуют критическую активность кластеров, вертикальными обозначены границы стадий).

На основе анализе критического накопления кластеров было установлено, что в течение испытания происходит постепенный рост масштаба образующихся повреждений матрицы, приводящих к образованию и росту расслоений. К моменту разрушения образца повреждение матрицы имеет смешанный характер. Процесс разрушения волокон представлен переходами от процесса излома волокон на фоне повреждений матрицы к отклеиванию с

выскальзыванием и изломом волокон, и наоборот. До достижения середины времени испытания смена процессов становится чаще, пока не приобретает форму разрушения волокон при расслоении материала. Последняя стадия разрушения характеризует долом образца и в основном представляет собой микроповреждения матрицы и разрушения волокон.

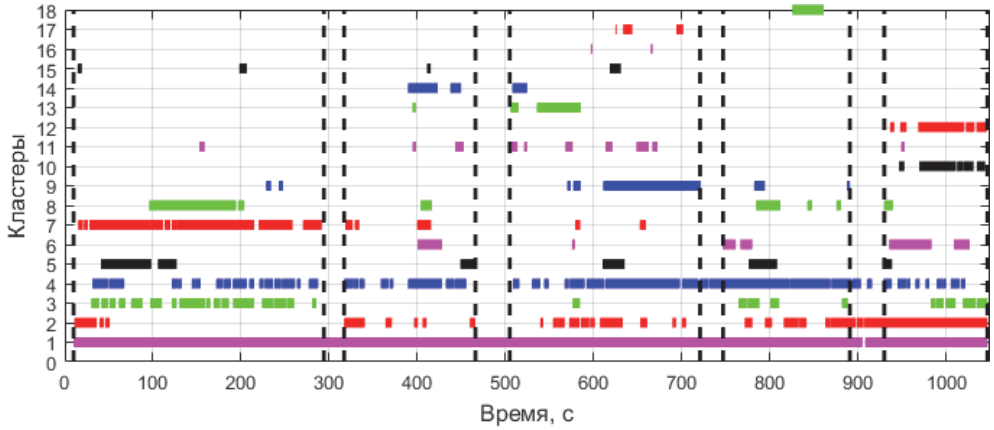


Рисунок 3 – Превышение порога интенсивности накопления каждого типа кластеров в ходе испытания

Определение природы образующихся структурных повреждений и их эволюции имеет большое значение в исследовании свойств, оценке технологий изготовления и прогнозирования поведения под нагрузкой ПКМ. Разработка подходов и методик анализа экспериментальных данных АЭ находит применение не только в лабораторных исследованиях, а также в диагностике деталей и конструкций из ПКМ, в том числе и в системах мониторинга.

Применение двухэтапной кластеризации с промежуточной обработкой данных позволяет совместить преимущества двух алгоритмов. Дополнительное применение статистического анализа улучшает качество анализа данных об испытаниях.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90318/19

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 De Oliveira R., Marques A. T. Health monitoring of FRP using acoustic emission and artificial neural networks //Computers & structures. – 2008. – Т. 86. – №. 3-5. – С. 367-373.

2 Behnia A. et al. Advanced damage detection technique by integration of unsupervised clustering into acoustic emission //Engineering Fracture Mechanics. – 2019. – Т. 210. – С. 212-227.

3 Ameur M. B. et al. Investigation and identification of damage mechanisms of unidirectional carbon/flax hybrid composites using acoustic emission //Engineering Fracture Mechanics. – 2019. – Т. 216. – С. 106511.

4 Bashkov O. V. et al. Investigation of the Stages of Damage Accumulation in Polymer Composite Materials //Materials Science Forum. – Trans Tech Publications, 2019. – Т. 945. – С. 515-521.

5 Xu D. et al. Achieving robust damage mode identification of adhesive composite joints for wind turbine blade using acoustic emission and machine learning //Composite Structures. – 2020. – Т. 236. – С. 111840.

УДК 621.791

Бубелло Екатерина Олеговна, студент; Bubello Ekaterina Olegovna
Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
Bakhmatov Pavel Vyachslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ И МАРКИ ЭЛЕКТРОДОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НЕРЖАВЕЮЩЕГО ТРУБОПРОВОДА

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MANUAL ARC WELDING MODES AND ELECTRODE GRADES ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF WELDED JOINTS OF STAINLESS STEEL PIPELINES

Аннотация. В данной статье представлен обзор актуальных исследований, нацеленных на улучшения качества нержавеющего трубопровода. Проведены исследования на микротвердость.

Abstract. This paper presents an overview of current research aimed at improving the quality of stainless steel pipelines. Research has been carried out on microhardness. The research methodology and its main results are also presented in detail.

Ключевые слова: сталь 12Х18Н10Т, многопроходная сварка, сварка аустенитных сталей, труба, покрытые электроды, режимы сварки, механические свойства, микроструктура.

Keywords: 12X18N10T steel, multi-pass welding, austenitic steel welding, pipe, coated electrodes, welding modes, mechanical properties, microstructure.

Хром – никелевые нержавеющие стали могут использоваться в различных сферах производства и промышленности, так как они обладают высокими и устойчивыми механическими свойствами: стойкостью против атмосферной жидкостной и газовой коррозии; окалиностойкостью; жаропрочностью. Эти свойства обусловлены либо химическими свойством сталей, либо способом их производства и обработки [5,с 15]. Задачей исследования является узнать, с помощью каких электродов, какими режимами сварки производить сварные соединения нержавеющей аустенитной стали.

В качестве материала использована горячекатаная труба диметром 159 мм из коррозионностойкой стали 12Х18Н10Т толщиной 6 мм. Подго-

товку кромок выполняли по ГОСТ 16037-80, соединение С17. Применили ручную дуговую сварку электродами марок ОЗЛ-8, ЦЛ-11 и ЦТ-15. Для сварки сварного соединения использовали сварочный инвертор LORCH HandyTIG 180 AC/DC ControlPro.Периметр стыка условно разделили на 6 участков. Сварку всех соединений выполнили на постоянном токе обратной полярностиОбрезка и пробоподготовка образцов проводилась на DeltaAbrasiMet и Automet 250 (Buehler). Для измерений микротвёрдости образцов был выбран микротвердомер Shimadzu HMV-2.

Таблица 1 – Маркировка образцов для испытаний

Маркировка образца	Параметры режима	Тип слоя
1.1.3	Электрод ЦЛ-11 Сварочный ток – 70А	Корень
		Заполняющий
		Облицовочный
1.2.3	Электрод ЦЛ-11 Сварочный ток – 90А	Корень
		Заполняющий
		Облицовочный
2.3.3	Электрод ЦТ-15 Сварочный ток – 80А	Корень
		Заполняющий
		Облицовочный
2.4.3	Электрод ЦТ-15 Сварочный ток – 100А	Корень
		Заполняющий
		Облицовочный
3.5.3	Электрод ОЗЛ-8 Сварочный ток – 50А	Корень
		Заполняющий
		Облицовочный
3.6.3	Электрод ОЗЛ-8 Сварочный ток – 70А	Корень
		Заполняющий
		Облицовочный

Испытания микротвердости по сечению сварного соединения производилось на отполированных и протравленных шлифах, методом вдавливания алмазной пирамиды с углом между противоположными гранями 136° с нагрузкой 200 гр. Микротвердость измерялась по всему шву, начиная с середины сварного шва до зоны основного металла, с шагом 0,5мм. Графики распределения микротвердости по сечению шва образцов 1.1.3, 1.2.3, 2.3.3, 2.4.3, 3.5.3 и 3.6.3 изображены на рисунке 1. На рисунке 1,а видно что микротвердость от середины шва к линии сплавления равна интервалу от 300 HV до 400 HV,а также есть небольшой участок,где микротвердость равна 400 – 500 HV, но сразу после нее в основном металле от зоны термического влияния и дальше значение микротвердости постепенно снижается до 200-300 HV .На рисунке 1, б наблюдается прочностная однородность сварного шва с небольшими значениями микротвердости 200 – 300 HV, а также присутствует небольшой участок, где микротвердость равна 300 – 400 HV. Рисунок 1,в показывает высокие значения микротвердости в сварном шве, но приближаясь к линии сплавления микротвердость снижается, далее от зоны термического влияния в сторону основного металла она также постепенно убывает.На

рисунке 1,г выявляется та же тенденция изменения микротвердости,что и на рисунке 1,в. только присутствует больше участок, где значения микротвердости равна интервалу 400 – 500 HV. На рисунке 1,д видно что микротвердость от середины шва к линии сплавления равна интервалу от 300 HV до 400 HV, но сразу после нее в основном металле от зоны термического влияния и дальше значение микротвердости постепенно снижается до 200-300 HV .На рисунке 1,е наблюдаем самые низкие значения микротвердости. Тенденция изменения микротвердости такая же, как и на рисунке 1,б.

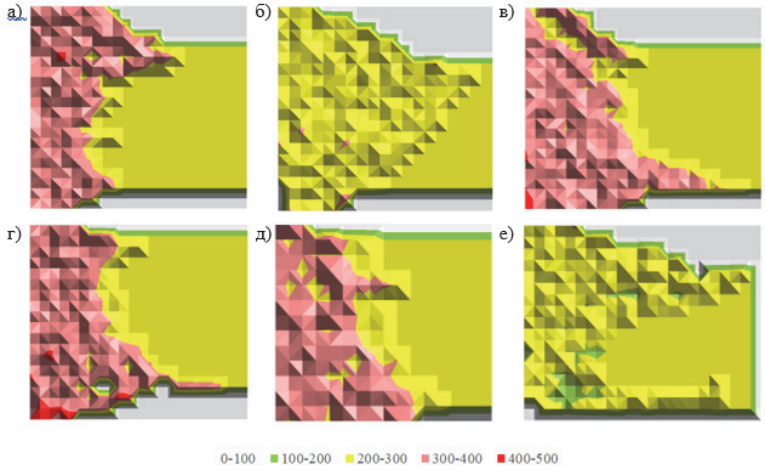


Рисунок 1 – Диаграмма распределения микротвердости по всему шву образца: а – 1.1.3; б – 1.2.3; в – 2.3.3; г – 2.4.3; д – 3.5.3; е – 3.6.3

Результаты исследования на микротвердось образцов 1.1.3, 1.2.3, 2.3.3, 2.4.3, 3.5.3, 3.6.3 показали: при сварке электродом ЦТ – 15 и токах 80 А и 100А получается твердость сварного шва значительно выше твердости основного металла; при сварке электродом ОЗЛ-8 и токе 50 А, а также электродом ЦЛ-11 и токе 70А получается удовлетворительная по значению микротвердость шва и основного металла с прочностной однородностью; при сварке электродом ЦЛ – 11 и токе 90А , а также электродом ОЗЛ-8 и токе 70А микротвердость сварного соединения имеет самые низкие показатели по сравнению с другими образцами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Металлургия дуговой сварки. Процессы в дуге и плавление электродов / под общ. ред. И. К. Походни. – Киев: Наукова думка, 1990. – 223 с.

2 Марочник сталей и сплавов/В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В.Г. Сорокина.-М.: Машиностроение, 1989.- 640 с.

3 Жизняков, С. Н. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология / С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. – М. : ЦТТ ИЭС им. Е.О. Патона, 2007.– 360 с.

4 Лесков, Г. И. Электрическая сварочная дуга / Г. И. Лесков. – М. : Машиностроение, 1970. – 336 с.

5 Петров, Г. Л. Сварочные материалы / Г. Л. Петров. – Л. : Машиностроение, 1972. – 280 с.

УДК 621.01
Буравицын Дмитрий Александрович, студент;
Buravitsin Dmitry Aleksandrovich
Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент;
Shchelkunov Evgeny Borisovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТИ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА МЕХАНИЗМА ТИПА ГЕКСАПОД С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ

THE STUDY OF THE AREA OF THE WORKING SPACE OF THE HEXAPOD TYPE MECHANISM WITH THE POSSIBILITY OF RECONFIGURATION

Аннотация. Представлены результаты расчётов областей рабочих пространств механизмов типа гексапод с возможностью реконфигурирования при различных вариантах расположения направляющих на основании.
Abstract. The results of calculations of the areas of working spaces of mechanisms of the type of hexapods with the possibility of reconfiguration with various options for the location of the guides based.
Ключевые слова: механизм параллельной структуры, реконфигурирование, гексапод.
Keywords: parallel structure mechanism, reconfiguration, hexapod.

В настоящее время в технологическом оборудовании все больше находят применение различные механизмы параллельной структуры (МПС). Одной из разновидностей таких механизмов являются МПС с управляемой формой рабочего пространства, называемые реконфигурируемыми.

На рисунке 1 показан пример реконфигурируемого МПС. МПС состоит из основания 1, подвижной платформы 5 и связывающих их с помощью поворотных шарниров телескопических приводных штанг 4. Перемещения подвижной платформы происходят при согласованном изменении длин приводных штанг. На основании 1 выполнены направляющие 2 с каретками 3 на которых располагаются шарниры приводных штанг основания. При перемещении кареток по направляющим изменяется радиус основания МПС, а соответственно и форма и размеры области рабочего пространства МПС.

В [1] предложена классификация МПС с возможностью реконфигурирования по признаку расположения шарниров на основании и подвижной платформе, а также направляющих. Одним из классификационных признаков является возможность изменения типа компоновки в зависимости от текущего места положения шарниров на основании.

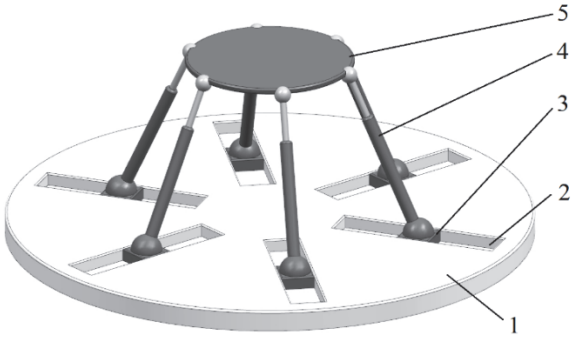


Рисунок 1 – Пример МПС с возможностью реконфигурирования

В данной работе выполнен анализ формы и размеров области рабочего пространства различных компоновок реконфигурируемых МПС на базе наиболее распространенного механизма гексапод.

Для исследования были выбраны следующие типы компоновок:

1 ферменая неизменяемая;

2 симметричная неизменяемая;

3 попарно-параллельная неизменяемая;

4 изменяемая в следующей последовательности: ферменая, симметричная и попарно-параллельная.

Расположение направляющих у первых трех типов компоновок изображены на рисунке 2, а. Расположение направляющих у четвертого типа компоновки показано на рисунке 2, б.

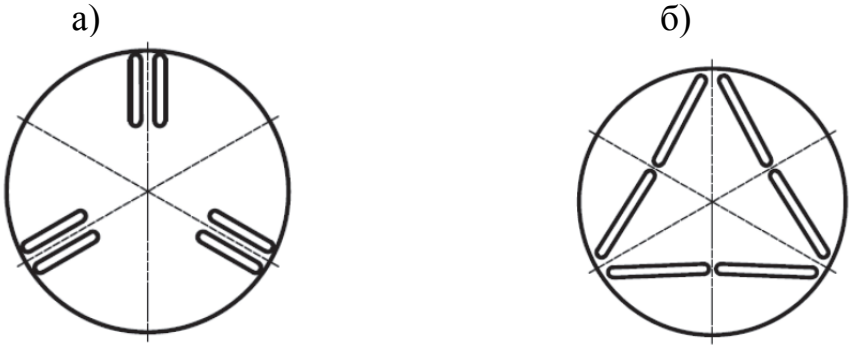


Рисунок 2 – Расположение направляющих на основании для ферменого, симметричного, попарно-параллельного (а) и смешанного (б) типа компоновки

Параметры подвижной платформы неизменны: радиус размещения шарниров на платформе $R_п$ = 85 мм. Параметры штанг L_{min} = 500 мм, L_{max} = 750 мм. Радиусы оснований изменяются от R_{min} = 210 мм до R_{max} = 390 мм.

Исследование проводилось расчетным методом с помощью оригинальной программы [2]. В ходе расчета для каждой из множества рассматриваемых компоновок МПС определялся объем рабочего пространства. Результаты вычислений отображены на рисунке 3.

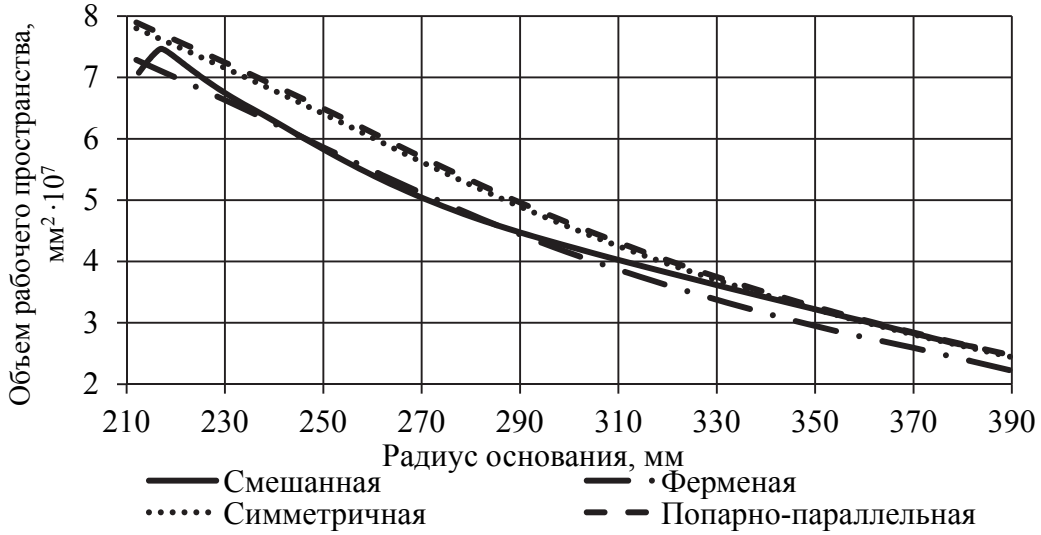


Рисунок 3 – Результаты расчётов

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Щелкунов Е.Б. Компоновочные решения механизмов параллельной структуры с возможностью реконфигурирования/ Е.Б. Щелкунов, С.В. Виноградов, М.Е. Щелкунова, Д.А. Буравицын// Технология машиностроения – 2019 № 11 – С. 51-54.

2 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016663335 Программа для расчета и анализа механизмов параллельной структуры / Щелкунов Е.Б., Щелкунова М.Е., Виноградов С.В., Пронин А.И., Самар Е.В., № 2016661148 Заявлено 24.11.2016; Зарегистрировано. 05.12.2016.

УДК 621.791.725

Вантеев Михаил Олегович, студент; Vanteev Mikhail Olegovich
Рубан Ксения Евгеньевна, магистр; Ruban Ksenia Evgenievna
Григорьев Владимир Владимирович, старший преподаватель;
Grigorev Vladimir Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВАРНОЙ ТОЧКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЕДИНИЧНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСОМ НА ПОВЕРХНОСТИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

STUDY OF FEATURES OF FORMATION OF THE SPOT WELD WHEN EXPOSED TO A SINGLE LASER PULSE ON THE SURFACE OF LOW CARBON STEEL

Аннотация. Целью данной работы является определение влияния параметров процесса точечной импульсной лазерной сварки на геометрические параметры и структуру получаемой сварочной точки. По экспериментальным данным, полученным в данной работе проведены регрессионные ана-

лизы и получены математические зависимости, позволяющие прогнозировать получение сварочных точек с заданной геометрией и структурой.
Abstract. The purpose of this work is to determine the influence of the parameters of the process of spot pulsed laser welding on the geometric parameters and structure of the resulting welding point. Based on the experimental data obtained in this paper, regression analyses are given and mathematical dependencies are obtained that allow predicting the production of welding points with a given geometry and structure.
Ключевые слова: лазерная сварка, низкоуглеродистая сталь, влияние формы импульса, микроструктура, регрессия.
Keywords: laser welding, low-carbon steel, influence of pulse shape, microstructure, regression.

На сегодняшний день при создании металлоконструкций ответственного назначения на этапе выбора сварочных технологий к ним предъявляются требования бездефектности, энергоэффективности, экологичности, универсальности, а также обеспечения минимальных сварочных деформаций с целью исключения дополнительных технологических операций. Всем этим требования в полном объеме отвечает лазерная сварка [1]. Одним из основных направлений развития данного способа сварки сегодня является углубление знаний в области влияния воздействия лазерного луча на структуру и свойства, обрабатываемых материалов. Именно этой цели направлены проводимые в данной работе исследования. Основная цель проводимых исследований – это определение влияния формы импульса и режимов точечной импульсной лазерной сварки на геометрические параметры сварной точки, а также формирование структуры зон сварной точки. Для достижения данной цели был сформирован комплекс задач, которые решались в данной работе.

Для проведения исследований использовалась универсальная лазерная установка марки BULAT LRS 300. В качестве образца для наплавки сварных точек выбрана пластина из марки стали Ст3 40х40 мм, с толщиной пластины 5 мм. Наплавка производилась в единичном и импульсном режимах сварки, форма импульса для 1,4 рядов наплавленных точек – прямоугольная, для 2, 3 – трапецеидальная (рисунок 1). Рабочее напряжение изменялось в интервале от 350 до 450 В, время импульса изменялось от 5 до 15 мс. В случае работы лазерной установки в импульсном режиме, частота пульсации лазерного луча изменялась от 2 до 4 Гц, время выдержки составляло 2 с.

После проведения импульсной лазерной наплавки сварных точек, проведен раскрой образцов на настольном абразивном станке марки DeltaAbrasiMet, последующая пробоподготовка образцов для исследования структуры сварных точек выполнялась на шлифовально-полировальном станке EcoMet 250.

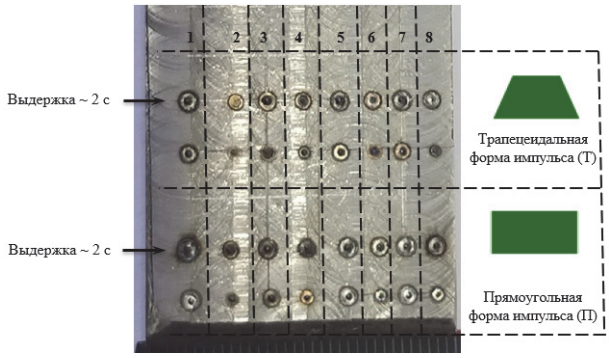


Рисунок 1 – Образец из Ст3 с наплавленными сварными точками

По результатам структурных исследований установлено, что для стали Ст3 в зоне термического влияния металл имеет структуру бейнита отпуска, наплавленный металл имеет структуру отпущенного перлита. Влияние режимов точечной импульсной лазерной сварки на структуру сварочной точки проявляется в различном объемном соотношении металла в области термического влияния к наплавленному металлу (рисунок 2).

С целью определения объемного расположения основных областей сварочных точек по имеющимся микроструктурам были определены площади поперечного сечения данных областей при помощи программы T-Flex CAD, далее определялся объем наплавленного металла, объем зоны термического влияния и общий объем сварочной точки.

По объемному соотношению областей установлено, что использование импульса прямоугольной формы по отношению к трапецеидальной, практически во всех случаях обеспечивает меньшую долю металла в зоне термического влияния. Влияние прочих параметров процесса точечной импульсной лазерной сварки на соотношение наплавленного металла и металла зоны термического влияния в объеме полученной сварочной точки носит неоднозначный характер.

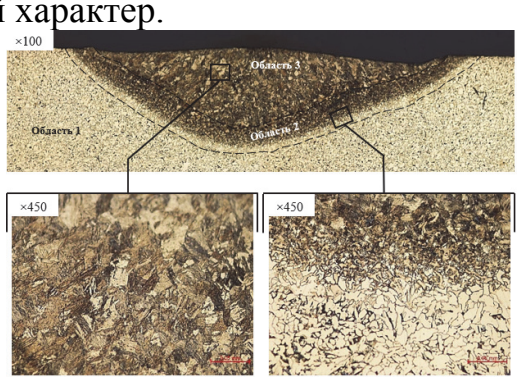


Рисунок 2 – Структурные составляющие сварочной точки, полученной точечной импульсной лазерной сварки на режимах:
рабочее напряжение – 350 В; длительность импульса – 5 мс;
частота импульса – 2 Гц; форма импульса – П; время выдержки – 2 с

По металлографическим снимкам также произведены измерения глубины проплавления и диаметра сварной точки, установлено, что при прямоугольной форме импульса увеличение рабочего напряжения приводит к увеличению, как диаметра сварочной точки, так и глубины проплав-

ления. При трапецеидальной форме импульса влияние рабочего напряжения на диаметр сварочной точки аналогично. Но влияние на глубину проплавление более сложное: для ряда точек при меньшем значении рабочего напряжение глубина проплавления имеет большее значение. Влияние формы импульса также оказывает влияние на геометрические параметры сварной точки, при работе установки в импульсном режиме наблюдается увеличение, как диаметра сварочной точки, так и глубины проплавления.

Также на основании полученных измерений зон сварной точки проведен регрессионный анализ и получены универсальные формулы позволяющие предсказывать площади получаемой сварной точки и зоны термического влияния в ней в зависимости от рабочего напряжения и длительности импульса, для прямоугольной формы импульса:

$$y_1 = -0{,}365+0{,}001X_1+0{,}015X_2;$$

$$y_2 = -0{,}798+0{,}0027X_1+0{,}0325X_2;$$

для трапецеидальной формы импульса:

$$y_1 = -1{,}506+0{,}0018X_1+0{,}0725X_2;$$

$$y_2 = -0{,}177+0{,}0032X_2.$$

где X1 – рабочее напряжение, X2 - длительность импульса, y1 – площадь зоны термического влияния, y2 – площадь зоны сварной точки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки : учеб. пособие для вузов / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 664 с.

УДК 621.9:519.8

Вечканов Егор Константинович, магистр; Vechkanov Egor Konstantinovich
Серебренникова Анжела Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент;
Serebrennikova Angela Gennadyevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ВТ20, ВТ23 В ПРОГРАММЕ DEFORM

ANALYSIS OF THE MILLING PROCESSING PROCESS OF TITANIUM ALLOYS VT20, VT23 IN THE DEFORM PROGRAM

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию принципа фрезерования ВТ20 и ВТ23 и изучение выходных параметров данное процесса.
Abstract. This work is devoted to the study of the principle of milling VT20 and VT23 and the study of the output parameters of this process.

Ключевые слова: силы резания, фрезерование, титановый сплав, пластина, режущий инструмент, программа, выходные параметры.
Keywords: cutting forces, milling, titanium alloy, plate, cutting tool, program, output parameters.

Целью работы данной работы, является процесс анализа выходных параметров процесса фрезерной обработки сплавов ВТ20, ВТ23. В начале работы, поставлены задач:

1) Изучить какими концевыми фрезами ведется обработка;
2) Определить виды и геометрические параметры концевых фрез;
3) Создать модели инструмента;
4) Изучить наиболее часто применяемые виды заготовок;
5) Проанализировать выходные параметры процесса фрезерования концевыми фрезами;
6) Подобрать режимы обработки титановых сплавов ВТ20, ВТ23;
7) Проанализировать, при каких режимах резания обработки возникают вибрации на станке, что является большой проблемой на предприятиях машиностроения;
8) С помощью модификации геометрии режущего инструмента в программе DEFORM, путем подбора оптимальных режимов обработки, найти такие условия обработки, при которых возникает минимум проблем при такой обработке, основываясь на выходные параметры процесса фрезерования.

Процесс фрезерование будет производится концевыми фрезами CoroMill 390 R390-040A32-11H с сменными пластинами R390-11 T3 12E-PM S30T; CoroMill 690 040C6-1053H с сменными пластинами 690-140608M-E-SL S40T на станке с ЧПУ DMC 80UduoBLOCK.

При фрезеровании будут использоваться виды заготовок, такие как: плита, штамповка.

Рисунок 1 - CoroMill 390

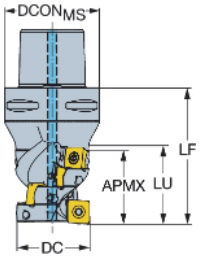


Рисунок 2 - CoroMill 690

Таблица 1 – Режимы механической обработки

Марка материала	Номер образца	Подача; мм/мин	Обороты; об/мин
ВТ23	1	200	400
	2	400	1000
ВТ20	1У	200	500
	2У	600	1500

Для моделирования режущего инструмента я использую программу NX 10.0. Для изучение выходных параметров процесса обработки, DEFORM-3D. Программа DEFORM – это система конечно-элементного моделирования, которая предназначена для анализа трехмерного течения металла при различных процессах обработки металла давлением. DEFORM также позволяет пользователям снизить долю затрат на испытания и модернизацию процессов и оснастки. Выходные параметры в программе будут выглядеть в виде графиков, по которым можно сделать выводы. А именно:

1 График усилия и скорости;
2 График распределения напряжения по оси Z;
3 График зависимости напряжения от времени;
4 График зависимости скорости деформации от времени;
5 График зависимости скорости температуры от времени;
6 График зависимости температурного потока от времени;
7 График зависимости крутящего момента от времени;
8 Эпюры нагрузки.

Выводы.

1 Основываясь на проблематику передового промышленного производства, на котором применяется оборудование с ЧПУ, определена цель магистерской работы, которая должна позволить решить ряд проблем на этом предприятии.

2 Поставлены задачи исследований.

3 Определен план эксперимента, в результате которого необходимо сделать следующее:

а) создать модели концевых фрез;

б) смоделировать разные виды заготовок;

в) определить режимы обработки заготовок концевыми фрезами;

4 В результате проведенных действий, я ожидаю получить выходные параметры процесса фрезерования, смоделированного в программе DEFORM.

5 Провести анализ полученных данных и сформировать выводы, согласно которым, я смогу порекомендовать такие режимы обработки, согласно которым можно избавится от проблем при обработке титановых сплавов ВТ20, ВТ23 в современных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Паршин В. С., Карамышев А. П. Практическое руководство к программному комплексу DEFORM-3D: учебное пособие. – Екатеринбург: УрФУ, 2010. – 266

2 Большой энциклопедический политехнический словарь. – Мультитрей. – 2004. – 384 с.

3 Применение специализированного программного комплекса DEFORM в курсовом проектировании / сост. Б.В. Каргин, Я.А. Ерисов. – Самара: СГАУ, 2010. – 28 с.

УДК 621.941.1
Гурылев Владимир Борисович, студент; Vladimir Borisovich Gurylev
Серебренникова Анжела Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент;
Anzhela Gennadjevna Serebrennikova
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ22 ОТ ГЕОМЕТРИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

ANALYSIS OF THE DEPENDENCES OF CUTTING FORCES DURING TURNING OF THE TITANIUM ALLOY VT22 FROM THE GEOMETRY OF THE CUTTING TOOL

Аннотация. Данная работа посвящена продолжению темы магистерской диссертации, а именно анализу сил резания на примере обработке титанового сплава ВТ22 при разной геометрии режущего инструмента.
Abstract. This work is devoted to the continuation of the topic of the master's thesis, namely the analysis of cutting forces using the example of processing titanium alloy VT22 with different geometry of the cutting tool.
Ключевые слова: силы резания, точение, титановый сплав, передний угол, задний угол.
Keywords: cutting forces, turning, titanium alloy, frond corner, rear corner.

При продольном точении силу P раскладывают в трех направлениях (рис. 1):

1. Осевую силу или силу подачи (Px), ее рассчитывают для проверки усилия допускаемого механизмом станка.

2. Радиальная сила (Py) стремится оттолкнуть резец от обрабатываемой детали, а ее реакция – изогнуть обрабатываемую деталь, влияет на правильность геометрической формы обрабатываемой поверхности.

3. Тангенциальная сила (Pz) – основная составляющая, действует в направлении главного движения, по ней подсчитывается крутящий момент и мощность резания.

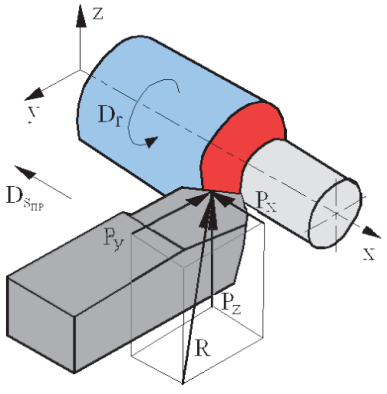


Рисунок 1 – Составляющие сил резания

Главный передний угол γ оказывает большое влияние на процесс резания материала. С увеличением угла γ уменьшается деформация срезаемого слоя, так как инструмент легче врезается в материал, понижается сила резания и расход мощности при одновременном улучшении условий схода стружки и повышения качества обработанной поверхности заготовки [1].

Угол α способствует уменьшению трения между обрабатываемой поверхностью заготовки и главной задней поверхностью резца [1].

Опыт проводился на станке 1К625 комплектом проходных упорных резцов из 10 штук, с заточкой по передней поверхности γ = 2˚ у всех резцов, по задней поверхности α от 6˚ до 15˚, при режимах резания t=3 мм; V=50 м/мин; с различными значениями подач S=0,11; S=0,15; S=0,21 [2], результаты представлены на (рис. 2-4).

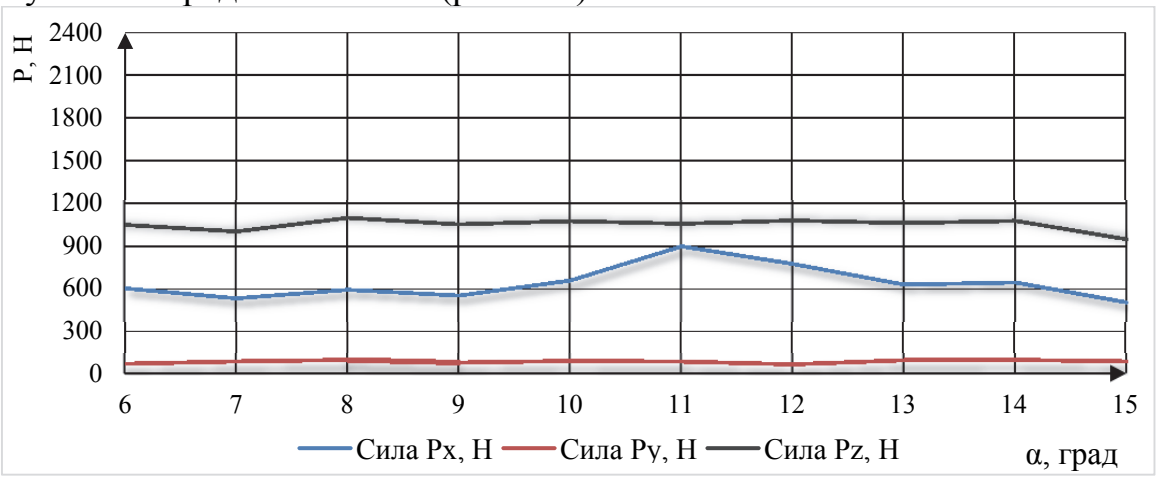


Рисунок 2 – График зависимости составляющих сил резания от заднего угла резца при подаче S-0,11

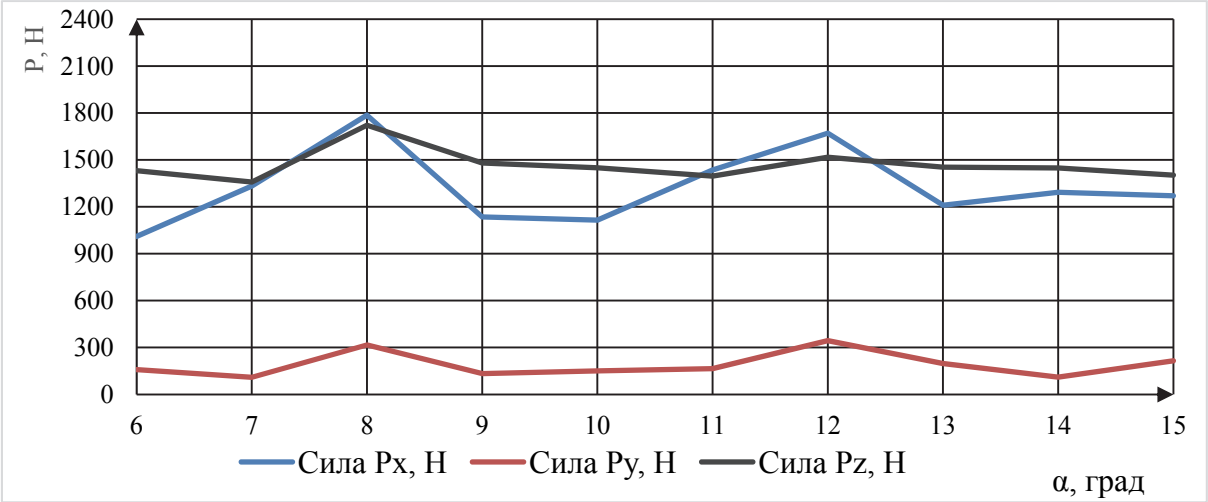


Рисунок 3 – График зависимости составляющих сил резания от заднего угла резца при подаче S-0,15

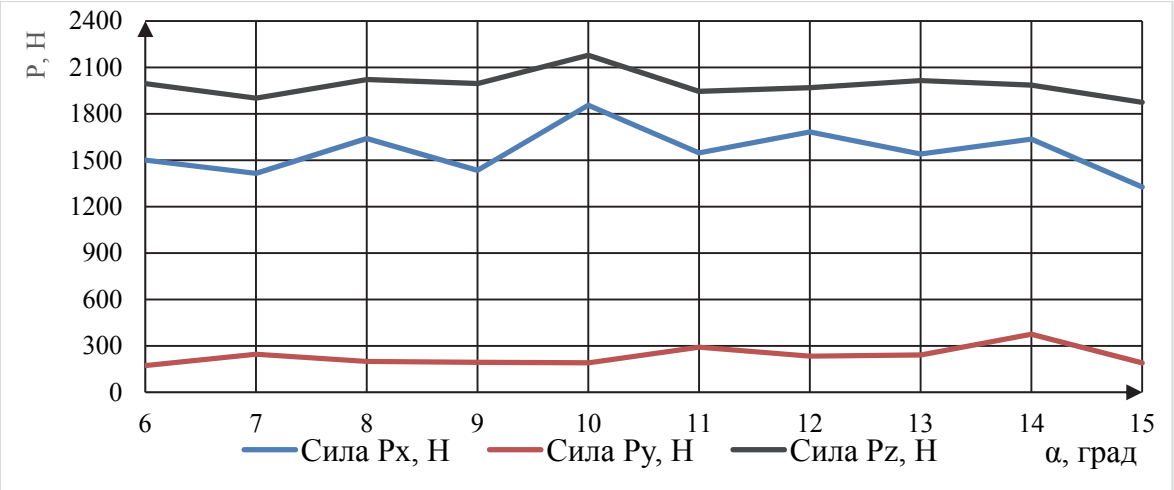


Рисунок 4 – График зависимости составляющих сил резания от заднего угла резца при подаче S-0,21

По полученным данным, получаем следующие выводы:

1 Стабильным углом при всех значениях подач является угол α = 7˚.

2 При увеличении значений заднего угла α от 11˚ до 15˚, наблюдаются снижения всех сил резания.

3 При значениях подач S = 0,15 мм/об и S = 0,21 мм/об соответственно наблюдается, что сила подач Px практически сравнивается с тангенсальной силой Pz.

4 При увеличении подачи S = 0.15 и 0,21 мм/об, наблюдаются резкие изменения сил резания при значениях заднего угла α = 8˚, 9˚, 10˚, 12˚.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Рубинштейн, С. А. Основы учения о резании металлов и режущий инструмент / С.А. Рубинштейн, Г.В. Левант, Н.М. Орнис, Ю.Ф. Тарасевич – М.: Машиностроение, 1968. – 392 с.

2 Гурылев, В.Б. Подбор геометрии режущего инструмента при токарной обработке титанового сплава ВТ22 с целью анализа выходных параметров / В.Б. Гурылев, А.Г. Серебренникова // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований; материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых., Комсомольск-на-Амуре, 8-12 апр. 2019 г. – Комсомольск-на-Амуре ГОУВПО «КнАГУ», 2019. – Ч.1. – С.66-69.

УДК 621.791.054
Дяченко Роман Петрович, студент; Dyachenko Roman Petrovich
Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ПОДГОТОВКИ КРОМОК НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕФТЕПЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE METHOD OF EDGE PREPARATION ON THE QUALITY OF WELDED CONNECTIONS OF PIPELINE ELEMENTS OF OIL-PROCESSING EQUIPMENT

Аннотация. В работе приведены результаты исследования влияния механической обработки и плазменной резки, как способов раскроя и непосредственной подготовки кромок под сварку. Показаны дефекты кромок, образованных механической обработкой и возможность применения плазменной резки без дополнительной механической обработки в качестве подготовительной операции.
Abstract. The paper presents the results of a study of the effects of machining and plasma cutting, as methods of cutting and direct preparation of edges for welding. The defects of the edges formed by machining and the possibility of using plasma cutting without additional machining as a preparatory operation are shown.
Ключевые слова: плазменная резка, свариваемые кромки, качество поверхности, микроструктура, механические свойства.
Keywords: plasma cutting, welded edges, surface quality, microstructure, mechanical properties.

Анализ НТД (СТ ЦКБА 025-2006, ГОСТ 32569-2013 «Трубопроводы технологические стальные, Требования к устройству и эксплуатации на взрывопожароопасных и химически опасных производствах», руководство по безопасности «Руководство по устройству и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов») показывает: обязательным условием является проведение резки труб и подготовки кромок под сварку механическим способом, а газовой, воздушно-дуговой и плазменной резки допустимым. Приведенная НТД (за исключением СТ ЦКБА 025-2006) не устанавливает параметры качества подготовки кромок под сварку.

Актуальным вопросом остается применение плазменной резки как непосредственной операции подготовки кромок под сварку на трубах из закаливающихся теплоустойчивых сталей. Для решения этого вопроса решено провести исследование влияния плазменной резки на изменение структуры поверхностного слоя образованной кромки в сравнении с тра-

дициионными операциями точения и обработки абразивным инструментом, а также влияния оплавленной плазмой поверхности кромок на качество сварных соединений [1, 2].

Методика экспериментального исследования. В качестве закаливающейся теплоустойчивой стали выбрана 15Х5М, нашедшая широкое применение как конструкционный материал технологических трубопроводов нефтеперерабатывающего оборудования. Свариваемыми образцами служили участки трубы диаметром 159 с толщиной стенки 8 мм. Кромки подготавливали точением на токарном станке, резкой и зачисткой абразивным кругом на УШМ и плазменной резкой на установке FoxWeld Plasma 123 с плазматроном Trafimet A141 по соединению С17 ГОСТ 16037-80. Предварительный подогрев до 350 °С вели на специально разработанной на кафедре «ТСМП» установке, включающей нагревательные коврики, блок управления и сварочный трансформатор ТДМ501. Размещенные на свариваемых образцах нагревательные коврики укрывались теплоизоляционным материалом Supersil. Двухпроходную ручную дуговую сварку образцов вели с применением источника инвертор СВАРОГ MIG 3500 (J93), электродами ОК 76.35 диаметром 2,5 мм на постоянном токе обратной полярности на режимах: сила тока $I_{св}$ для корневого и облицовочного валиков составила 60 и 80 А. Образцы сваривались в различной комбинации подготовленных кромок. Полученные сварные соединения подвергали визуально-измерительному и ультразвуковому контролю по нормам вышеприведённой НТД. Визуально-измерительный контроль осуществляли с применением УШС-3, ультразвуковой контроль дефектоскопом ЕРОСН LTC (OLYMPUS) с применением П 121-5-70. Механические испытания на статическое растяжение проводили на образцах по ГОСТ 6996-66 тип XII на испытательной машине 3382 INSTRON. Пробоподготовку для микроструктурного анализа осуществляли на шлифовально-полировальном станке EcoMet 250 Pro, а изучение структуры на металлографическом микроскопе Nikon MA200. Травление образцов проводили в 3% растворе HNO_3 в течении 20 сек. При исследовании микроструктуры сварных соединений в поле внимания брались следующие области сварного соединения: линия сплавления в корневой области шва, линия сплавления в облицовочной линии шва и переходная зона от корневого шва к облицовке. Эти области выбраны из соображения наличия в них дефектов в виде пор, так как ликвидация газовых пузырьков в условиях давления на сварочную ванну дугой происходит преимущественно по линии сплавления, а переходная зона при многопроходном шве является уязвимой в отношении шлаковых включений, из-за некачественного удаления остатков шлаковой корки при подготовке к наложению последующего валика.

Результаты экспериментального исследования

Визуально - измерительный контроль образцов показал удовлетворительные результаты. Ультразвуковой контроль также не выявил каких-либо внутренних дефектов. При испытании на статическое растяжение об-

разцы разрушились по основному металлу, а механические свойства соответствуют ГОСТ 550.

Наиболее уязвимой в отношении внутренних дефектов, таких как поры и шлаковые включения, является область ЗТВ прилегающая к схождению линий сплавления корневого и облицовочного валика. Именно в этой области обнаружены практически все описанные дефекты.

Выявлено, что пористость проявляется как технологическая наследственность, так как основной металл зачастую имеет микропоры. Дефект в виде шлакового включения образованный в этой зоне является следствием недостаточной зачистки после наложения корневого валика.

Структуры ЗТВ со всех сторон шва каждого образца идентичны, что свидетельствует о равномерном нагреве свариваемых кромок.

Установлено, что вид разделительно-подготовительной операции (абразивная обработка УШМ, токарная обработка, плазменная резка) не влияет на качество сварного шва и ЗТВ. Дефекты в виде пор обнаружены в сварных швах, кромки которых образованы всеми перечисленными способами.

Выводы:

1. Необходима доработка нормативной документации в отношении критериев качества подготовки свариваемых кромок и рекомендаций по применению вида, оборудования, режимов и материалов механической обработки.

2. Проведенные исследования влияния плазменной резки показали возможность ее использования для непосредственной разделительно-подготовительной операции перед сваркой. Показано, что, несмотря на значительную шероховатость получаемой поверхности кромок и наличие окисной пленки качество сварных соединений не уступает аналогичным, кромки которых сформированы механическим методом (точением и абразивным инструментом).

3. Использование в качестве средства подготовки кромок под сварку абразивного инструмента приводит к образованию поверхностных дефектов в виде закатов, которые могут служить источником загрязнений и капиллярно-конденсированной влаги, приводящими, в последующем, к порообразованию в сварном шве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шрейбер, Г. К. Конструкционные материалы в нефтяной, нефтехимичечкой и газовой промышленности / Г. К. Шрейбер, С. М. Перлин, Б. Ф. Шибряев. – М. : Машиностроение, 1969. - 396 с.

2 Зубченко, А. С. Марочник сталей и сплавов 2-е изд., доп. и испр. / А. С. Зубченко, М. М. Колосков, Ю. В. Каширский [и др.]. – М. : Машинострое-ние, 2003. 784 с.

УДК 621.791.032
Евин Артем Михайлович, студент; Evin Artem Mihailovich
Соболев Борис Михайлович, кандидат технических наук, профессор;
Sobolev Boris Mihailovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ ОКАЗЫВАЮЩИХ ДОМИНИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

RESEARCH OF FACTORS THAT HAVE A DOMINANT INFLUENCE ON THE QUALITY OF WELDED COMPOUNDS OF TITANIUM ALLOYS

Аннотация. В данной работе произведен анализ доминирующих факторов, оказывающих влияние на качество неразъемных соединений титановых сплавов. По результатам анализа установлено, что качество подготовки поверхности влияет на образование дефектов. В качестве рекомендаций предлагается использовать газолазерный раскрой для последующих операций сварки, а также уменьшать время существования сварочной ванны.
Abstract. In this paper, the analysis of the dominant factors that affect the quality of permanent joints of titanium alloys is made. Based on the results of the analysis, it was found that the quality of surface preparation affects the formation of defects. As recommendations, it is suggested to use gas-laser cutting for subsequent welding operations, as well as to reduce the lifetime of the welding bath.
Ключевые слова: альфированный слой, набор усиления, автоматическая аргонодуговая сварка, дефекты сварки, подготовка кромок.
Keywords: alpha layer, gain set, automatic argon arc welding, welding defects, edge preparation.

Титан и его сплавы из-за их легкости, прочности, термической и коррозионной стойкостью могут применяться во многих отраслях машиностроения, а также из них могут изготавливать: подводные лодки, самолёты, ракеты и т.д. У титана очень широкое применение в виде листов для обшивки корпусов судов, для того, чтобы обеспечить высокую прочность и стойкость к морской воде. Такое широкое применение связано с уникальным комплексом свойств титана. Для изготовления деталей используется сварка, именно поэтому от качества сварного шва зависит свойство и качество деталей. Таким образом, данная тема является актуальной.

Факторы, оказывающие влияние на качество сварных швов представлены в таблице 1

Таблица 1 – Факторы, оказывающие влияние на качество сварных швов

Технологические	Конструктивно-эксплуатационные
Сварочные материалы	Основной металл
Оборудование	Конструкция соединения
Подготовка и сборка	Условия эксплуатации
Процесс сварки	Методы и система
Оператор	Нормы по качеству
Качество соединений	Контроль качества

Существует 3 этапа контроля качества: предварительный контроль, текущий контроль, контроль готового изделия. В предварительном контроле проверяют:

– химический состав и механические свойства основного материала должны соответствовать требованиям стандартов. Отсутствие трещин, расслоений и других дефектов при визуально-измерительном контроле;

– сварочное оборудование должно находиться в исправном состоянии, провода и контакты изолированы, также необходимо проверить исправность защитных устройств, сварочных горелок, электрододержателей и т.д.;

– в заготовках кромки должны быть замерены и зачищены от окалин, грязи и ржавчины;

– на сварочные материалы находящиеся в коробках, баллонах , пачках и ящиках должны предоставляться сертификаты или этикетки на правильность их хранения. В случае их отсутствия, все материалы подлежат контролю;

– контролируется и сама технология сварки, а именно: какие используются марки и диаметр электродов и электродной проволоки, качество защитного газа, марка флюса, род и полярность сварочного тока, напряжение, скорость, количество проходов, вылет электрода и т.д.

В текущем контроле проверяют качество сварного шва на наличие дефектов, его геометрические параметры, для этого проводят измерения.

Для контроля готовых изделий проводят следующие мероприятия: визуально-измерительный контроль сварного соединения, механические испытания, неразрушающий контроль (радиографический, акустический, магнитный, капиллярный контроль и т.д.).

Работы, которые производят с титаном состоят из обработки кромок деталей, очистки присадочного прутка и обеспечения защиты корневой части шва изготавливаемого изделия. Для того, чтобы избежать появление холодных трещин и снизить хрупкость металла во время сварки, необходимо снять верхний слой металла, поскольку в нем содержится большое количество азота и кислорода, а частицы этого слоя могут попасть в сварной шов. Технология сварки титана подразумевает собой выполнение разделки кромок с углом раскрытия 60°. В том случае, если деталь была изготовлена путем плазменной или газовой резки, тогда желательно удалить не менее 5 мм кромки. Помимо этого, перед началом сварочных работ производится тщательная очистка кромки и присадочной проволоки. Очистка кромок выполняется механически напильником, абразивным кругом, а также с помощью химических средств (растворителя или ацетона).

Исходя из теории Редчица-Никифорова, можно сделать вывод, что при нагреве в процессе сварки кромки сдвигаются, и тогда происходит образование твердофазного соединения в стыке кромок перед сварочной ванной, что приводит к завариванию дефектов торцов кромок и образованию газосодержащих замкнутых полостей, которые формируют при расплавлении газовые пузырьки [1]. Таким образом, необходимо либо исключить дефекты торцов кромок, либо увеличить время существования расплавленной ванны для ее дегазации.

Вывод. Для снижения количества газовых пор в сварном шве наилучшим решением будет не снижение скорости охлаждения, а улучшение качества подготовки кромок свариваемых деталей под сварку. Газолазерный раскрой заготовок перед сваркой полностью исключает образование пор в металле шва [2], а уменьшение времени существования расплавленной ванны и увеличение скорости охлаждения ее приводит к улучшению структуры и свойств металла шва, близких к свойствам основного металла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Муравьев В.И. Проблемы порообразования в сварных швах титановых сплавов // МиТОМ, 2005. – №7. – с. 30 – 37.

2 Пористость при сварке цветных металлов / В.В. Редчиц [и др.]. − М.: Издательский центр «Технология машиностроения», 2002. − 340 с.

УДК 539.42

Евсейчик Ольга Александровна, студент; Evseichik Olga Aleksandrovna
Гадоев Голиб Айнудинович, аспирант; Gadoev Golib Ainudinovich
Башков Олег Викторович, доктор технических наук, доцент;
Bashkov Oleg Viktorovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

КИНЕТИКА ИЗМЕНЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ВБЛИЗИ ЗОНЫ РОСТА УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ В СПЛАВЕ 1163

KINETICS OF CHANGE OF HARDNESS NEAR THE GROWTH ZONE OF A FATIGUE CRACK IN ALLOY 1163

Аннотация. В настоящее время алюминий и его сплавы применяют во многих областях промышленности и техники. Работа посвящена исследованию изменения твердости после знакопеременной циклической нагрузки при разных напряжениях вблизи зоны роста усталостной трещины у образцов сплава 1163.

Abstract. At present, aluminum and its alloys are used in many fields of industry and technology. The paper is devoted to the study of changes in hardness after an alternating cyclic load at different stresses near the growth zone of a fatigue crack in alloy samples 1163.

Ключевые слова: усталость, твердость, сплав 1163, образец.
Keywords: fatigue, hardness, alloy 1163, sample.

ВВЕДЕНИЕ

Усталость - это процесс постепенного накопления повреждений в материале под действием циклически меняющихся напряжений, приводящий к изменению свойств, образованию трещин и их развитию, и к дальнейшему разрушению. Такие трещины называют усталостными. Способность материала сопротивляться повторным и знакопеременным напряжениям без разрушения называется сопротивлением усталости или циклической прочностью [1].

Критерии статической прочности (предел прочности, предел текучести, относительное удлинение или сужение поперечного сечения), как известно, характеризуют осредненные свойства данного образца и поэтому не позволяют судить о структурном состоянии и свойствах локальных объемов металла. Так как процесс усталости во всей массе металла протекает неоднородно, то очевидно, что для изучения изменения свойств в процессе циклического нагружения необходимы также характеристики, которые позволяли бы судить о процессах, происходящих в локальных объемах металла. В этом отношении весьма ценными является метод твердости и микротвердости [2].

В статье представлены результаты исследования изменений микротвердости в поверхностных слоях образцов сплава 1163 после циклической знакопеременной деформации при разных напряжениях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

После знакопеременной циклической деформации при напряжении 200 МПа и 250 МПа и снятия поверхностных слоев у образцов сплава 1163 были выявлены две магистральные трещины. Далее были сделаны измерения твердости при HV0,2 через 5 мм при выдержке 10 сек вдоль образца в трех рядах. Построенные графики твердости представлены на рисунке 1.

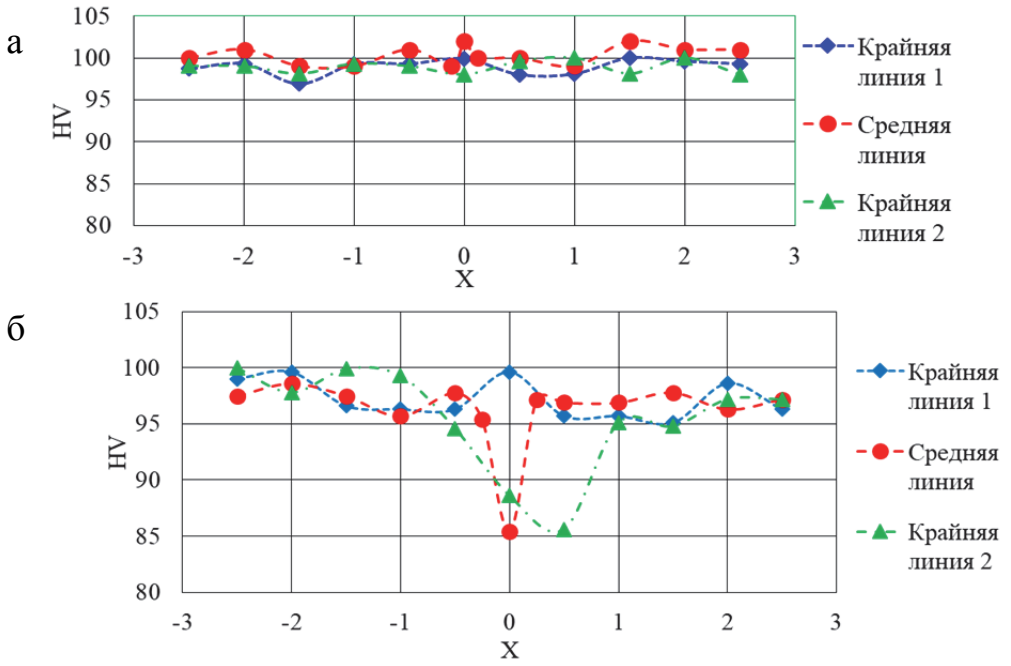


Рисунок 1 – Графики твердости вдоль образца:
а – напряжение 200 МПа; б – напряжение 250 МПа

Для образца, испытанного при напряжении 200 МПа, наблюдается незначительный разброс значений твердости. На обоих крайних линиях, которые расположены ближе к месту образования трещин в сравнении с средней линией (середина образца), происходит незначительное разупрочнение материала. Результат структурных изменений наглядно характеризуется снижением твердости (рис. 1, а). Это означает то, что обе противоположно расположенные трещины находятся в зоне разупрочнения материала. При напряжении 250 МПа на линиях, расположенных вблизи края образца (крайняя линия 1 и средняя линия), наблюдается противоположное явление: материал в данных областях упрочняется, так как в данных областях наблюдается повышение твердости. В средней части образца (средняя линия) и частично на линии, расположенной ближе к краю (крайняя линия 2), наблюдается разупрочнение материала, сопровождаемое снижением твердости. Сплав в обоих случаях находится в зоне упрочнения-разупрочнения. Как показали исследования [2], при отношении предела прочности к пределу текучести $\sigma_в/\sigma_т$ находящемся между значениями 1,2-1,4, материал при циклической деформации может и упрочняться, и разупрочняться. Сплав 1163 в не состаренном состоянии поставки имеет предел прочности 459 МПа, предел текучести 341 МПа, и соответственно отношение $\sigma_в/\sigma_т = 459/341=1,34$. В различных сплавах это было отмечено авторами ранее [3, 4]. Ниже показаны полученные трещины образца при напряжении 250 МПа (рисунок 2).

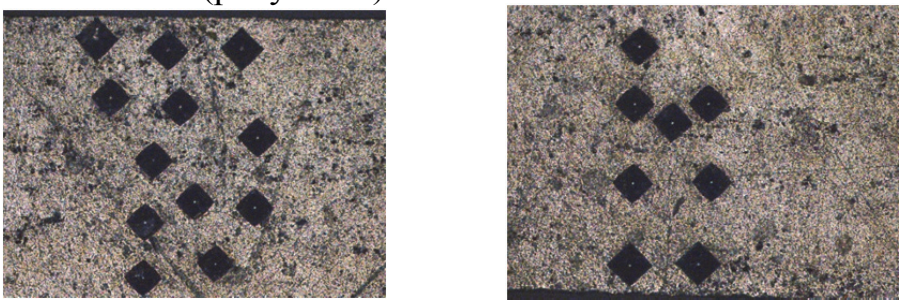
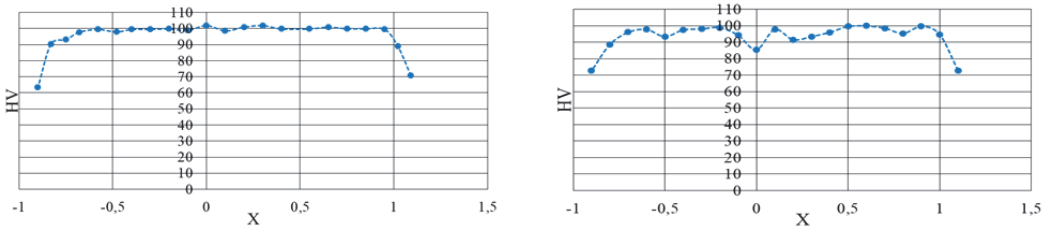


Рисунок 2 – Трещины при увеличении 400

Одна трещина находится в зоне упрочнения, другая трещина в зоне разупрочнения. В сравнении зависимости измерения твердости от напряжения у образца 200 МПа по сравнению с образцом 250 МПа нагрузка HV0,2 недостаточна. Это означает, что с ростом напряжения пластическая деформация при усталости протекает в более поверхностных слоях.

А также измерена твердость поперек у образцов в середине и построены графики твердости, представленные на рисунке 3.



а) б)

Рисунок 3 – Графики твердости поперек образца:
а – напряжение 200 МПа; б – напряжение 250 МПа

У обоих образцов сплава 1163 происходит снижение твердости вблизи трещин по сравнению со значениями вдоль их шейки. Это означает что, зоны вблизи трещин были более напряженными из-за повышенного скольжения и остались разрыхленными в поверхностном слое. Можно отметить, что упрочнение в образце с амплитудой нагружения 200 МПа начиналось с поверхности и при увеличении циклов распространилось более глубоко. Это связано с тем, что образующиеся на поверхности образца линии и полосы скольжения являются областями металла с разрыхленной кристаллической структурой.

ВЫВОДЫ

В результате исследования установлено следующее. С ростом напряжения пластическая деформация в алюминиевом сплаве 1163, работающем в условиях изгибающей знакопеременной нагрузки при накоплении усталостных повреждений, наиболее сосредоточена в приповерхностных слоях. Поэтому при разных напряжениях сплав 1163 как упрочняется, так и разупрочняется. При увеличении максимального напряжения цикла с 200 МПа до 250 МПа в образцах сплава 1163 в зоне роста трещины наблюдается упрочнение, так как при увеличении циклов процесс упрочнения поверхностных слоев замедляется и начинается распространяться вглубь сплава.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Терентьев, В.Ф. Циклическая прочность металлических материалов. Учеб. пособие. / В.Ф. Терентьев, А.А. Оксогоев – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. – 61 с.

2 Иванова, В. С. Природа усталости металлов / В. С. Иванова, В. Ф. Терентьев. – М. : Металлургия, 1975. – 456 с.

3 Bashkov O.V., Popkova A.A., Gadoev G.A., Bashkova T.I., Solovev D.B. Construction of a generalized fatigue diagram of metallic materials // Materials Science Forum. 2018. V. 945 MSF. P. 563-568.

4 Башков О.В., Попкова А.А., Башкова Т.И., Шаркеев Ю.П. Исследование стадийности накопления усталостных повреждений в структурированных образцах титана ВТ1-0 методом акустической эмиссии // Цветные металлы. 2017. № 9. С. 84-90.

УДК 629.735.3

Жуков Георгий Александрович, студент; Georgy Zhukov Alexandrovich
Пронин Александр Иннокентьевич, канд. техн. наук, доцент;
Pronin Alexander Innokentyevich
Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОПЛА ЭЖЕКТОРА

DEVELOPMENT OF THE DESIGN AND MANUFACTURING TECHNOLOGY OF THE EJECTOR NOZZLE

Аннотация. В работе рассмотрены различные варианты конструкции и технологии изготовления сопла эжектора для авиационной техники. Пред-

ложены варианты изменения исходной конструкции сопла для освоения его изготовления на авиационном предприятии без оснащения специализированным оборудованием. Проанализированы преимущества и недостатки рассмотренных вариантов конструкции сопла, определён вариант конструкции, адаптированный под имеющуюся производственную площадку и обеспечивающий необходимые выходные характеристики агрегата эжектор.
Abstract. The paper considers various design options and manufacturing technologies of the ejector nozzle for aviation equipment. Variants of changing the original design of the nozzle for mastering its manufacture at an aviation enterprise without equipping it with specialized equipment are proposed. The advantages and disadvantages of the considered variants of the nozzle design are analyzed, and a design variant adapted to the existing production layout and providing the necessary output characteristics of the ejector unit is determined.
Ключевые слова: конструкция, технология изготовления, сопло, эжектор.
Keywords: design, manufacturing technology, nozzle, ejector.

В современном машиностроении неуклонно повышаются требования к качеству, надежности и долговечности агрегатов и узлов машин и различных механизмов. Однако в современном мире конкуренции всё большую роль играет технологичность конструкции, которая зачастую сводится к себестоимости изготовления изделия и затратам на его последующую эксплуатацию.

Современные технологии изготовления тонкостенных деталей шагнули далеко вперед, однако не на каждом предприятии имеется специализированное оборудование для обработки таких деталей.

Цель работы заключается в разработке конструкции и технологии изготовления сопла эжектора для его производства на авиационном предприятии, не оснащённым специализированным оборудованием.

Конструкция типового сопла представляет собой канал переменного или постоянного поперечного сечения круглой, прямоугольной или иной формы, предназначенный для подачи жидкостей или газов с определённой скоростью и в требуемом направлении. Рассматриваемое сопло используется в конструкции эжектора. Эжектор это агрегат, в котором происходит передача кинетической энергии от одной среды, движущейся с большей скоростью, к другой. Эжектор, работая по закону Бернулли, создаёт в сужающемся сечении пониженное давление одной среды, что вызывает подсос в поток другой среды, которая затем уносится и удаляется от места всасывания энергией первой среды.

Исходная конструкция сопла представляет собой цельную, тонкостенную деталь, выполненную из конструкционной стали марки 12Х18Н10Т-б. Конструкция представлена на рисунке 1.

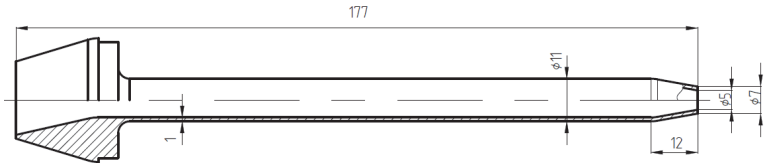


Рисунок 1 – Исходный вариант конструкции сопла эжектора

Для производства подобных тонкостенных деталей можно применить различные способы изготовления, такие как аддитивные технологии, литьё, порошковая металлургия и др. Однако учитывая важный принцип технологичности – себестоимость изделия, закупка дополнительного специализированного оборудования для единичного производства данной детали нецелесообразно. А при имеющемся оборудовании изготовить сопло данной конструкции невозможно по следующим причинам:

- токарная операция точения заготовки значительно затруднена из-за недостаточной жёсткости конструкции в виду малой толщины стенки в 1 мм;
- для выполнения конусной части отверстия сопла необходим специальный инструмент с формой конуса внутренней полости сопла;
- отсутствует возможность выполнения непроходного отверстия длинной 177 мм и диаметром 9 мм, так как под действием сил резания возникает продольный изгиб вследствие малой жесткости инструмента, что может привести к искривлению оси отверстия;
- при изготовлении литьём необходима финишная обработка внутренней полости сопла, что трудно реализуемого для детали с такими размерами и геометрической формой.

Для адаптации конструкции под имеющуюся технологическую базу после выполнения анализа конструкций эжектора и исходного варианта сопла предлагается следующий вариант изготовления сопла (Рисунок 2):

- деталь сопло разделить на 3 составных части: сопло, трубка, фланцевая часть;
- для обеспечения необходимой жёсткости стенок деталей сопла внутренний диаметр полости уменьшить до 8 мм, а наружный диаметр увеличить до 12 мм;

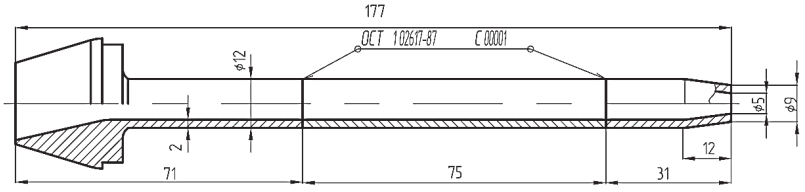


Рисунок 2 – Предложенный вариант №1 конструкции сопла

- сборку выполнить аргонно-дуговой сваркой в среде защитного газа (стоит отметить хорошую свариваемость марки стали 12Х18Н10Т).

Данная конструкция исключает ряд проблем, но создаёт новые:

- центровка деталей сопла затруднена, что усугубляется возможными деформациями после сварки в виду образования напряжений в металле.

Существует множество способов снять данные напряжения, такие как использование специальных кондукторов для сварки, термообработка

или отжиг, однако при таких толщинах свариваемых деталей полностью исключить деформацию невозможно;

- после сварки на внутренней стороне стыкуемых деталей образуется проплав, который вызовет завихрения и дополнительное сопротивление движущемуся воздуху, что недопустимо для работоспособности эжектора.

Для исключения данных недостатков предложено стыкуемые участки деталей выполнить «ступенькой», как изображено на рисунке 3.

Такая конструкция обеспечивает:

- центровку деталей между собой;
- возможность сварки деталей сопла без образования проплава на внутренней полости;
- уменьшение возможных деформаций после сварки.

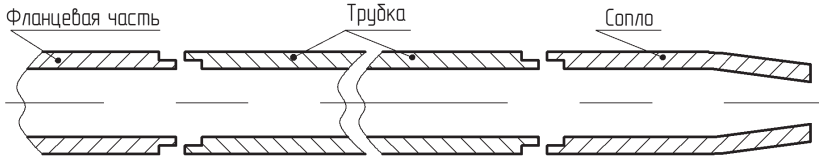


Рисунок 3 – Предложенный вариант №2 конструкции сопла

В результате проведенного исследования было выявлено, что исходную конструкцию невозможно изготовить на оборудовании, имеющемся на рассмотренной производственной площадке. Были предложены варианты конструкции сопла, адаптированные под имеющуюся технологическую базу предприятия. При выполнении анализа предложенных вариантов изготовления была выявлена наиболее целесообразная конструкция, обеспечивающая заданные технические параметры сопла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Учебное пособие по курсу «Технология обработки металлов резанием» : учеб.пособие / Sandvik:– 391 с.

УДК 621.56

Ильясов Линар Санирович, студент; Ilyasov Linar Sanirovich
Миндибаев Динар Исрафилович, студент; Mindibaev Dinar Israfilovich
Сафиуллин Рузил Ахнафович, к.ф.-м.н., доцент; Safiullin Ruzil Akhnafovich
Башкирский государственный университет (Нефтекамский филиал)
Bashkir State University (Neftekamsk branch)

РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ

CALCULATION OF THERMODYNAMIC PARAMETERS OF A HEAT MACHINE

Аннотация. В работе представлен расчет основных термодинамических физических параметров двигателя внутреннего сгорания с эксцентриком. По сравнению с традиционными тепловыми машинами, данный отличает-

ся оригинальностью сбора кривошипно-шатунного механизма, что является экономически наиболее выгодной.

Abstract. The paper presents the calculation of the main thermodynamic physical parameters of an internal combustion engine with an eccentric. In comparison with traditional thermal machines, this one is distinguished by the originality of the assembly of the crank mechanism, which is the most cost-effective.

Ключевые слова: кривошипно - шатунный механизм, ДВС, тепловая машина.

Keywords: crank mechanism, internal combustion engine, heat engine.

В настоящее время нет ни одного механизма, на долю которого выпало бы столько незаслуженных нареканий, как на кривошипно- шатунную пару, являющуюся основным узлом работоспособного поршневого ДВС. Считается, что из-за воздействия давления на поршень после его выхода из верхней мёртвой точки образуется боковая сила, которая вызывает повышенный износ в сопряжении поршень- цилиндр и при этом повышаются механические потери на трение в этом сопряжении.

Однако кривошипно- шатунный механизм (КШМ) служит верой и правдой человеку более двухсот лет. Одновременно появились остаточно много других альтернативных передаточных механизмов от поршня к выходному валу, способных, по ошибочному мнению их изобретателей, повысить коэффициент полезного действия (КПД) двигателя за счёт снижения механических потерь. Это происходит из-за механистического взгляда на тепловой двигатель. Тогда как на самом деле КПД поршневой машины зависит в первую очередь от скорости и качества использования тепла, полученного в цикле, что было доказано ещё в XIX веке научными расчётами по циклу Карно. Механические потери на основе технического прогресса доведены до минимального предела (совершенные технологии обработки трущихся поверхностей поршневых колец и гильзы цилиндра, высокое качество смазочных масел, топлива, специальных жидкостей).

В наши дни решены также не менее важные проблемы экологии, касающиеся уровней вредных выбросов, снижения шума и вибраций, утилизации ДВС по завершению срока службы. В наши дни поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) представляют собой наиболее распространенный источник механической энергии [1]. Работа традиционных поршневых ДВС с КШМ происходит следующим образом. В момент нахождения поршня в верхней мёртвой точке при почти максимальном давлении в цилиндре, в которой совпадают на одной прямой продольные оси шатуна, кривошипа и оси цилиндра, давление на поршень не может эффективно преобразовываться в крутящий момент на выходном валу ДВС. Из-за воздействия давления на поршень после его выхода из верхней мёртвой точки образуется боковая сила, которая вызывает повышенный износ в сопряжении поршень- цилиндр и при этом повышаются механические потери на трение в этом сопряжении. В ДВС

с кривошипно-шатунной парой происходит быстрый износ деталей через 70- 100 тыс. км. пробега автомашины. Внутренняя поверхность цилиндра превращается в эллипс, происходит износ поршня, колец, клапанов, сальников, прокладок, коленчатого вала, что требует дорогостоящего ремонта цилиндро- поршневой группы и расточки кривошипно- шатунного механизма. Все это в совокупности позволяет констатировать о необходимости поиска других видов ДВС без КШМ.

Цель настоящей работы - исследовать ДВС без коленчатого вала, заменённой эксцентриком. Рассмотрим ДВС с эксцентриком, схема которой представлена на рис.1 [2].

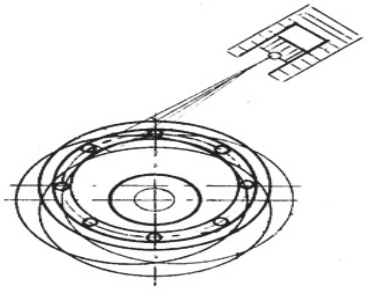


Рисунок 1 - ДВС с эксцентриком [2]

Вычислим основные термодинамические физические параметры ДВС с эксцентриком. Определим скорость поршня:

$C_n = S*n/30000$=(80*3200)/30000=8.53 м/с.

Среднее давление механических потерь в двигателе определяется по следующему выражению:

-для двигателей с искровым зажиганием:

- при $S/D>1$ $P_м$=0,05+0,0155C_n Мпа.

- при $S/D<1$ $P_м$=0,04+0,0135C_n Мпа,

где C_n - скорость поршня при номинальной мощности.

В нашем случае $S/D<1$, следовательно, $P_м$ =0,04+0,0135*8,53=0,155 МПа. Среднее эффективное давление:

$P_e = P_i - P_м$; P_e= 0,851- 0.155=0,696 МПа.

В итоге, механический КПД двигателя:

$\eta_м = P_e / P_i$; $\eta_м$= 0,696 / 0,851=0,818.

Исходя из заданной величины эффективной мощности N_e, номинальной частоты вращения n, числа цилиндров i, тактности τ и среднего эффективного давления P_e, определяется рабочий объём цилиндра двигателя.

Рассчитанные основные термодинамические параметры представим в таблице 1.

Таблица 1 –Физические параметры ДВС с эксцентриком

Давление газов, МПа	5,24
Температура газов,	2761,4
Среднее давление, МПа	0,85
КПД	0,82

Таким образом, дорогостоящее проектирование, создание и последующее техническое обслуживание КШМ в стандартных ДВС приводит к экономически невыгодной его материалоемкости и трудоемкости. Взамен традиционной системе ДВС с КШМ в работе представлен ДВС с эксцентриком и рассчитаны ее термодинамические параметры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дьяченко, В.Г. Теория двигателей внутреннего сгорания: учебник / В.Г. Дьяченко. - Харьков: ХНАДУ, 2009. - 500 с.
2. Исупов И.И. Эксцентрик для двигателя внутреннего сгорания. Патент №120203 SU.

УДК 621.791

Киселев Герман Вадимович, студент; Kiselev German Vadimovich
Муравьев Василий Илларионович, доктор технических наук, профессор;
Muravyev Valiliy Illarionovich
Григорьев Владимир Владимирович, старший преподаватель;
Grigorev Vladimir Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРОБЛЕМЫ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ИЗ ЛИСТОВЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

PROBLEMS OF ARGON ARC WELDING OF POWER STRUCTURES OF AIRCRAFT MADE OF SHEET TITANIUM ALLOYS

Аннотация. Целью данной работы является анализ проблем аргонодуговой сварки и обеспечение стабильности процессов образования неразъемных соединений при сборке титановых ребристых панелей, а также улучшение свойств и надёжности титановых конструкций летательных аппаратов.
Abstract. The purpose of this work is to analyze the problems of argon-arc welding and ensure the stability of the formation of permanent joints during the assembly of titanium finned panels, as well as to improve the properties and reliability of titanium structures of aircraft.
Ключевые слова: титановые сплавы, термическая обработка, неразъемные соединения, механические свойства, аргонодуговая сварка.
Keywords: titanium alloys, heat treatment, permanent joints, mechanical properties, argon arc welding.

Эффективность использования титановых сплавов в авиакосмической технике обеспечивается высокой удельной прочностью, жаропрочностью, коррозионной стойкостью по сравнению не только со сталями, но и с

алюминиевыми сплавами [1]. Поэтому титан и титановые сплавы широко используются для обшивки самолетов, летающих со сверхзвуковыми скоростями, передних кромок крыла, стабилизатора, элеронов, а также основных элементов силового набора фюзеляжа, крыла оперения [2].

Использование метода сварки плавлением при образования неразъемных соединений (НС) титановых панелей связано с некоторыми проблемами из-за высокой химической активности титана при нагреве. Необходима защита поверхности от газонасыщения (кислорода, азота, водорода, вредные примеси резко снижают прочностные свойства сварных соединений) и образование пористости в зоне сплавления для всех видов сварки плавлением, а также появление еще и специфических дефектов при использовании электронно-лучевой сварки в вакууме.

Традиционно сборка ребристых панелей путём создания НС выполняется автоматической аргонодуговой электросваркой (ААрДЭС) на установках УСП-2,6 с автоматом АДСВ-6, снабжённым головкой АСГВ-4.

Аналитической оценкой выявленных дефектов НС выполненных ААрДЭС установлено, что из общего объёма выявленных дефектов от 43 до 56% составляют поры. Особую опасность представляют поры, располагающиеся вблизи поверхности, что резко снижает усталостную прочность НС не только как геометрических концентраторов напряжений, но, в основном, за счёт уменьшения запаса пластичность металла вблизи границ пор из-за увеличения в нём в несколько раз концентрации водорода.

Обеспечение стабильности процессов образования НС при сборке титановых панелей сваркой плавлением, снижение остаточных напряжений, исключение пористости, снижение трудоемкости, улучшение свойств и надёжности титановых конструкций в условиях ААрДЭС является целью настоящего исследования.

Исследования образования НС производили на заготовках из сплава ВТ20 (200х3х700) автоматической аргонодуговой сваркой в среде защитного газа аргона (высший сорт ГОСТ 1057-79) с присадочной проволокой ВТ1-00 по режимам приведённым в таблице 1.

Таблица 1 – Режимы автоматической аргонодуговой сварки на УСП-5000

№ образца	$I_{св}$, А	$U_д$ В	$V_{св}$,мм/с	$V_{пр}$, мм/с	Расход аргона, л/мин		
					горелка	козырек	поддув
1	280	16,5	2,2	7,0	7,0	6,0	5,0
2	280	16,5	2,5	7,2	7,0	6,0	5,0
3	280	16,5	2,5	7,2	7,0	6,0	5,0
4	280	16,5	2,5	7,2	7,0	6,0	5,0
Примечание: $I_{св}$ - сварочный ток, А; $U_д$ – напряжение на дуге, В; $V_{св}$ – скорость сварки, мм/с; $V_{пр}$-скорость подачи проволоки, мм/с							

Рентгеновский контроль осуществляли на установке РАП 150/300 в соответствии с ГОСТ 7512-82, традиционную термическую обработку в вакуумной печи УВН-1500 при температуре 750±10 ℃, 2 часа.

Ускоренную кратковременную термическую обработку производили в печи сопротивления «Graficarbo». Микротвердость оценивалась на микротвердомере Shimadzu HMV-2. Исследования микро-, макроструктуры выполнялись на металлографическом микроскопе Nikon MA200.

Поверхность и геометрические размеры металла шва НС из сплава ВТ20, выполненного по различным режимам на автоматической установке для аргонодуговой сварки УСП-5000 удовлетворяет требованиям нормативно-технической документации. По результатам радиографического контроля выявлена пористость, которая зависит от скорости сварки и подачи присадочной проволоки. Пористость выявлена в зоне сплавления и в центре сварного шва.

По результатам измерения твердости установлено, что кинетика процесса изменения микротвёрдости носит стадийный характер. В первый момент за счёт снятия остаточных сварочных напряжений (процессов упорядочения структурной неоднородности) происходит некоторое увеличение микротвердости, затем незначительное снижение и вновь (за счёт высокоскоростной перекристаллизации) до значений равных значениям микротвёрдости вызванных традиционной термической обработкой (рисунок 1).

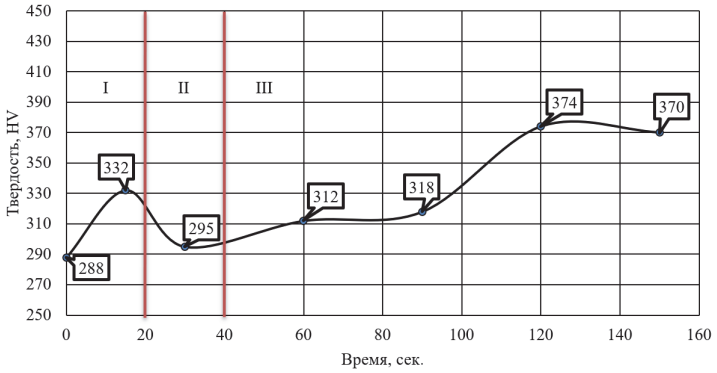


Рисунок 1 – Изменение микротвёрдости НС из сплава ВТ20, выполненного ААрДЭС на установке УСП-5000 в зависимости от термической обработки индукционным нагревом в интервале фазового превращения (температура 980±50°С. Стадии: I – упорядочение структурной неоднородности; II – рекристаллизация; III – перекристаллизация

Вывод. Полученные экспериментальные данные позволяют утверждать о возможности выполнения термической обработки непосредственно в процессе сварки титановых ребристых панелей летательных аппаратов с использованием защитной газовой среды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Муравьев, В.И. Обеспечение надежности конструкций из титановых сплавов / В.И. Муравьев, П.В. Бахматов – М. : Эком, 2009. – 752 с.

2. Братухин, М.Г. Технология производства титановых самолетных конструкций / А.Г. Братухин, Б.А. Колачев, В.В. Садков и др. М.: Машиностроение, 1995. - 448 с.

УДК 620.19
Ковалёв Алексей Андреевич, студент; Kovalev Aleksey Andreevich
Кравченко Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент;
Kravchenko Elena Gennadievna
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

DEVELOPMENT OF A MEASURING SYSTEM FOR QUALITY CONTROL OF WELDED CONNECTIONS

Аннотация. Данная работа посвящена разработке измерительной системы для контроля качества сварных швов на базе ультразвукового дефектоскопа УД2-70.
Abstract. This work is devoted to the development of a measuring system for quality control of welded connections based on the ultrasonic flaw detector UD2-70.
Ключевые слова: измерительная система, контроль качества, сварные соединения, ультразвуковой дефектоскоп.
Keywords: measuring system, quality control, welded joints, ultrasonic flaw detector.

Одним из неразрушающих методов контроля качества сварных соединений является ультразвуковая дефектоскопия, отличающаяся высокой точностью и достоверностью получаемых результатов.

Основой разработанной измерительной системы для контроля качества сварных швов является измерительное устройство – ультразвуковой дефектоскоп УД 2-70, работающий с использованием ультразвукового пьезоэлектрического преобразователя. Принципом действия преобразователя является физическое явление – пьезоэлектрический эффект.

Схема измерительной системы для контроля качества сварных швов, которая изображена на рисунке 1, состоит из таких частей: УС - устройство контроля; ГП – главный процессор; ГТЧ - генератор тактовой частоты; ГЗИ – генератор зондирующих импульсов; ПЗ1, ПЗ2 – пьезоэлемент; ОК – объект контроля; ЛУ – линейный усилитель; АЦП – амплитудно-цифровой преобразователь; Э – экран; ROM – постоянно запоминающее устройство; RAM – оперативная память; ЭС1, ЭС2 – электрический соединитель; П – переключатель.

Работа измерительной системы начинается, как и большинства других цифровых устройств, с включения. Дефектоскоп включается с устройства контроля (УС). После включения главный процессор (ГП) проводит процедуру автоматической проверки дефектоскопа и переходит в изначальное положение. В дефектоскопах изначальное положение подразумевается из 2-ух режимов: 1 последнее рабочее положение, сохранившееся

после выключения и 2 исходный диалоговый режим, пользователь сам выставляет нужное рабочее положение.

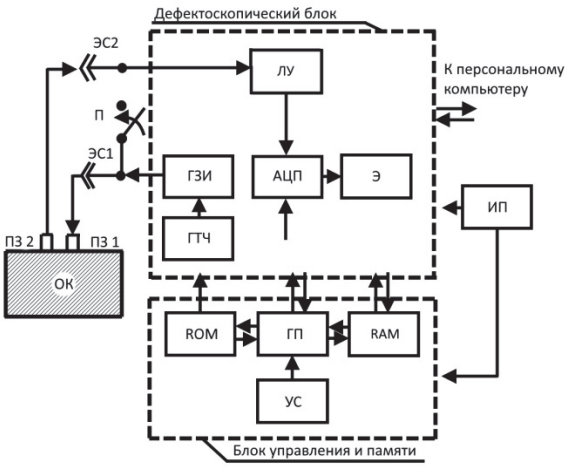


Рисунок 1 – Схема измерительной системы для контроля качества сварных швов

Спустя некоторое время генератор тактовой частоты (ГТЧ) производит кратковременный всплеск электрического напряжения, который связывает разные блоки устройства, после чего генератор зондирующих импульсов (ГЗИ) пропускает через электрический соединитель (ЭС1) кратковременный всплеск электрического напряжения на пьезоэлемент (ПЗ1).

ПЗ1 и ПЗ2 работают в режиме отдачи и режиме приемки т.к. в незамкнутом положении находится переключатель (П). Пьезоэлемент (ПЗ1) конвертирует кратковременный всплеск электрического напряжения в импульс, тем самым создавая ультразвуковую волну, это работает благодаря возвратному пьезоэлектрическому эффекту. Отраженный импульс от объекта контроля или же от его дефектов отражается обратно т.е. к плоскости контроля. Пьезоэлемент (ПЗ2) через электрический соединитель (ЭС2) обратно конвертирует импульс в кратковременный всплеск электрического напряжения и попадает его в линейный усилитель (ЛУ), благодаря явлению прямого пьезоэлектрического эффекта.

Сигнал в линейном усилителе возрастает и конвертируется, а вслед за тем выходит на амплитудно-цифровой преобразователь (АЦП), и уже затем преобразователь конвертирует аналоговый сигнал в цифровой код (электрический импульс который уже перешел в линейный усилитель). Далее цифровой код уже попадает на экран (Э), где он создает поставленный вид развертки.

Все регулировки дефектоскопа запоминаются в постоянном запоминающем устройстве (ROM), а оперативной память (RAM) хранит в себе временную память, т.е. ту информацию которую будет обрабатывать или уже обрабатывает главный процессор.

Предложенная измерительная система для контроля качества сварных швов отличается от других систем увеличенной быстротой обработки данных, за счет оптимального расположения блоков дефектоскопа и их соединения между собой и преобразователем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ Р 56542-2015. Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов. – Введ. 2016-06-01. – М.: ФГУП: СТАНДАРТИНФОРМ, 2015. – 15 с.

2 Сударикова Е. В. Неразрушающий контроль в производстве: учеб. пособие. Ч. 1.; ГУАП. – СПб., 2007. – 137 с.: ил.

3 Расщупкин В.П. Дефекты металла: учебное пособие по дисциплине «Материаловедение и ТКМ» для механических специальностей вузов / В.П. Расщупкин, М.С. Корытов. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – 37 с.

4 Гурвич А. К., Ермолов И. Н., Сажин С. Г. Неразрушающий контроль. Под ред. В. В. Сухорукова. кн. 1. Общие вопросы. Контроль проникающими веществами. – М.: Высшая школа, 1992.

УДК 621.9.015, 621.7.05

Кодиров Абдуджаббор Абдувохидович, бакалавр; Qodirov Abdujabbor
Алтухова Виктория Викторовна, старший преподаватель;
Altukhova Viktoriya Viktorovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ АМПЛИТУДНЫХ И ШАГОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ ВИДАМИ ОБРАБОТКИ

APPLICATION OF AMPLITUDE AND STEP ROUGHNESS PARAMETERS FOR ASSESSING THE QUALITY OF SURFACES OBTAINED BY DIFFERENT TYPES OF PROCESSING

Аннотация. Рассмотрены примеры амплитудных и шаговых параметров и даны рекомендации по применению их для оценки качества поверхностей.
Abstract. Examples of amplitude and step parameters are considered and recommendations are given for their use for assessing the quality of surfaces.
Ключевые слова: амплитудные параметры шероховатости, шаговые параметры шероховатости, оценка качества поверхности.
Keywords: amplitude roughness parameters, step roughness parameters, surface quality assessment.

Профилометры (приборы для измерения шероховатости) зарубежного производства предоставляют информацию о шероховатости поверхности, используя до 20 и более параметров шероховатости, которые разделяют на три группы: высотные (амплитудные), шаговые (расстояния) и опорные (гибридные). Данные параметры регламентированы международными, региональными и национальными стандартами. В данной статье рассмотрены примеры высотных и шаговых параметров (таблица 1) и даны рекомендации по применению их для оценки качества поверхностей.

Таблица 1 – Применение амплитудных и шаговых параметров шероховатости

Параметр (нормативный документ)	Применение
Амплитудные параметры	
Ra ([1], [2])	Предпочтительный, но для поверхностей после обработки одним методом. Не характеризует форму неровностей профиля, рекомендуется указывать способ обработки
Rz ([1], [2])	Для малых по размерам поверхностей или со сложной конфигурацией, где невозможно применить профилометры, и при нормировании требований к большим поверхностным неровностям
Rt ([1]) = Rmax ([2])	Если шероховатость имеет большие неровности с регулярным профилем, или в качестве дополнения к параметрам Ra и Rz, когда требуется выявить наличие на поверхности детали отдельных больших выступов и впадин
Rq ([1], [2])	Альтернативный параметр Ra. Rq применяется для оценки чистых поверхностей, полученных полированием, доводкой
Rp ([1], [2])	Экстремальный и непредставительный, значение меняется от образца к образцу. Для выделения отдельных неровностей, заусенец на поверхности
Rm ([1]) = Rv ([2])	Экстремальный, но применяется при учете глубоких впадин, служащих концентраторами напряжений
Rsk = Sk ([1])	При одинаковых значениях Ra и Rq позволяет различить асимметричные профили, и показывает, что преобладает в профиле – выступы или впадины. Рекомендуется использовать с указанием других параметров. Отрицательное значение указывает на хорошие опорные свойства поверхности
Rkμ ([1])	Реагирует на выступы и впадины, измеритель остроты кривой плотности распределения, используется как исследовательский параметр
Rc ([1])	Требует дискриминации по высоте и по шагу
Rz1max ([1])	Для поверхностей, в которых отдельные отклонения оказывают существенное влияние на функцию поверхности, например, уплотнительные поверхности
Шаговый параметр	
RSm ([1]) = Sm ([2])	На практике применяются редко, например, при особых эксплуатационных требованиях к поверхности или в случаях, если разработчик желает, чтобы поверхность имела определенный вид обработки

В исследовании использовались образцы, обработанные в последовательности, указанной в таблице 2. Зачистка и упрочнение проводились посредством виброударной обработки.

Таблица 2 – Исследуемые образцы

Номер образца	Последовательность обработки образцов	Упрочнение (рабочая среда, время)	Зачистка (рабочая среда, время)
КТ-1 – КТ-3	Фрезерование → Шлифование → Отжиг → Зачистка 80 мин	Стальн. шарики, 40 мин	Керамич. чипсы, 80 мин
КТ-4 – КТ-6			Керамич. чипсы, 160 мин
КТ-7		---	---
КТ-8, КТ-9		Стальн. шарики, 40 мин	Химическое травление
КТ-10, КТ-11			---

На рисунке 1 представлены результаты оценки шероховатости по высотным и шаговым параметрам. Пользуясь данными таблицы 1, можно сделать следующие выводы:

1) параметры Ra, Rz, Rt, Rq дают одинаковую сравнительную карти-

ну, поэтому при сравнении можно ограничиться одним наиболее предпочтительным параметром Ra;

2) параметры Rp, Rv, Rz1max, Rc, в данном случае, непредставительны, так как на исследуемых поверхностях отсутствуют неровности, заусенцы, глубокие впадины;

3) параметры Rsk, Rku следует учесть для сравнения опорных свойств поверхностей;

4) параметр RSm является шаговым, его значения следует учесть, так как во время эксплуатации к поверхностям деталей, обрабатываемым данными способами, предъявляют требования усталостной прочности.

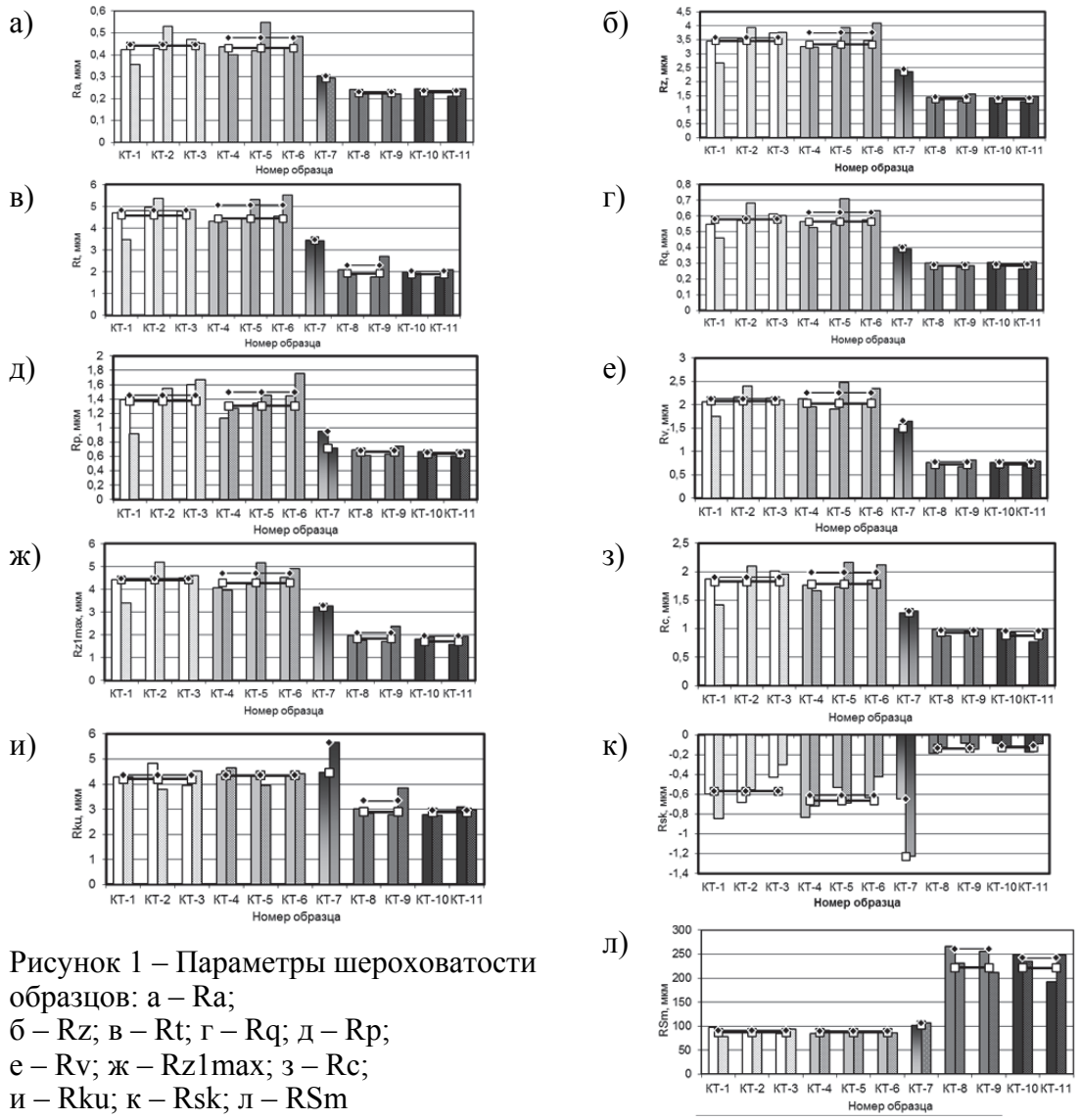


Рисунок 1 – Параметры шероховатости образцов: а – Ra; б – Rz; в – Rt; г – Rq; д – Rp; е – Rv; ж – Rz1max; з – Rc; и – Rku; к – Rsk; л – RSm

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ Р ИСО 4287-2014. Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности. Профильный метод. Термины, определения и параметры структуры поверхности. Введ. 2016 -01-01. М.: Стандартинформ, 2019. – 24 с.

2 ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения. Введ. 1983-01-01. М.: Издательство стандартов, 2018. – 32 с.

УДК 621.9:519.8
Колесникова Лилия Максимовна, студентка; Kolesnikova Liliya Maksimovna
Коннова Галина Витальевна, кандидат технических наук, доцент;
Konnova Galina Vitalievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Heilongjiang University of Science and Technology

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УХОДЯЩИХ КОТЛОВЫХ ГАЗОВ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE BOILER HOUSE DUE TO THE USE OF OUTGOING BOILER GASES

Аннотация. Данная работа посвещена повышению эффективности работы котельной за счет использования уходящих котловых газов.
Abstract. This work is dedicated to improving the efficiency of the boiler room by using outgoing boiler gases.
Ключевые слова: эффективность, газы, котлы, потери.
Keywords: efficiency, gases, boilers, losses.

Неувязка совершенствования результативности работы систем теплоснаб жения методом сокращения нецелесообразных утрат тепла с уходящими газами популярна, т.к. в реальное время жар уходящих газов в больших энергетических и промышленных котельных агрегатах считается 120- 160°С. В собственную очередь издержки тепла с уходящими газами при разработке термического баланса данных установок по невысокой теплоте сгорания горючего изменяются от 5-7% до 25-60%. Известные методы пе реработки тепла, в что количестве бездонная конверсия тепла (с использо- ванием теплоты парообразования) уходящих газов на газовых котлах и внедрением контактных теплообменников для сотворения в автономных термических сетях в качестве теплогенерирующего прибора. При данном продуктивность использования горючего увеличивается на 5-10 %. Глав ная множество тепла котла несет убытки с дымовыми газами или же ко тельной водой. Суть в разработке быта, при коих появляется меньшее чи сленность дымовых газов при самой невысокой температуре. Это проици рует к наращиванию производительности котла. При работе горелки ис пользуется прохладный воздух для сжигания горючего.

Низкотемпературные дымовые газы считаются совершенными. Чем более жар, что более энергии станет уноситься дымовыми газами.

В противовес данному, в систему котла сервируется морозная вода, дальше она подогревается и преобразовывается в пар, при данном потребляется энер-гия при сжигании горючего.

Наивысшими потерями теплоты котельного агрегата считаются издержки с уходящими газами. Для сокращения утрат теплоты с уходящими газами в ведущем пользуют развитые конвективные противокоррозионные плоско сти нагрева, эти, как воздухонагреватели из стеклянных труб, глиняние набивки в регенеративных крутящихся воздухонагревателях и т.п.

Акту альными деяниями, позволяющими убавить издержки тепла с уходящими газами, считаются:

1) соблюдение малого по условиям совершенного горения коэффициента излишек воздуха;

2) увеличение газоплотности котлоагрегата и понижение присосов мороз ного воздуха;

3) борение со шлакованием экранных и радиационных плоскостей нагрева путём отладки топочного режима;

4) систематическая высококачественная очистка внешних плоскостей нагрева конвективных пакетов труб;

5) поддержание высококачественного водяного режима с целью предот вращения внутренних отложений в трубах котельного агрегата;

6) поддержание в барабане котла номинального давления;

7) поддержание расчётной температуры калорийной воды;

8) верное конструктивное оформление конвективных плоскостей нагрева, обеспечивающее больше абсолютное омывание их газами со скоростью, обеспечивающей самоотдувку;

9) обеспечивание плотности непроницаемости газовых перегородок, предотвращающих протекание газов мимо конвективных пакетов труб;

10) обеспечивание марки и качество сжигаемого горючего, соответствен ного расчётному;

11) аппарат развитых хвостовых плоскостей нагрева;

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ионин А. А. Теплоснабжение: Учебник для вузов/ А.А.Ионин, Б.М.Хлыбов, В.Н.Братенков, Е.Н,Терлецкая. - Москва.: Стройиздат, 1982.-336с.

2. Роддатиса К. Ф. Справочник по котельным установкам малой и средний производительности /Роддатиса К. Ф. -Москва., “Энергия”, 1975.368 с. 3. Витальв В. П. Эксплуатация тепловых пунктов и систем теплоснабжения: Справочник / В.П.Сельдин, Н.Н.Сельдин. -Москва.: Стройиздат, 1988.-623с.:ил.

УДК 620.179

Курдюмов Илия Игоревич, студент; Kurdyumov Iliya Igorevich
Кравченко Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент;
Kravchenko Elena Gennadievna
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВЕЩЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

DEVELOPMENT OF A MEASURING SYSTEMS FOR MONITORING LIGHTING IN INDUSTRIAL ROOM

Аннотация. Данная работа посвящена разработке измерительной системы для контроля освещенности в производственных помещениях.

Abstract. This work is devoted to the development of a measuring system for the control of illumination in industrial premises.
Ключевые слова: средство измерения, прибор, датчик, сигнал, освещённость.
Keywords: measuring instrument, sensor, signal, illumination.

С вступлением в силу Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» все большее распространение получают системы управления, использующие датчики освещенности и присутствия, устанавливаемые в помещениях. Эти системы, имея высокую энергоэффективность, как правило, не поддерживают установленные нормы уровня освещенности.

Представленная измерительная системы для контроля освещенности в производственных помещениях (рис.1) разработана на основе люксметра, принцип действия которого основан на фотоэлектрическом эффекте – возникновении фототока при освещении селенового фотоэлемента, по спектральным характеристикам близкого к чувствительности глаза.

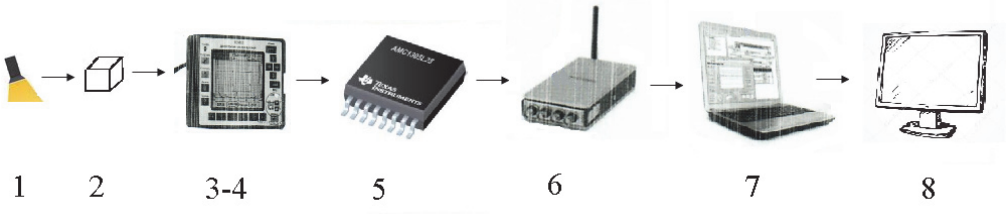


Рисунок 1 – Схема измерительной системы
1 – Объект измерения; 2 – датчик (первичный преобразователь);
3 – усилитель, фильтр; 4 – показывающий прибор;
5 – модулятор АЦП (аналого-цифровой преобразователь); 6 – канал связи;
7 – система обработки информации (компьютер);
8 – устройство отображения (монитор)

Принцип работы системы следующий. На вход системы поступает в общем случае аналоговый сигнал S(t), сформированный информационным устройством (или датчиком), являющимся источником данных. Сигнал S(t), рассматривается как реализация случайного процесса.

Цепь преобразования данных одного устройства (или датчика) в многоканальной системе образует измерительный канал.

В блоке подготовки сигнал подвергается предварительной аналоговой обработке – согласование, усиление (приведение амплитуды к динамическому диапазону устройства выборки и хранения –УВХ), полосовая фильтрация (ограничение полосы частот сигналов для корректной оцифровки). Поскольку подсистема обработки в ИИС является цифровой системой, то каждый сигнал подвергается процедуре аналого-цифрового преобразования в модуле АЦП.

Последовательность отсчетов от различных измерительных каналов объединяется в общий поток для последующего ввода в компьютер или передачи по каналу связи. В ряде случаев могут применяться устройства

сжатия данных (либо сжатие осуществляется после ввода данных в компьютер – программные методы сжатия).

Одна из задач подсистемы цифровой обработки, которая выполняется с использованием ресурсов компьютера и специализированных процессоров цифровой обработки – сортировка информации и отбраковка аномальных результатов наблюдений. Отбраковка является частным случаем более общей задачи – фильтрации сигналов от помех или использования методов распознавания образов.

Для жизнедеятельности человека необходимо хорошее освещение. При правильном освещении повышается производительность труда, улучшаются условия безопасности, снижается утомляемость.

Представленная в работе измерительная система может использоваться в любых производственных помещениях, где необходимо проконтролировать пронормированный уровень освещенности. Система удобна в использовании и обладает минимальной погрешностью и широким диапазоном измерения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 СНиП 23–05–95. Строительные нормы и правила РФ. Естественное и искусственное освещение. М.: Информрекламиздат, 1995.

2 Девисилов В.А. Освещение и здоровье человека //Безопасность жизнедеятельности / – М.: ООО «Издательство «Новые технологии», 2003. – №7. Приложение, с.12–13.

3 Безопасность технологических процессов. Справочник / С.В.Белов, В.С. Бринза, Б.С.Векшин и др. М.: Машиностроение, 1985. – с. 402–406.

УДК 621.791.011

Кухарец А.А., магистр, Kukharets A.A.
Бахматов П.В., кандидат технических наук, доцент, Bakhmatov P.V.
Соболев Б.М., кандидат технических наук, профессор, Sobolev B.M.
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА РЕМОНТНОГО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРА РЕАКТОРНОЙ ПЕЧИ РИФОРМИНГА УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ СПЛАВА MANAURITE 900

STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE REPAIR WELDED CONNECTOR OF THE REACTOR FACTOR OF THE REACTOR FURNACE REFORMING INSTALLATION OF HYDROGEN PRODUCTION FROM MANAURITE 900 ALLOY

Аннотация. В ходе эксплуатации установки производства водорода (УПВ) завода АО «ННК-Хабаровский НПЗ» проведено металлографическое исследование сварного соединения трубы коллектора с тройником коллектора реакторной печи риформинга в результате которого в одном из четырёх

образцов металла коллектора обнаружены микротрещины. В образцах металла тройника коллектора микротрещин не выявлено. Сведений о ремонтах или авариях, за всё время эксплуатации печи, в изученной технической документации не содержатся. Для лабораторных исследований переданы образцы металла коллектора. Целью комплексного исследования являлось установление структурно - механического состояния металла сварного соединения коллектора.

Abstract. During the operation of the hydrogen production unit (UPV) of the NNK-Khabarovsk Oil Refinery JSC, a metallographic study of the welded joint of the collector pipe with the manifold tee of the reforming reactor furnace was carried out, as a result of which microcracks were detected in one of the four samples of the collector metal. No microcrack collector was detected in the metal tee samples. Information on repairs or accidents for the entire operation of the furnace is not contained in the studied technical documentation. Collector metal samples were transferred for laboratory research. The purpose of the comprehensive study was to establish the structural - mechanical state of the weld joint metal.

Ключевые слова: установка производства водорода, реакторная печь риформинга, металл сварного шва, manaurite 900, испытания, структура, дефекты.

Keywords: hydrogen production unit, reactor reforming furnace, weld metal, Manaurite 900, tests, structure, defects.

Методы экспериментального исследования. Для комплексного исследования коллектора реакторной печи риформинга установки производства водорода (УПВ) завода АО «НКК - Хабаровский НПЗ» составлена программа исследования металла полученных вырезок состоящая из визуального и измерительного контроля, химического анализа и металлографических исследований микроструктуры металла, проведения механических испытаний на растяжение при комнатной и повышенной температуре, определения ударной вязкости, измерения твердости. Визуальный и измерительный контроль выполнен согласно инструкции РД 03-606-03 с использованием комплекта для визуального и измерительного контроля. Объект контроля представляет собой механическую вырезку 1/6 диаметра кольцевого сварного соединения трубы коллектора с тройником коллектора. Химический состав металла определялся спектрометром эмиссионным «Аргон-5СФ» и спектрометром рентгенофлуоресцентным Delta Series DP-2000. Анализ проводился по ГОСТ Р 54153 «Сталь. Метод атомно-эмиссионного спектрального анализа» и ГОСТ 28033 «Сталь. Метод рентгенофлюоресцентного анализа». Контроль достоверности результатов анализа осуществлялся по стандартным образцам состава категории ГСО.

Для металлографического исследования из образцов металла коллектора реакторной печи риформинга Н-220-101 установки производства водорода (УПВ) были вырезаны шлифы в поперечном сечении трубы.

Исследование проводилось на шлифах с целью установления структурно - механического состояния металла. Металлографический анализ

проведен с использованием оптического микроскопа «Versamet» с применением программного обеспечения «Thixomet». Выявление структуры произведено химическим травлением в растворе HCl + HNO_3 в соотношении 3:1. Макроисследование образца проводилось с использованием лупы увеличением x10. Фотофиксация производилась фотоаппаратам фирмы OLYMPUS. В дополнение к металлографическому исследованию на образцах была промерена твердость на твердомере Роквелла Wilson Hardness Rockwell 574. Механические свойства металла образцов определялись по результатам кратковременных испытаний на растяжение при температуре +20 °С и +970 °С согласно ГОСТ 1497 и ГОСТ 9651 на испытательной машине Instron 8801.

Испытания на ударную вязкость проводились по ГОСТ 9454 на маятниковом копре Instron 600MPX.

Результаты экспериментального исследования. По результатам химического анализа: основной металл образца тройника коллектора не соответствует заявленной марке сплава Manaurite 900 вследствие высокого содержание С и низкого содержание Mn; основной металл образца трубы коллектора соответствует заявленной марке сплава Manaurite 900. По химическому составу, металл сварного шва соответствует электроду на основе Ni.

Микроструктура металла коллектора соответствует структуре литых хромоникелевых сплавов после эксплуатации в агрессивной среде при высоких температурах. Результаты фазового анализа согласуются с литературными данными исследования сплавов типа HP: в центральной части сечения - дендриты матричной γ - фазы (твердый раствор на основе Fe-Cr-Ni) и колонии первичных эвтектических карбидов по границам дендритов на основе Cr, остаточных карбидов Nb, G-фазы, а также вторичных дисперсных карбидов хрома и ниобия.

Со стороны внутренней поверхностей металла коллектора - слой оксидов, преимущественно хрома. Под слоем оксидов - межкристаллитная коррозия и обезуглероженный слой, состоящий из матричной γ - фазы, в значительной степени обеднённой хромом.

По результатам макроанализа сварного соединения установлено, что сварной шов выполнен многопроходной сваркой как минимум двумя различными по составу электродами. В сварном шве выявлены следующие дефекты: непровар (неполное заполнение разделки); несплавление с основным металлом, несплавление между валиками; поры в диаметре до ~ 0,7 мм; микротрещина V - образной формы; брызги металла со стороны корня шва.

Микроструктура сварного шва коллектора состоит из нескольких зон: зона, соответствующая электроду на основе Fe-Cr-Ni, и зона, соответствующая электроду на основе Ni. Внутри зоны, соответствующей электроду на основе Fe-Cr-Ni, обнаружены участки структуры γ - фазы с двойниками с четко выраженными границами, множество пор, несплавлений и микротрещин, распространяющихся от несплавлений и по первичным карбидам. Качество сварного шва неудовлетворительное вследствие обнаруженных макро- и микродефектов.

Характеристики прочности сварного соединения не ниже требований стандарта на материал для основного металла сплава Manaurite 900. При проведении испытаний на растяжение сварного соединения разрушение во всех испытуемых образцах произошло в металле сварного шва, что говорит о разнопрочности металла шва основному металлу. Разрушение двух образцов из шести произошло по дефекту в сварном шве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Garbiak M., Jasinski W., Piekarski B. Materials for reformer furnace tubes. History of evolution // Archives of Foundry Engineering. - 2011. - V. 11. - № 2. - P. 47-52.
2. Farrar C. The alloy tree: A guide to low-alloy steels, stainless steels and nickel-base alloys. - Elsevier, 2004.
3. Maharaj C., Marquez A., Khan R. Failure Analysis of Incoloy 800HT and HP-Modified Alloy Materials in a Reformer //Journal of Failure Analysis and Prevention. - 2019. - V. 19. - №. 2. - P. 291-300.

УДК 534.18

Кучумова Маргарита Дмитриевна, студент; Kuchumova Margarita Dmitrievna
Сапожник Ксения Романовна,студент; Sapozhnik Ksenia Romanovna
Башков Олег Викторович, доктор технических наук, доцент;
Bashkov Oleg Viktorovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

DEVELOPMENT OF A METHOD OF HIGH FREQUENCY ULTRASONIC CYCLIC TESTS OF METAL MATERIALS

Аннотация. Работа посвящена исследованию перспектив метода высокочастотных ультразвуковых циклических испытаний металлических материалов, применяемого для реализации испытаний на усталость. В работе рассмотрены существующие методы усталостных испытаний и описаны преимущества и особенности гигацикловых испытаний на усталость.
Abstract. Work is devoted to the prospects for high-frequency ultrasonic cyclic testing of metallic materials used for the realization of fatigue testing. The work considers the existing methods of fatigue tests and describes the advantages and features of gigacyclic fatigue tests.
Ключевые слова: ультразвук, усталость, испытания, гигациклы, образец, концентратор.
Keywords: ultrasound, fatigue, tests, gigacycles, sample, concentrator.

Усталостью называют процесс, в котором происходит изменение состояния и свойств материала под действием повторно-переменных напряжений, способных привести к появлению и развитию трещин с последующим полным разрушением тела [1]. В современном мире циклические испытания механических свойств материалов имеют большое значение, так как во время эксплуатации наибольшая часть деталей машин, транспортного и прочего оборудования подвергаются влиянию знакопеременных нагрузок [2]. Основной целью испытаний на усталость является количественная оценка способности материала эффективно работать в условиях циклического нагружения, не претерпевая разрушений. Многоцикловая усталость материала характеризует процесс, при котором усталостные повреждения или разрушения происходят в основном при упругой деформации [1].

В настоящее время виды усталостных испытаний регламентированы в соответствии с ГОСТ 25.502-79. В стандарте виды испытаний на усталость различаются характером изменения напряжения во времени, схемой нагружения (растяжение-сжатие, изгиб, кручение), и наличием или отсутствием концентраторов напряжений. Так же усталостные испытания могут проводиться при воздействии различных температур и различных сред. Стандарт регламентируем проводить испытания на усталость на образцах различных сечений: круглого и прямоугольного, имеющие гладкий профиль или надрезы [3].

Первичным результатом усталостных испытаний является число циклов до разрушения при заданных параметрах нагружения. Среди критериев разрушения образца различают: разрушение образца, образование трещины конкретной протяженности, существенное развитие пластической деформации. Стоит отметить, что в ходе испытаний используют, как правило, не менее пятнадцати образцов, каждый из которых испытывают при установленном значении максимального напряжения σ_{max}. В результате, по полученным данным проведённых испытаний строят кривую усталости [2].

Новизна метода, который описан в данной работе заключается в разработке новой системы усталостных испытаний, которая способна конкурировать с существующим оборудованием.

На современном рынке оборудования для гигацикловых испытаний наиболее ярко представлены две системы: сервогидравлическая испытательная система Instron модели 8801, а так же ультразвуковая система усталостных испытаний Shimadzu USF-2000 [4]. К гигацикловым испытаниям можно отнести испытания на базе 10^9 и более циклов. Основные недостатки представленных систем заключаются в их высокой стоимости, а так же большой длительности испытаний на усталость.

Для обеспечения возможности выполнения гигацикловых испытаний образцов на кафедре «Материаловедение и технологии новых материалов» была разработана система для выполнения данных испытаний на базе ультразвукового генератора и излучателя мощностью 1 кВт. В качестве оборудования для реализации испытательного стенда были выбраны: высоко-

частотный генератор и излучатель, концентратор ультразвуковых колебаний, образцы для выполнения испытаний, а так же система регистрации колебаний, построенная на микроконтроллере (рис.1).

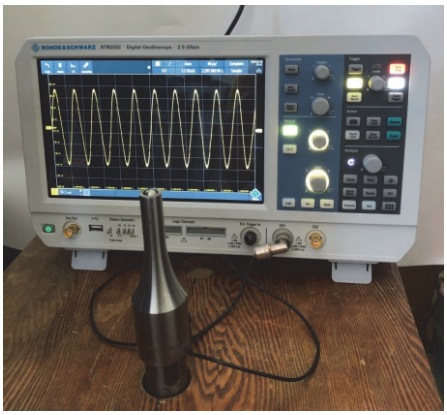


Рисунок 1 - Экспериментальный стенд для проведения испытаний на усталость

В ходе выполнения научно-исследовательской работы был выполнен расчёт различных ультразвукового концентратора и форм образца [5-7]. Путём моделирования различных вариантов форм концентраторов было установлено, что оптимальной формой концентратора с максимальным значением амплитуды является катеноидальный концентратор, удлиненный с двух сторон цилиндрической формой на равное расстояние. При этом оптимальной формой образца был признан образец галтелевидной формы, совмещающий в себе 2 катеноидальные области в центральной части и их цилиндрическое удлинение с обоих краёв. Расчетная рабочая частота для этих форм составила 23750 Гц. Высокая частота нагружения позволяет сократить временные затраты на проведение гигацикловых усталостных испытаний предположительно на 3 порядка, так как в большинстве сервогидравлических машин для динамических испытаний на усталость, частота нагружения растяжение-сжатие не превышает 50-100 Гц. Это является существенным показателем эффективности предлагаемого метода. На рисунке 2 представлены формы образца и концентратора с распределениями напряжений и колебательной скорости.

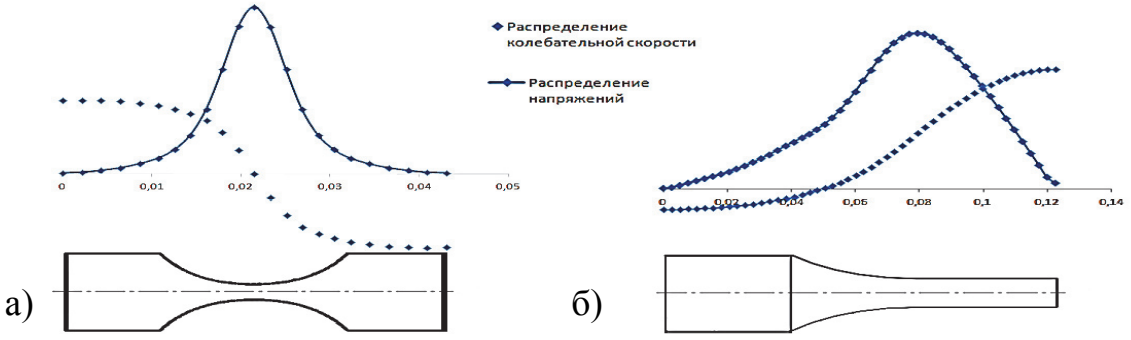


Рисунок 2 – Распределения напряжений и колебательной скорости по длине образца (а) и концентратора (б)

Таким образом, в ходе проделанной научно-исследовательской работы был разработан новый метод высокочастотных ультразвуковых циклических испытаний металлических материалов, спроектирована и построена система для данного метода, предположительно позволяющая сократить временные затраты на проведение гигацикловых усталостных испытаний на 3 порядка. Следующий этап научно-исследовательской работы включает в себя проведение реальных испытаний на построенной системе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Терентьев, В.Ф. Усталость металлических материалов / В.Ф. Терентьев. – М.: Издательство Наука, 2003. – 254 с.;

2 Терентьев, В.Ф. Циклическая прочность металлических материалов. Учеб. пособие. / В.Ф. Терентьев, А.А. Оксогоев – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. – 61 с.;

3 ГОСТ 25.502-79 Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость. – Введ. 1981-01-01. – М. :Госстандарт России : Изд-во стандартов, 1981. – IV, 55 с.

4 Ультразвуковая система для усталостных испытаний USF-2000: листок-каталог : разработчик и изготовитель Shimadzu Corporation. – М., 2018, 4л.

5 Сапожник К.Р., Башков О.В., Борисенко М.Д. Моделирование ультразвуковых концентраторов для обработки объемных наноструктурированных материалов// В сборнике: Производственные технологии будущего: от создания к внедрению Материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 259-264.

6 Сапожник К.Р., Борисенко М.Д., Башков О.В. Объемная ультразвуковая обработка наноструктурированных материалов// В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2019. – С. 178-183.

7 Борисенко М.Д., Сапожник К.Р., Башков О.В. Перспективы использования ультразвуковой обработки для снятия внутренних механических напряжений в наноструктурированных материалах// В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2019. – С. 41-43.

УДК 621.9:519.8
Кхун Хан Хту Аунг, аспирант; Khun Han Htoo Aung
Зо Хейн, магистрант; Zaw Hein
Башков Олег Викторович, доктор технических наук, доцент;
Bashkov Oleg Viktorovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

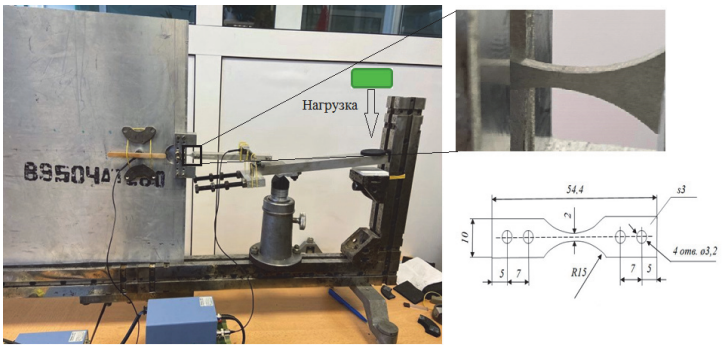
ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

IDENTIFICATION OF CRACK PROPAGATION PARAMETERS BASED ON THE ACOUSTIC EMISSION METHOD

Аннотация. В работе представлены результаты исследований, направленных на идентификацию развивающихся дефектов типа трещин на основе метода акустической эмиссии (АЭ). В результате проведенных исследований были установлены зависимости между характером роста трещины и параметрами регистрируемых сигналов АЭ.
Abstract. The paper presents the results of research, which aimed at identification of propagation crack-type defects based on the acoustic emission (AE) method. As a result of the research, the relationship between the nature of crack growth and the parameters of the recorded AE signals was established.
Ключевые слова: вейвлет-декомпозиция, акустическая эмиссия, волны Лэмба, трещины, повреждения.
Keywords: wavelet decomposition, acoustic emission, Lamb waves, crack, defect.

В результате постоянно возрастающей потребности к сбору, обработке информации о структурном состоянии находящихся в эксплуатации изделий и конструкций, а также к технологиям распознавания повреждений на ранних стадиях их развития, появляются новые возможности получения более достоверной классификации, локации и идентификации источников акустической эмиссии (АЭ) [1].

Образцы из алюминиевого сплава 1163 используют при проведении исследований на малоцикловую усталость. На каждом из исследуемых образцов по методу консольного изгиба на установке с электромагнитным приводом была выращена магистральная трещина, не превышающая половины сечения. Образцы с помощью специальной струбцины прижимались к поверхности пластины из алюминиевого сплава Д16, как показано на рис.1. Экспериментальный стенд включал вертикально установленную пластину с прижатым к ее краю образцом с выращенной трещиной. Консольная схема нагружающего устройства, приведенная на рис. 1, позволяла выполнять изгиб образца на определенную величину с заданной скоростью. На 90 мм от места расположения трещины расстоянии на пластине устанавливался преобразователь АЭ (ПАЭ).



а) б)

Рисунок 1 – Экспериментальный стенд (а) и исследуемый образец (б)

По результатам предварительных усталостных испытаний была определена величина изгиба, приводящая к единичному приращению магистральной трещины в образце. При приложении к образцу усилия с заданной величиной изгиба было спровоцировано единичное подрастание трещины. Нагружение выполнялось многократно, и был выполнен анализ для 12 последовательных нагружений. При каждом нагружении регистрировался генерируемый сигнал АЭ.

Однако, дополнительный анализ вейвлет декомпозиции сигналов АЭ, выполненных раздельно для низкочастотных и для высокочастотных компонент, показал наличие некоторого различия для компоненты четвертого уровня разложения, который постаивл по частоте 728 кГц. Для идентификации развивающихся дефектов - источников АЭ использован критерий, в котором была рассчитана энергия для четвертого уровня разложения раздельно для двух диапазонов частот: 200-300 кГц (энергия E1) и 300-400 кГц (энергия E2). Использование отношения этих энергий E2/E1 позволяет проанализировать характер трансформации развивающегося источника АЭ (рис.2).

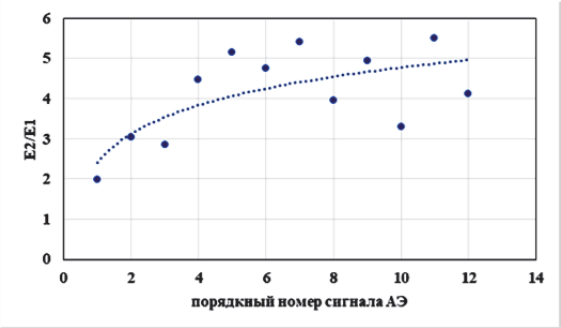


Рисунок 2 – Зависимость отношения энергий E2/E1

Из графика видно, что по мере увеличения порядкового номера нагружения наблюдается тенденция к увеличению отношения E2/E1. Параметр, определенный как отношение энергий E2/E1 в двух частотных диапазонах, определяемых положением пиков на Фурье спектре, характеризует отношение доли высокочастотной составляющей к низкочастотной. Физический смысл полученной зависимости (рис. 3) может быть охарактеризован как увеличение вклада в сигнал АЭ высокочастотных компонент

по мере роста трещины. На основании ранее полученных результатов исследований, основанных на использовании в анализе сигналов АЭ частотного коэффициента [2], это может быть охарактеризовано как увеличение пластичности в месте единичного подрастания трещины по мере роста и смещения местоположения ее устья. При этом было установлено, что значение твердости устья выращенной усталостной трещиной выше, чем в областях, удаленных от устья.

На основании параметра АЭ, определенного как отношение энергий частотных диапазонов Фурье спектра, установлено, что при единичном кратковременном подрастании выращенной усталостной трещины происходит смещение зоны окружающей устье трещины, характеризуемой повышенной твердостью, сформированной в процессе накопления усталости, в зону, охарактеризованную по параметрам АЭ как зону с большей пластичностью образца сплава 1163.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90318/19.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Khon H., Bashkov O. The Study of Acoustic Emission Waves Generated From Different Types of Sources // Material Today: Proceeding. – 2019. – V. 9. – Part. 5. – P. 2243– 2247.

2. Башков О.В., Башкова Т.И., Ромашко Р.В., Попкова А.А. Построение обобщенной диаграммы усталости алюминиевых сплавов с использованием метода акустической эмиссии// Цветные металлы. – 2016. – № 4 (880). – С. 58-64.

УДК 620.178.12

Левченко Владислав Сергеевич, магистрант; Levchenko Vladislav Sergeevich
Пронин Александр Иннокентьевич, канд. техн. наук, доцент;
Pronin Alexander Innokentyevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МИКРОТВЕРДОСТЬ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ

MICROHARDNESS OF ALUMINUM ALLOYS WITH DIFFERENT CHEMICAL COMPOSITION

Аннотация. В работе рассмотрено влияние содержания различных химических элементов в составе на микротвердость алюминиевых сплавов.

Abstract. The influence of the content of various chemical elements in the composition on the microhardness of aluminum alloys is considered.

Ключевые слова: алюминий, испытание, твердость, микротвердость, медь, магний, железо, кремний.

Keywords: aluminum, Test, Hardness, Microhardness, Copper, Magnesium, Jelly, Silicon.

Актуальность изучения алюминия и его сплавов обусловлена тем, что алюминиевые сплавы остаются основным конструкционным материалом авиационной техники. Объём их применения в настоящее время составляет около 70% от общего количества конструкционных материалов в планере самолетов. Эти сплавы также широко применяются во многих типах ракет, морских и речных судов, автомобилей, вагонов скоростных поездов.

Цель работы заключается в экспериментальном установлении влияния количественного содержания различных химических элементов на микротвердость сплава.

Проводился эксперимент, в котором при помощи микротвердомера ПТМ-3М испытывали образцы на микротвердость. В эксперименте применялись 5 образцов с разным составом. Количественное содержание химических элементов в сплавах отражено на рисунке 1.

Исследование заключается в том, чтобы при помощи вдавливания алмазного индентора оставить отпечаток на образце и математическим методом определить его микротвердость (делением нормальной нагрузки, приложенной к алмазному наконечнику, на условную площадь боковой поверхности полученного отпечатка).

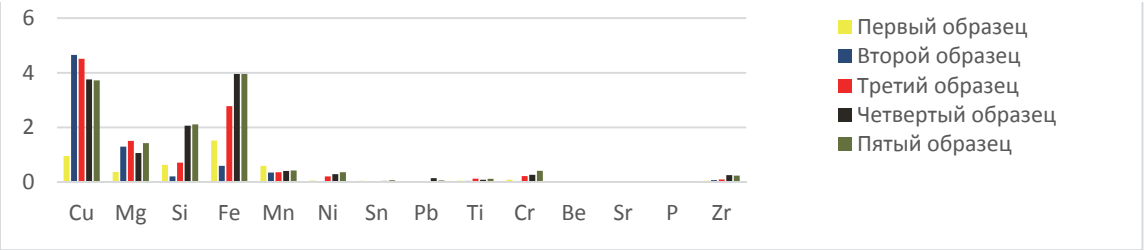


Рисунок 1 – Количественное содержание химических элементов в образцах

На каждом образце было оставлено по 15 отпечатков и по итогу приведена средняя микро вердость образца. Результаты испытания представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты испытания образцов на микротвердость

Номер отпечатка	Образец 1	Образец 2	Образец 3	Образец 4	Образец 5
1	72	104	105	72	86
2	77	142	114	70	87
3	96	81	85	78	87
4	75	138	93	74	78
5	87	105	120	80	112
6	102	151	109	92	80
7	120	83	88	105	75
8	95	87	102	72	114
9	87	91	89	95	71
10	88	101	104	165	94
11	72	84	100	88	75
12	121	85	104	92	109
13	85	74	101	72	110
14	105	71	98	76	121
15	89	129	101	70	85
Средняя микротвердость	**91,4**	**101,7333**	**100,8667**	**86,73333**	**92,26667**

Стоит отметить, что в существенной степени рассматривать стоит лишь содержание меди, магния, кремния, железа, марганца и никеля, т.к. остальные элементы содержатся в ничтожном количестве и не оказывают влияние на механические свойства образцов.

Наибольшую микротвердость показал образец 2, который обладал наибольшим количественным содержание меди, предпоследним показателем содержания магния и последним по наличию кремния, железа, марганца и никеля.

Вторым по счету идет образец 3, у которого содержание практически всех элементов на одном уровне, как и образца 2, за исключение относительно высокого содержания железа, а также среднего содержания никеля среди всех образцов.

Третьим по показателю микротвердости является образец 5, в котором прослеживается меньшее по сравнению с вышестоящими образцами содержание меди, примерно на одном уровне по количеству магния, с самым высоким содержанием кремния, железа и никеля и относительно высоким содержанием марганца.

Четвертый показатель дал образец 1, который имел самое меньшее в значительной степени количественное содержания меди, магния, марганца, никеля (чуть выше чем у образца 1) и среднее количество содержания железа и кремния.

Самую меньшую микротвердость показал образец 4, который отличается от образца 5 в заметной степени только большим содержанием магния и никеля.

На основе проведенного исследования и анализа можно сделать вывод что нельзя обособленно рассматривать твердость сплава по содержанию отдельных его элементов, т.к. результаты даёт совокупность элементов и не всегда высокое количество одного элемента дает высокие показатели микротвердости при высоком показателе другого элемента.

К примеру образец показавший наибольшую микротвердость, обладал низким содержанием магния, кремния, железа, марганца и никеля, но высоким содержание меди, что дало высокую прочность, но в следствии этого другие его свойства такие как пластичность и прочность в результате отсутствия должного содержания никеля выдадут наименьшие показатели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1.Арзамасов, В.Б. Материаловедение: Учебник / В.Б. Арзамасов. - М.: Academia, 2019. - 224 с.

2.Измерение микротвердости поверхностных слоев материалов : метод. указания Минобрнауки России, ОмГТУ / сост. А. А. Теплоухов. – Омск. : Изд-во ОмГТУ, 2017. – 35 с.

3.Алюминиевые сплавы (состав, свойства, технология, применение): справочник / под общ. ред. И. Н. Фридляндера. – К.: КОМИНТЕХ, 2005. – 365 с.

УДК 621.516
Лысенков Даниил Игоревич, студент; Lysenkov Daniil Igorevich
Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;
Sarilov Mihail Yurievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМСОЗДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЙ ТРУБЧАТКИ

MODERNIZATION OF THE VACUUM-CREATING SYSTEM OF THE ATMOSPHERIC-VACUUM COLUMNS

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию создания вакуума в вакуумных колоннах перегонки мазута Комсомольского-на-Амуре нефтеперерабатывающего завода. В работе представлены предложения по модернизации существующих вакуумсоздающих систем с увеличением глубины вакуума. Так же рассмотрены достоинства и недостатки предложенных способов.
Abstract. This work is explores the creation of a vacuum in vacuum columns of the distillation of fuel oil from the Komsomolsk-on-Amur oil refinery. The paper presents proposals for the modernization of existing vacuum-creating systems with increasing vacuum depth. The advantages and disadvantages of the proposed methods are also considered.
Ключевые слова: вакуум, колонна, нефтепродукт, нефть, создание вакуума, разделение, мазут.
Keywords: vacuum, column, oil products, oil, creation of vacuum, separation, masut.

На сегодняшний день проблема создания более глубокого вакуума в колонных аппаратах нефтеперерабатывающих установок первичной переработки нефти стоит достаточно остро, ведь без дотаточного разряжения в колонне (высокого вакуума) невозможно полностью переработать сырьё. Это влечет за собой невозможность реализации полного экономико-энергетического потенциала, что приводит предприятие к убыткам с экономической стороны, и помимо этого повышается вероятность загрязнения окружающей среды, потому что не переработанное в процессе сырье используется в виде топлива – сжигается в печах. Исходя из вышесказанного, необходимо задуматься о рассмотрении современных систем для создания вакуума, их выборе и установке на предприятиях нефтепереработки.

Проведем обзор вакуумсоздающих систем, представленных в учебном пособии [1]. В нем описаны наиболее популярные системы для создания вакуума в вакуумных колоннах перегонки нефти. Они представляют собой следующее:

1) система на базе барометрического конденсатора: конденсация паров, выходящих с верха ректификационной колонны, производится под действием поступления воды, дизельного топлива или другого агента;

2) система на базе поверхностного конденсатора, сущность работы которого заключается в закрытой конденсации парогазовой смеси;

3) система на базе паровых эжекторов: откачивание газов и паров происходит непосредственно из колонны под воздействием рабочего агента.

Учебное пособие [2] предлагает к рассмотрению систему для создания вакуума с помощью вакуумного гидроциркуляционного агрегата (ВГЦ). В сравнении с вакуумсозающей системой, в которой используется паровой эжектор, данная система имеет определенные превосходства:

1) не требуется для проведения процесса расход воды или пара;

2) безопасность в экологическом плане, имеется низкий уровень шума, нет загрязнения воды;

3) имеется вероятность получения вакуума достаточной глубины (до 0,5 мм рт. ст. или 67 Па);

4) устранение потерь нефтепродуктов и газов разложения, выходящих с верха вакуумной ректификационной колонны, почти на 100 %;

5) при использовании данного способа значительно уменьшаются расходы энергетических ресурсов и эксплуатационных затрат при расчете на тонну сырья;

6) есть возможность дожимания газов разложения до давлений, требуемых для подачи их на установку сероочистки.

Диссертация [3] предлагает к рассмотрению нижеследующие наблюдения:

1) Основными преимуществами вакуумсоздающих систем на базе паровых эжекторов (насосов) являются простота их конструкций и удобство эксплуатации.

К недостаткам же относятся низкая термодинамическая эффективность во время сжатия в каждом цикле и сильная зависимость характеристики пароэжекторных насосов от применяемых энергетических ресурсов (воды, пара), а именно их параметров, которые склонны к весомым сезонным колебаниям, в следствие чего происходит уменьшение глубины вакуума, создаваемого в системе, что влечет за собой большие технологические потери и снижение технико-экономических показателей производства.

2) При проведении ректификационных процессов под давлением ниже атмосферного эффективно применять гидрокомпримирующие устройства (жидкостные эжектора, жидкостно-кольцевые вакуумные насосы), в которых в процессе используют дистиллятный продукт самой ректификационной колонны в виде рабочего агента.

На Комсомольском-на-Амуре нефтеперерабатывающем заводе имеется две установки атмосферно-вакуумной трубчатки: ЭЛОУ-АВТ-2 мощностью 2,5 млн. тонн нефти в год и ЭЛОУ-АВТ-3 мощностью 5,5 млн.

тонн нефти в год. ЭЛОУ-АВТ-2 в качестве вакуумсоздающей системы на вакуумном блоке использует ПЭН в количестве 3-х штук и максимальную глубину вакуума 40 мм.рт.ст. ЭЛОУ-АВТ-3 в качестве вакуумсоздающей системы на вакуумном блоке использует жидкостной эжектор, позволяющий достигать вакуума в 20 мм.рт.ст.

Исходя из приведенных выше недостатков ПЭН предлагается модернизация вакуумсоздающей системы на ЭЛОУ-АВТ-2 по типу ЭЛОУ-АВТ-3, а для ЭЛОУ-АВТ-3 предлагается в виде системы для создания вакуума в колоннах по переработке мазутов применять вакуумсоздающую систему на базе жидкостно-кольцевого вакуумного насоса с уже имеющимся жидкостным эжектором. Область работы вакуумного насоса по значению давлений на всасе (> 5 кПа) может быть сильно увеличена (до 0,1 кПа) при использовании комбинированной системы жидкостно-кольцевого вакуумного насоса и эжектора. Итоговая эффективность данной комбинированной системы оказывается выше, чем при использовании отдельно взятого жидкостного эжектора, за счет дополнительной откачки газов разложения и их дожатия жидкостно-кольцевым вакуумным насосом, что позволит достичь глубины вакуума около 5 мм.рт.ст.

Данная модернизация даст возможность ощутимо увеличить глубину разряжения в колонных аппаратах, сделать получаемый вакуум более независимым от воздействий внешних факторов, и снизить загрузку на печи нагрева мазута, так как при большем вакууме требуется меньшая температура для начала термического разложения сырья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Технология переработки нефти. В 2-х частях. Часть первая. Первичная переработка нефти / Под ред. О. Ф. Глаголевой и В. М. Капустина. – М. : Химия, КолосС, 2007. – 400 с.

2 Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учеб. пособие / С. А. Ахметов. – Уфа.: Гилем, 2002. – 672 с.

3 Осипов, Э. В. Совершенствование систем создания вакуума установок ректификации мазута: дис. …канд. техн. наук : 05.17.08 / Осипов Эдуард Владиславович. – Казань, 2012. – 131 с.

4 Пат. 2354430 Российская Федерация МПК[7] B 01 3/10, C 10 G 7/06. Способ создания вакуума в вакуумной колонне перегонки нефтяного сырья и установка для осуществления способа / Цегельский В.Г. – № 2007147055/15, заявл. 20.12.2007 ; опубл. 10.05.2009, Бил. №13 – 6 с. : ил.

5 Лысенков, Д. И. Способы создания вакуума в колонных аппаратах нефтеперерабатывающих заводов / Д. И. Лысенков, В. А. Устинов, М. Ю. Сарилов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и пркладных исследований. Ч. 1. – 2019. – С. 98-100.

УДК 621.9:519.8
Мартынюк Александр Юрьевич, студент; Martynyk Aleksander Yurievich
Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор;
Sarilov Mikhail Yurievich
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРООБОГРЕВА

ELECTRIC HEATING MONITORING SYSTEMS

Аннотация. Данная работа посвящена пояснению принципа работы системы мониторинга электрообогрева и его преимуществ.
Abstract. This work is explains the principle of operation of the electric heating monitoring system and its advantages.
Ключевые слова: электрообогрев, мониторинг, МСКиА, ПЛК, АСУЭ.
Keywords: electric heating, monitoring, multi-point control and automation systems for electric heating, PLC, automated control system for electric heating.

Автоматизированная система управления электрообогревом (АСУЭ) необходима, для стабильной и корректной работы оборудования и предприятий в условиях, когда температура гораздо ниже нуля, благодаря ей оборудованные объекты будут работать автономно в большом спектре температур.

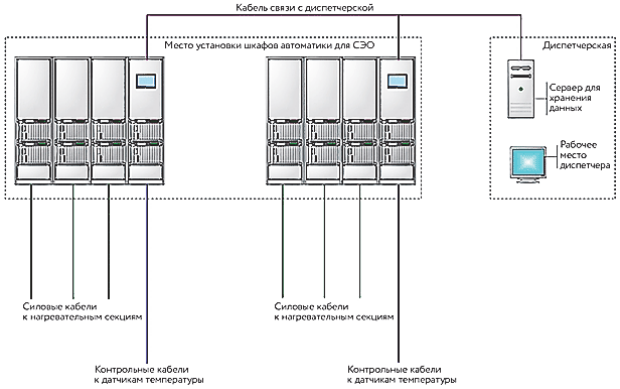


Рисунок 1 – Общая схема автоматизированной системы управления электрообогревом (АСУЭ)

Для заводов нефтепереработки, необходима система электрообгрева так как, в холодные периоды времени года скорость движения нефтепродуктов по трубопроводам в значительной степени снижается. В такие переуды важен, контроль за температурой технологического процесса. Благодоря этой системе есть возможность выставить и отрегулировать необходимую температуру, а также система будет сигнализировать в черезвычайных ситуациях, например при повышении или снижениии температуры трубопровода.

В данный момент, на производстве нуждаются в диспетчеризации процесса электрообогрева. Благодаря этому, автоматизированные системы управления получили значительное развитие, на ровне с многоточечными системами контроля и автоматизации электрообогрева (МСКиА).

В основе МСКиА лежат программируемые логические контроллеры (ПЛК). Важнейшей отличительной характеристикой ПЛК является то, что

они прогмирруются свободно уже непосредственно на производстве. Это означает, что ПЛК могут вводить списки параметров на усмотрение руководства и программировать алгоритм работы.

МСКиА на основе ПЛК дают возможность организовывать автоматизированные рабочие места (АРМ) и осуществлять отслеживание работы системы электрообогрева.

Диспетчер может регулировать большой диапозон параметров например как: состояние системы, токи в нагрузке, температура объекта, и так же одновременно вычислять значения электроэнергии потреблямые в данный момент и промежутках времени на выбор, времени работы.

Так же МСКиА на основе ПЛК позволяет провести организацию нескольких автоматизированных рабочих мест (АРМ) на разных уровнях управления объектом на производстве (АРМ главногоэнергетика, АРМ диспетчера, АРМ главного инженера, и тд), соединенных в локальную сеть с различными правами доступа к управлению системой, благодоря чему появляется возможность осуществить многоуровневый контроль над работой системы электрообогрева.

Ко всему прочему, есть возможность контроля над системой через сеть интернет или при помощи GSM и радио-каналам связи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Безопасность технологических процессов: Справочник / С.В. Белов, В.С. Бринза, Б.С. Векшин и др.; Под ред. С.В. Белова. – М.: Машиностроение, 1985. – 448 с ил. – с. 402-406

2 Скобло А.И., Трегубова И.А., Молоканов Ю.К., Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, М.: Химия, 1982 г., 584 с.

3 Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.Н., Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности, Л.: Химия, 1974 г., 344 с.

УДК 620.179

Марченко Елена Алексеевна, студент; Elena Alekseevna Marchenko
Кравченко Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент;
Kravchenko Elena Gennadievna
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ

DEVELOPMENT OF MEASURING SYSTEM FOR STRENGTH CONTROL OF CONCRETE JOINTS

Аннотация. Данная работа посвящена разработке измерительной системы для контроля прочности бетонных соединений на базе измерителя прочности электронного ИПС-МГ4.01.

Abstract. This work is devoted to the development of a measuring system for the control of the strength of concrete joints on the basis of an electronic strength meter IPS-MG4.01.
Ключевые слова: измерительная система, контроль прочности, прочность бетонных соединений.
Keywords: measuring system, strength control, strength of concrete joints.

Прочность бетона – это наиболее важная характеристика, определяющая свойства и эксплуатационные качества бетонных конструкций и элементов строительных сооружений.

Определить, насколько эффективно бетонная конструкция будет противостоять внешним нагрузкам, позволяют специальные приборы. В основе разработанной измерительной системы для контроля прочности бетонных соединений (рис.1) выбран прибор ИПС-МГ4.01, предназначенный для оперативного неразрушающего контроля прочности и однородности бетона и раствора методом ударного импульса.

Принцип работы предложенной измерительной системы для контроля прочности бетонных соединений (рис.1) следующий.

В блоке подготовки сигнал подвергается предварительной аналоговой обработке - согласование, усиление (приведение амплитуды к динамическому диапазону устройства выборки и хранения - УВХ), полосовая фильтрация (ограничение полосы частот сигналов для корректной оцифровки). Поскольку подсистема обработки является цифровой системой, то каждый сигнал подвергается процедуре аналого-цифрового преобразования.

Последовательность отсчетов от различных измерительных каналов объединяется в общий поток для последующего ввода в компьютер или передачи по каналу связи. В ряде случаев могут применяться устройства сжатия данных (либо сжатие осуществляется после ввода данных в компьютер - программные методы сжатия).

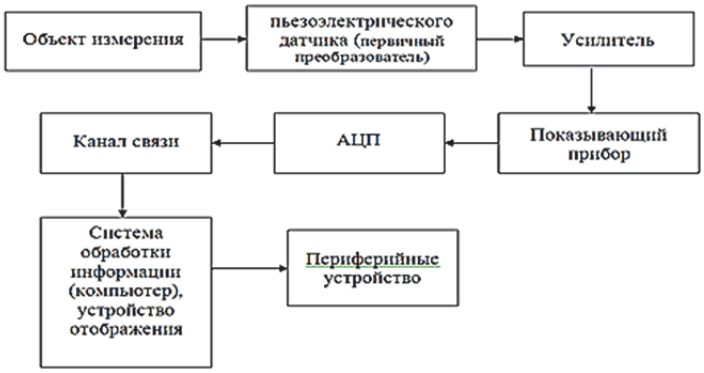


Рисунок 1 – Схема измерительной системы для контроля прочности бетонных сооружений

Состав и последовательность расположения функциональных устройств в различных измерительных системах может отличаться от при-

веденной в схеме, но характерным является наличие данных устройств как типовых в системах различного назначения и технического воплощения.

Подсистема передачи включает кодер и декодер канала связи, передающее и приемное устройства и собственно канал связи. Кодер и декодер осуществляют помехоустойчивое кодирование и декодирование сигналов с целью дополнительной защиты передаваемых сообщений от помех.

В современных системах восстановление непрерывного сообщения, как правило, не выполняется, поскольку регистрация, хранение и обработка информации выполняются в цифровом виде, но принципиальная возможность восстановления предусматривается.

Одна из задач подсистемы цифровой обработки - сортировка информации и отбраковка аномальных результатов наблюдений. Отбраковка является частным случаем более общей задачи - фильтрации сигналов от помех или использования методов распознавания образов.

Отличительной особенностью разработанной измерительной системы является то, что она позволяет не только получить необходимую информацию, но и преобразовать ее в аналого-цифровой сигнал, подать сигнал на компьютер, в котором он редактируется, хранится, и передаеся другому пользователю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – Ред. 01.06.2018.- М.: Стандартинформ, 2018 – 36 с.

2 ГОСТ 18105-2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. – Ред. 01.08.2018. - М.: Стандартинформ, 2018 – 21 с.

3 ГОСТ 22690-2015 Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля. – Ред. 01.02.2019.- М.:Стандартинформ, 2019 – 32 с.

УДК 621.516

Мастевной Владислав Викторович, студент; Mastevnoy Vladislav Viktorovich
Ступин Александр Валерьевич, кандидат технических наук, доцент;
Stupin Alexander Valerevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ БЛОКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГИДРООЧИСТКИ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

MODERNIZATION OF HEAT EXCHANGE EQUIPMENT OF THE PRE-HYDRAULIC PREPARATION UNIT FOR THE CATALYTIC REFORMING PLANT

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию теплообменника типа "Пакинокс". В работе представлены обоснование заменены тройника смешения и кожухотрубчатого теплообменика. Так же рассмотрены достоин-

ства и недостатки способов его использования на установке каталитического риформинга.

Abstract. This article is devoted to the study of the Packinox type heat exchanger. The paper presents the rationale for the replaced tee mixing and shell- and tube heat exchange. The advantages and disadvantages of methods of its use in a catalytic reforming unit are also considered.

Ключевые слова: теплообменник, тройник смешения, нефтепродукт, газ, теплосьем, печь.

Keywords: heat exchanger, mixing tee, oil product, gas, heat, furnace.

Утилизация энергии из продуктов реакции для нагрева сырья, поступающего в реактор, является одним из важнейших и наиболее значимых процессов в нефтепереработке с точки зрения количества передаваемой энергии.

В наше время на смену кожухотрубчатым теплообменникам были пришли пластинчатые теплообменники. Традиционные кожухотрубчатые теплообменики имеют достаточно большие габариты при малой площади теплообмена, что нельзя сказать о пластинчатых теплообменниках. Поэтому при одном и том же тепловом нагреве размер трубчатого теплообменника может быть в несколько раз больше, чем у пластинчатого теплообменника. Также пластинчатый теплообменник имеет еще две положительные стороны: небольшую металлическую емкость, а это значит, что теплообменник легкий по весу, а также имеет удобную в эксплуатации и ремонте конструкцию.

На блоке предварительной гидроочистки каталитического риформинга блок теплообменников используется для нагрева газосырьевой смеси с продуктами реакции, перед вводом ее в печь. Количество тепла, передаваемого в сырьевую смесь, зависит от глубины охлаждения продуктов реакции и поверхности нагрева, схемы рекуперации тепла.

В риформинге применяются однопроходные противоточные кожухотрубные теплообменники с плавающей головкой с поверхностью нагрева 350 $м^2$.

Двухпоточные кожухотрубчатые теплообменники с поверхностью нагрева более 900 $м^2$используется в более мощных установках.

В диссертационной работе на тему совершенствования процесса каталитического риформинга и гидроочистки дизельного топлива бензиновых фракций для утилизации дистиллятов, автором Крылов В. А., обсуждается важность и эффективности подключения реактора к мощному пластинчатому теплообменнику типа "Пакинокс" на реакторных блоках, т. к.:

1) Пластинчатый теплообменник Пакинокс обеспечивает огромное снижение перепадов температур в основных реакторах риформинга.

2) Высокая степень рекуперации тепла-НАТ (разница температур между входящим и исходящим потоками) до 20 °С.

3) Повышение производительности установки может достигать до 10%.

4) Увеличение межремонтного периода в отличие от кожухотрубных теплообменников.

В данной работе предлагается заменить теплообменники Т-1 и узел смешения на установке предварительной гидроочистки на пластинчатый теплообменник типа Пакинокс.

Главное преимущество пластинчатого теплообменника Пакинокс. он способен восстанавливать тепло при работе на нефтеперерабатывающих производствах и потреблять еще меньше ресурсов, чем кожухотрубчатые теплообменники. Теплопередача осуществляется только внутри пластин, а заполненная оболочка через газовую трубу, является компенсатором для основного пакета.

Пакинокс представляет собой вертикальный пластинчатый теплообменник, состоящий из сосуда высокого давления и сварного пластинчатого теплообменного элемента. Теплообменник представляет собой большое количество пластин, заключенных в корпус, работающий под давлением. Процесс теплообмена происходит внутри пластинчатого пучка по принципу противотока. Четыре сильфонных компенсатора устраняют различные тепловые расширения между горячим пучком пластин из нержавеющей стали и относительно холодным низколегированным корпусом.

Поскольку пучок не имеет уплотнений и состоит из термостойкого материала, этот теплообменник может работать при температурах до 600 °С. И имеет максимальное рабочее давление такое же, как и у корпуса теплообменика. Большое количество сварных элементов в установках с использованием горячего водорода значительно снижает утечку горючих паров и выбросы токсичных углеводородов и сероводорода.

Этот теплообменник совмещает в себе функции теплообменника и тройника смешения реакторного блока установки. Ограничения производительности могут быть вызваны работой огнеупорного нагревателя или компрессора с рециркуляцией водорода на старых установках каталитического крекинга.

Пакинокс сочетает в себе тепловую и гидравлическую эффективность с исключительной надежностью при высоких температурах и давлениях. Заменив традиционные кожухотрубные теплообменники одним теплообменником "Пакинокс", обеспечивающим утилизацию большего количества энергии при меньших потерях давления, можно разгрузить печи и компрессор. Пакинокс менее загрязнен за счет образования турбулентных потоков и имеет очень высокий коэффициент теплопередачи, что повышает КПД в отличие от кожухотрубных теплообменников.

Таким образом, установка теплообменника типа "Пакинокс" помогает решить многие вопросы в области энергосбережения и ресурсосбережения. Это также поможет повысить температуру на входе в печь и тем самым снизить рабочую тепловую нагрузку печи, что поможет сэкономить большое количество газа и электроэнергии исходя из обычного КПД печи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 А.Н. Иванов Теплообменное оборудование предприятий : учеб. Пособие / А.Н. Иванов, В.Н. Белоусов, С.Н. Смородин. – Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, 2016. – 185 с.

2 Крылов, В. А. Совершенствование процессов гидроочистки дизельных топлив и каталитического риформинга бензиновых фракций для переработки вторичных дистиллято:дис. канд.техн.наук: 05.17.07 / Крылов Валерий Александрович. – Пермь, 2007. – 160 с.

3 Маленьких, В. С Повышение энергоэффективности установок изомеризации за счет подготовки сырья и рационального разделния продуктов:дис. …канд.техн.наук: 05.17.07 / Крылов Валерий Александрович. – Омск, 2016. – 144 с.

4 П.Г. Баннов Процессы переработки нефти : учеб. пособие / П.Г. Баннов – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2000. – 224 с.

УДК 691.714; 621.791

Михайлов Кирилл Александрович, студент; Mikhailov Kirill Alexandrovich
Плетнев Никита Олегович, старший преподаватель кафедры ТСМП;
Pletnev Nikita Olegovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОЛУЧЕНИЕ АНКЕРНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКОЙ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

OBTAINING ANCHOR WELDED COMPOUNDS ELECTRIC ARC WELDING UNDER FLUX

Аннотация. Данная работа посвящена апробации технологии получения тавровых сварных соединений арматуры с листовой сталью. Спроектирована лабораторная установка, проведены эксперименты получения сварных образцов.

Abstract. This work is devoted to testing the technology for producing T-shaped welded joints of reinforcement with sheet steel. A laboratory setup was designed, experiments were conducted to obtain welded samples.

Ключевые слова: анкерные соединения, сварка арматуры, сварка под слоем флюса.

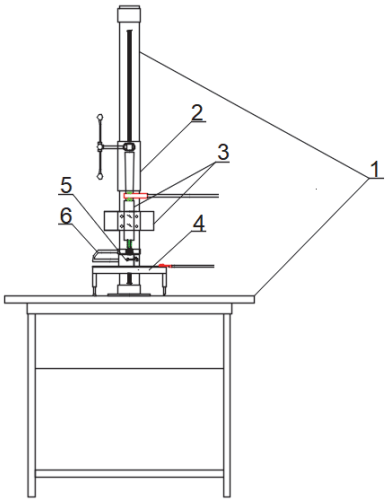
Keywords: anchor joints, welding of fittings, welding under a flux layer.

Для сборки железобетонных элементов при строительстве применяют различные стальные закладные детали (см. рисунок 1), привариваемые к арматуре или анкерным стержням. Анкеровка арматуры это процесс закрепления концов арматурных стержней в бетоне, который достигается заведением сечения прутка на необходимую длину, для передачи нагрузок с

арматуры на бетон. В зоне анкеровки стержень может работать как на растяжение, так и на сжатие [1]. Соответственно к таким деталям предъявляются определенные требования по геометрическим размерам и механическим свойствам в соответствии с ГОСТ 34028-2016. Согласно требованиям, ГОСТ 10922-90, закладные детали могут изготавливаться марок МН, МД, ЗД, МС. В качестве материала чаще всего используются марки стали Ст3сп/пс или Ст09Г2С.

Рисунок 1 – Закладные детали из арматуры и стальных пластин

Для проведения исследований получения тавровых сварных соединений сваркой под слоем флюса анкерных соединений была спроектирована лабораторная установка, позволяющая сваривать арматуру диаметром от 6 до 20 мм к стальным пластинам (см. рисунок 2). В качестве источника питания использовался ВДУ 1201.



1 – основания с закрепленной стойкой; 2 – механизм для подачи арматуры; 3 – закрепляющая оснастка; 4 – сварочный столик; 5 – стакан для флюса; 6 – струбцина с поворотным механизмом

Рисунок 2 – Спроектированная установка для получения анкерных соединений: а – схема установки; б – внешний вид установки

Для апробации технологии были изготовлены образцы из арматуры марки А500С длиной 500 мм диаметрами 10 и 12 мм с разделкой кромок до 15˚, которые приваривались к пластинам из стали Ст3 толщиной 8 мм, дуговой сваркой под слоем флюса. Режимы сварки варьировались в следующих диапазонах: ток сварки от 450 до 750; зазор от 1 до 2 мм; время горения дуги от 2 до 7 с.

На данном этапе исследований полученные сварные соединения оценивались только визуально измерительным контролем на соответствие геометрических размеров и наличия видимых поверхностных дефектов. При проведении экспериментов сложность возникает в возбуждении сварочной дуги т.к. сварочный флюс не проводит электрический ток и может мешать контакту арматуры с пластиной, вследствие этого важную роль играет наличие разделки кромок. При проведении ряда экспериментов наиболее качественные соединения получились при силе сварочного тока 500 А и времени горения дуги 5 с.

Полученные закладные детали представлены на рисунке 3.

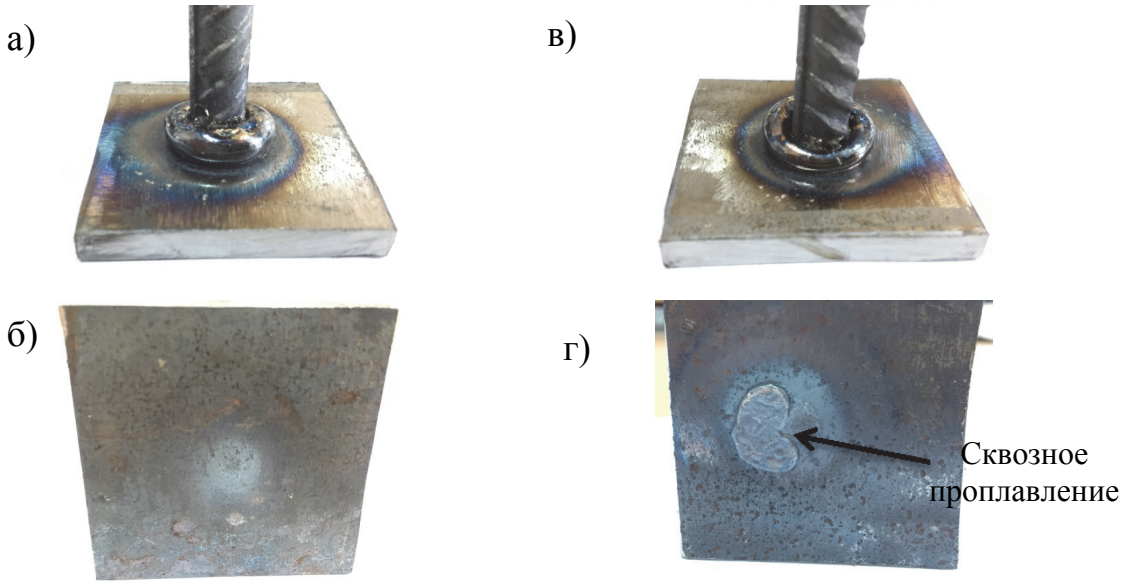


Рисунок 3 – Исследуемые образцы:
а – образец 11 (режим: 500 А, 4 с); б – Обратная сторона образца 11;
в – образец 17 (режим: 500 А, 6 с); г – Обратная сторона образца 17
со сквозным проплавлением

ВЫВОДЫ

1 Получение тавровых сварных соединений дуговой сваркой под слоем флюса на изготовленной лабораторной установке возможно.

2 Конструктивные элементы полученных сварных образцов соответствуют требованиям ГОСТ 14098–2014 к тавровым соединениям Т1-Мф.

3 Для подтверждения качества получаемых соединений необходимо произвести дальнейшие исследования механических свойств согласно ГОСТ 34028-2016.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бондаренко, В. М. Железобетонные и каменные конструкции / В. М. Бондаренко, Д. Г. Суворкин. – М. : Высшая школа, 1987. – 384 с.

2 Слышенков, С. О. О свариваемости арматуры класса А500С / Слышенков С.О., Дьячков В.В., Зборовский Л.А. /Промышленное и гражданское строительство. 2017. № 1. С. 78-82.

УДК 621.039.4
Музафаров Анвар Рустамович, магистр; Muzafarov Anvar Rustamovich
Никонов Сергей Павлович, кандидат технических наук, доцент;
Nikonov Sergei Pavlovich
Национальный исследовательский ядерный университет Московский инженерно физический институт (НИЯУ МИФИ)

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА ВВЭР-1000 ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ НЕРАБОТАЮЩЕЙ ПЕТЛИ ПРИ ТРЕХ РАБОТАЮЩИХ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СНИЖЕНИЯ МОЩНОСТИ

ANALYSIS OF CHANGING THE PARAMETERS OF THE VVER-1000 REACTOR WHEN CONNECTING A NON-OPERATING LOOP FOR THREE OPERATING WITHOUT A PRELIMINARY POWER REDUCTION

Аннотация. В данной статье анализируется переходный процесс, связанный с подключением неработающей петли к трем работающим от исходного уровня тепловой мощности реактора, равного 67 % от номинальной, без предварительного её снижения до 30 % , согласно регламенту. На примере реактора ВВЭР-1000.
Abstract. This article analyzes the transient process associated with connecting an idle loop to three operating from the initial level of reactor thermal power, equal to 67% of the nominal, without first reducing power to 30%, according to the regulation documents. On the example of the VVER-1000 reactor.
Ключевые слова: ATHLET, ГЦН, мощность, запас до кризиса, реактивностная авария, расчетная схема, реактор, парогенератор.
Keywords: ATHLET, MCP, power, reserve before the crisis, reactive accident, design scheme, reactor, steam generator.

Данный режим входит в раздел «Реактивностные аварии». Особенностью реактора ВВЭР-1000 (В-320) является азимутальная неравномерность распределения патрубков холодных и горячих ниток петель по периметру корпуса. Для расчетного моделирования использовался теплогидравлический системный код ATHLET (Analysis of Thermal-Hydraulics of LEaks and Transients) разработан в Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS GmbH). На сегодняшний день код с успехом используется в полной мере для российских реакторов типа ВВЭР. Примером этого являются работа [1].

Рассматривается переходный процесс, связанный с подключением неработающей петли при трех работающих из четырех без предварительного снижения мощности до 30% от номинальной согласно регламенту.

Величина тепловой мощности реактора до начала переходного процесса составляет 67% от номинального значения.

Предполагается, что не работают следующие системы: РОМ, АРМ, ПЗ-1, ПЗ-2, УПЗ, отказ на открытие всех БРУ-К и БРУ-А на первом парогенераторе и из трех систем САОЗ учитывается работа только одной системы.

В закрытом состоянии в петле №1, с отключенным ГЦН, имеется обратный реверс теплоносителя. То есть теплоноситель начинает двигаться с холодной к горячей нитке. Вследствие этого процесса температура в горячем патрубке становится ниже, чем в холодном. Это приводит к тому, что в выходную камеру реактора с горячим теплоносителем попадает холодный теплоноситель отключенной петли [2].

После подключения петли №1 происходит изменение температуры теплоносителя в горячих и холодных ветках. Быстрое снижение температуры теплоносителя на входе в реактор, приводит к скачкообразному увеличению мощности с 67 % до 79 % (рисунок 1). Повышение температуры теплоносителя на выходе из реактора увеличивает мощность парогенератора и расход пара через паропровод. В результате этого уменьшается масса питательной воды и увеличивается паросодержание в парогенераторе. Все это отражается на изменении полного весового уровня (рисунок 2) из-за уменьшения на более чем 500 мм срабатывает сигнал на блокировку ГЦН №1.

Петля отключается и система возвращается к исходному состоянию. Давление в первом контуре нормализуется в результате срабатывания системы поддержания давления в первом контуре.

Резкий скачок мощности повлек за собой изменение следующих параметров: рост температуры топлива, оболочки и снижение минимального запаса до кризиса с 3.86 до 3.50.

Весь расчет длился 1600 секунд, стационарный процесс (0-1000 сек), переходной процесс (1000-1600 сек). В показанных иллюстрациях стационарный процесс был пропущен, часть него была продемонстрирована в начале переходных процессов.

Была исследована реактивностная авария с подключением неработающей петли. Подобные работы помогают рассмотреть протекание переходных процессов в реакторных установках и при наличии неисправностей поправить их на стадии проектрования. Еще одной положительной стороной работы является разработка алгоритма действий для эксплатирующего персонала при возникновении схожих чрезвычайных обстоятельств. Выполненные расчеты показывают, что в рассматриваемом режиме сохраняется достаточный запас до кризиса теплообмена и повреждения твэл не происходит. Важно подчеркнуть, что работали только системы нормальной эксплуатации, которые работали в штатном режиме.

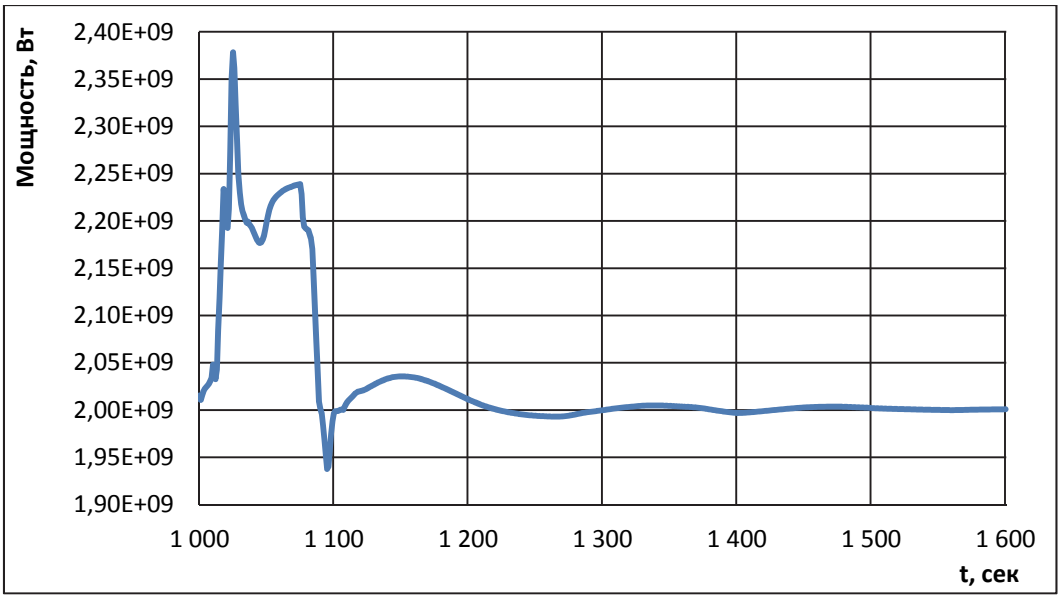


Рисунок 1 – Изменение мощности реактора при снижении температуры

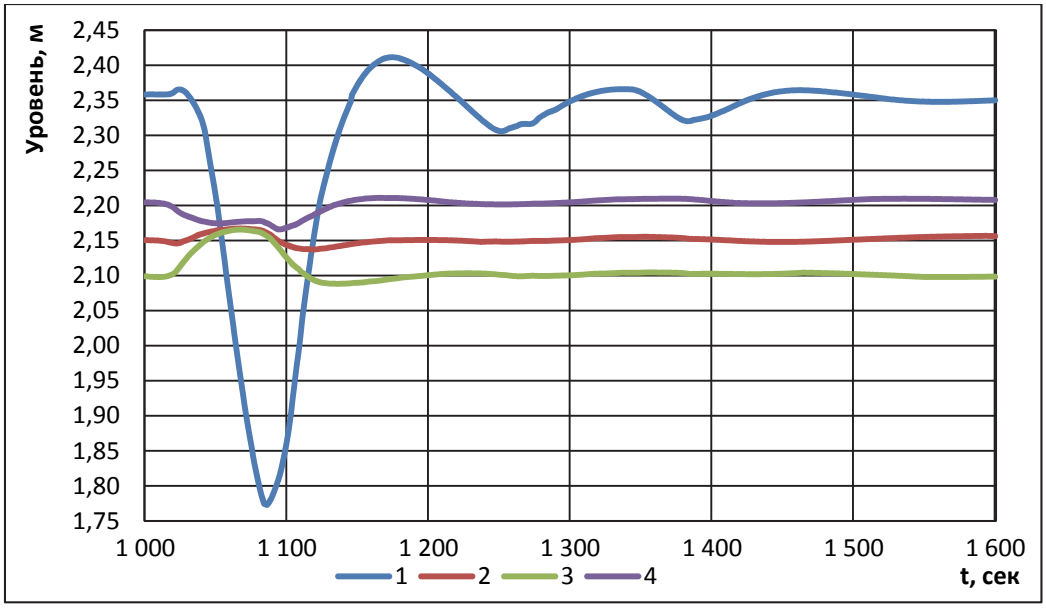


Рисунок 2 – Изменение полного весового уровня: 1-1-й парогенератор, 2-2-й парогенератор, 3-3-й парогенератор и 4-4-й парогенератор

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Nikonov S, Pautz A and Velkov K Detailed modeling of Kalinin-3 NPP VVER-1000 reactor pressure vessel by the coupled system code ATH-LET/BIPR-VVER, Int. Conf. on Mathematics and Computational Methods Applied to Nuclear Science and Engineering (M&C 2011), ISBN 978-85-63688-00-2, Rio de Janeiro, RJ, Brazil, May 8-12, 2011.

2. Витковский И.Л., Никонов С.П., Рясный С.И. Возможность подключения неработающего гцн при трех работающих без предварительного снижения мощности реактора энергоблока № 5 НВАЭС. Теплоэнергетика. 2014. № 2. С. 25.

УДК 621.9:519.8
Муравьева Виктория Федоровна, студент; Muravyova Victoria Fedorovna
Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук;
Sarilov Mikhail Yuryevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МЕТОДИКИ РЕМОНТА НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

PUMP EQUIPMENT REPAIR METHODS

Аннотация. Задачей данного проекта является рассмотрение диагностики технического состояния насоса, видов ремонта, дефектация деталей, методов выявления скрытых дефектов, последовательности ремонта насосного оборудования.
Abstract. The objective of this project is to review the diagnostics of the technical condition of the pump, types of repair, fault detection of parts, methods for identifying hidden defects, and the repair sequence of pumping equipment.
Ключевые слова: диагностирование, насосное оборудование, частотные преобразователи.
Keywords: diagnostics, pumping equipment, frequency converters.

На основе теоретического изучения были сделаны следующие выводы, для безопасности и долговременной работы необходимо осуществлять вовремя ремонт насосного оборудования.

Среди методов, гарантирующих повышение производительности работы и срока службы насосного оборудования, всё более распространенными становится применение частотных преобразователей. Осуществление контроля по подъему или уменьшению частоты вращения вала способствует:

1. экономии до 60% электро и до 10% тепловой энергии;
2. уменьшению до 5% потерь жидкости;
3. более безопасной защите электропривода;
4. повышению почти вдвое прочности насосного оборудования

Исходя из этого, обретание преобразователя частоты преимущественно не только для значительной экономии энергозатрат, но и за счёт возможности предотвращения быстрого износа деталей и узлов насоса, устранение аварий и простоя технического оснащения. Причём эффективность от использования преобразователя частоты, увеличивается в случае его установлении на новые насосы при их вводе в использование, что устраняет риск повреждения вала на этапе пуско-наладочных работ.

На рисунке 1 приведена диаграмма, на которой показано долевое распределение повреждений по элементам конструкции насосов.

Система обнаружения дефектов деталей, деляться на два вида - визуальные и измерительные. Выявление скрытых дефектов построено на применении следующих методов: ультразвукового, магнитного, люминесцентного, капилярного.

После того как выявлено техническое состояние деталей, их разделяют на три группы:

1. к первой принадлежат годные детали, размеры которых в пределах допустимых значений.
2. ко второй принадлежат доступные ремонту детали, износ и неисправности которых могут быть устранены.
3. к третьей принадлежат детали негодные, возобновить которые невозможно или экономически нецелесообразно. Их отправляют на склад металлолома.

Чтобы не путать детали разных групп годности, их обозначают краской: годные - зеленой или желтой; надлежащие ремонту - белой или синей; негодные - красной.

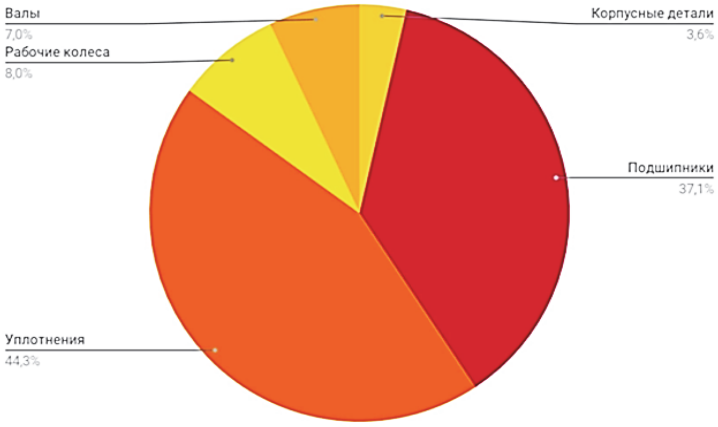


Рисунок 1 - Долевое распределение повреждений по элементам конструкции насосов

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Краснов В. И. Ремонт центробежных и поршневых насосов нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий: Справ, изд /Краснов В.И., Жильцов А. М., Набережнев В. В. -Москва: Химия, 1996. — 320 с. ил.

2 Богданов, Е. Л. Основы технической диагностики нефтегазового оборудования: Учеб. пособие для вузов / Е. А. Богданов. — Москва: Высш. шк., 2006. — 279 с: ил.

3 Коршак А.А Диагностика объектов нефтеперерабатывающих станций: Учебное пособие / А.А. Коршак, Л.Р. Байкова. – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2008. – 176 с.

УДК 66.02/.04 (075.8)
Новицкий Александр Сергеевич, студент; Alexander Sergeevich Novitsky
Козлита Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент;
Alexander Nikolaevich Kozlita
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ МОНТАЖНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D ГРАФИКИ

CALCULATION ON DURABILITY OF INSTALLATION FACILITY WITH APPLICATION OF 3D GRAPHICS

Аннотация. В данной работе представлен расчет на прочность монтажного приспособления на примере грузоподъёмной траверсы, с использованием 3D графики в специальной программе.
Abstract. This paper presents a calculation of the strength of the mounting fixture using the example of a lifting beam, using 3D graphics in a special program.
Ключевые слова: расчет на прочность, 3D графика, монтажное приспособление, линейная траверса, специальные программы.
Keywords: strength calculation, 3D graphics, mounting device, linear crosshead, special programs.

Мы живем в век цифровых технологий. Появилось множество программ, которые улучшают работу конструктора, одна из таких SolidWorks. У программы множество функциональных возможностей. Одна из возможностей SolidWorks Simulation – это приложение для SolidWorks которая позволяет выполнять самые разные инженерные расчеты, включая расчет на прочность конструкций.

Визуальная информация в виде 3D графики воспринимается лучше, чем цифровые значения, формулы. 3D-модель содержит наиболее полное описание физических свойств объекта (объем, масса, моменты инерции) и дает возможность работы в виртуальном 3D-пространстве, что позволяет на самом высоком уровне приблизить компьютерную модель к облику будущего изделия, исключая этап макетирования.

В качестве монтажного приспособления выберем монтажную линейную траверсу (рисунок 1), с помощью которой производят подъем и перемещение различных грузов. Сконструируем простую траверсу, в качестве несущего профиля выберем два швеллера с центральной проушиной и двух нижних боковых. В процессе моделирования мы можем сразу проверить конструкцию на прочность, и в случае ошибки внести нужные коррективы.

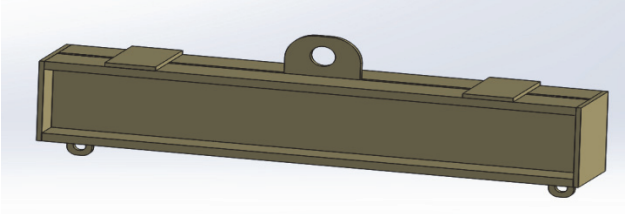


Рисунок 1 – 3D модель траверсы

Выполнение исследования линейной траверсы на прочность осуществляется в следующей последовательности: 1) Выбрать статический анализ. 2) Задаем материал конструкции. 3) Закрепить неподвижно траверсу. 4) Добавляем внешние нагрузки в исследование (силу). 5) Выбираем место воздействия силы на траверсу. 6) Создаем сетку исследования конструкции (рисунок 2). 7) Запускаем исследование на прочность.

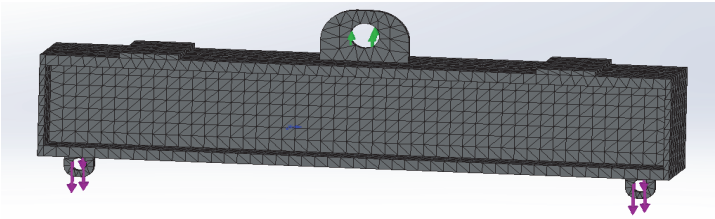


Рисунок 2 - Сетка исследования

На основе анализа программы по шкале справа можно увидеть, как на конструкцию воздействует напряжение, перемещение, деформация. Визуально по цвету показано, где идет максимальное и минимальное напряжение траверсы (рисунок 3), перемещение (рисунок 4), зоны деформации (рисунок 5). Также можно посмотреть минимальный коэффициент запаса прочности (рисунок 6) чтобы убедиться, выдержит ли траверса заданную нагрузку.

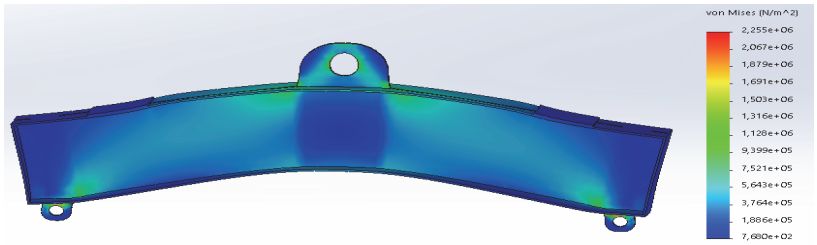


Рисунок 3 - Напряжение

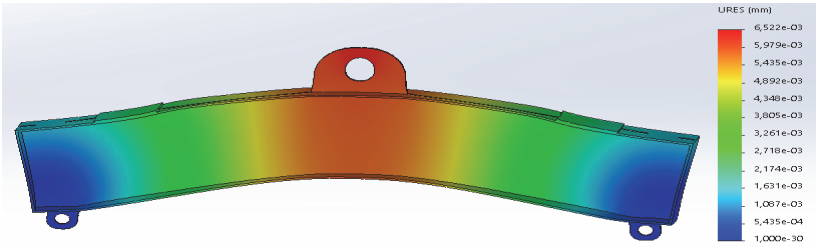


Рисунок 4 - Перемещение

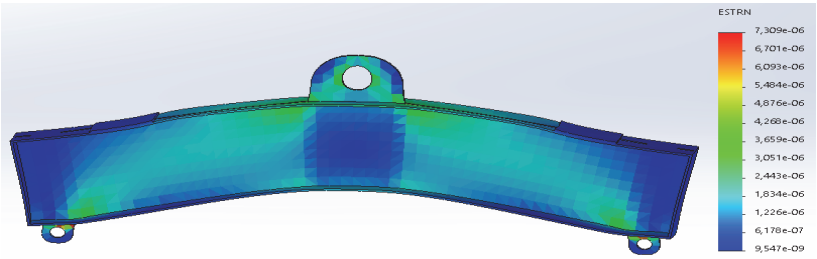


Рисунок 5 - Деформация

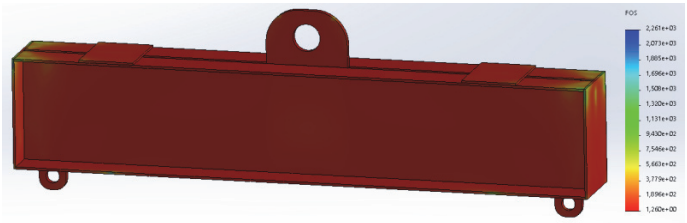


Рисунок 6 – Минимальный коэффициент запаса прочности

Таким образом результатом работы является моделирование и расчет на прочность монтажного приспособления. Представлена одна из возможностей применением 3D графики современных технологий CAD программ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алямовский, А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation / А. А. Алямовский – М.: ДМК Пресс, 2010 – 463 с.

2 Дударева, Н. Ю., С. А. Загайко. SolidWorks 2011 на примерах / Н. Ю. Дударева, С. А. Загайко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011 – 496 с.

УДК 621.941.1

Осипов Владимир Вячеславович, студент; Osipov Vladimir Vyacheslavovich
Серебренникова Анжела Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент; Anzhela Gennadjevna Serebrennikova
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

СТАЛЬ 06Х14Н6Д2МБТ-Ш (ЭП817-Ш): ЦЕЛИ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПЛАН ЭКСПЕРИМЕНТА, РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ, ИНСТРУМЕНТЫ

STEEL 06Х14Н6Д2МБТ-Ш (ЭП817-Ш): GOALS, RESEARCH OBJECTIVES, EXPERIMENTAL DESIGN, MODES, TOOLS

Аннотация. Для уменьшения себестоимости изготовления изделий, а также повышения производительности и конкурентноспособности машиностроительных производств, применяют различные методы механической обработки, зачастую дорогостоящие как покупка современного оборудования. В данной статье рассмотрен менее дорогостоящий метод, а именно: описан план эксперимента, который в результате позволит подобрать оптимальные режимы резания нержавеющей самолетостроительной стали 06Х14Н6Д2МБТ-Ш (ЭП817-Ш).

Abstract. To reduce the cost of manufacturing products, as well as increase productivity and competitiveness of machine-building industries, various mechanical processing methods are used, often expensive as the purchase of modern equipment. This article discusses a less expensive method, namely: the ex-

perimental design is described, which as a result will allow you to choose the optimal cutting conditions for stainless steel 06Х14Н6Д2МБТ-Ш (ЭП817-Ш).
Ключевые слова: пластина, нержавеющая сталь, токарная обработка, державка.
Keywords*:* plate, stainless steel, turning, holder.

Нержавеющая сталь 06Х14Н6Д2МБТ-Ш применяется для производства сортового проката и штамповок, деталей и узлов техники специального назначения, нагруженных самолетных узлов. Рекомендуется для изготовления нагруженных самолетных узлов (детали, изготовленные из штамповок, поковок, прессованных профилей), работающих при температурах от -70°С до +300°С в общеклиматических условиях в контакте с топливом. Тем самым, можно сказать, что сталь ЭП-817Ш была создана для авиационной промышленности.

Наличие легирующих элементов, благодаря которым данные стали приобрели полезные свойства, усложняют механическую обработку [1]. Можно выделить пять основных проблем, которые необходимо учесть при обработке нержавеющей стали:

1) деформационное упрочнение;

2) ограниченный ресурс рабочего инструмента;

3) удаление стружки;

4) образование заусенцев;

5) влияние химических элементов на обрабатываемость;

Цель работы: повышение производительности токарной обработки нержавеющей стали 06Х14Н6Д2МБТ-Ш (ЭП-818Ш) путем подбора оптимальных условий резания.

Задачи:

1) Определить выходные параметры процесса точения нержавеющих сталей 06Х14Н6Д2МБТ-Ш;

2) Установить зависимости выходных параметров точения от выбранных режимов обработки нержавеющих сталей 06Х14Н6Д2МБТ-Ш;

3) Проанализировать полученные зависимости выходных параметров точения от выбранных режимов обработки нержавеющих сталей 06Х14Н6Д2МБТ-Ш;

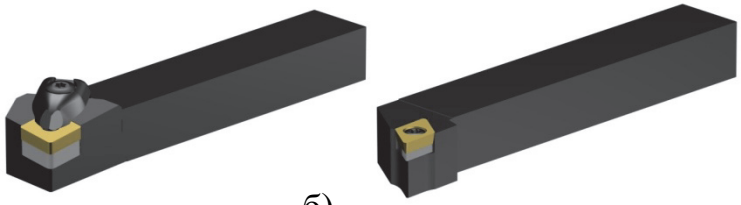
4) Определить диапазон режимов обработки высокопроизводительного точения нержавеющих сталей 06Х14Н6Д2МБТ-Ш.

План эксперимента:

1) Произвести токарную обработку нержавеющей стали 06Х14Н6Д2МБТ-Ш на станке с ЧПУ DMG NEF 400 на рекомендуемых производителем режимах (таблица 1) с помощью следующего режущего инструмента, который показан на рисунке 1-2:

Таблица 1 – Режимы механической обработки

Пластина CNMG 12 04 08_MM 1115			Пластина DCGT 11 T3 04 UM 1115		
Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Глубина резания, мм
0,1	170	2,5	0.1	160	2
0,2			0.2		
0,3			0.3		
0,2	140	2,5	0.2	120	2
	160			140	
	180			180	
	200			200	
0,2	170	1,5		220	
		3,5	0.2	200	1.5
		4,5			2.5
Пластина CNMG 12 04 08 MM 2025			Пластина DCMT 11 T3 08 MM 2025		
0.2	80	2.5	0.1	160	2
0.4			0.2		
0.3			0.3		
0.2	55		0.2	120	2
	120			140	
	140			180	
	160			200	
	180			220	
	160	1.5	0.2	200	1.5
		3.5			2.5



а) б)

а) Державка DCLNL 2020K-12; б) Державка SDJCL 2020K-11

Рисунок 1 – Державки токарных резцов

На державку DCLNL 2020K 12 планируется закрепить пластины CNMG_12_04_08_MM_1115 и CNMG_12_04_08_MM_2025, а на державку SDJCL 2020K-11 планируется закрепить пластины DCGT_11_T3_04_UM_1115 и DCMT_11_T3_08_MM_2025.

а) б) в) г)

а) пластина DCGT_11_T3_04_UM_1115; б) пластина DCMT_11_T3_08_MM_20250; в) пластина CNMG_12_04_08_MM_1115; г) пластина CNMG_12_04_08_MM_2025.

Рисунок 2 – Металлорежущие пластины

2) В процессе точения, планируется записывать силы резания с помощью программы DynoWare и динамометра Kistler 9129AA.

3) При помощью комплекса MAL CutPro определить и настроить частотные характеристики всей системы: станок-заготовка-инструмент.

5) В процессе точения записать видео тепловизионной камерой FLIR SC7700 для регистрации температуры резания.

4) С помощью программного обеспечения Microsoft Excel внести в таблицы полученные данные, построить графики зависимостей для подбора диапазонов.

Вывод. В результате эксперимента будут получены данные, оформлены графики зависимостей, с помощью которых возможно определить оптимальные режимы точения нержавеющей стали, которые помогут повысить производительность обработки, тем самым снизить себестоимость изделия, за счет чего увеличить конкурентноспособность на рынке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Современные проблемы науки в области технологии машиностроения: Учеб. пособие для вузов/ А. Д. Никифоров.-М.:Высш. шк., 2006. – 392 с.

УДК 621.6

Писаная Елена Александровна, студент; Pisanaya Elena Alexandrovna
Ступин Александр Валерьевич, кандидат технических наук, доцент;
Stupin Alexander Valerievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Komsomolsk-on-Amur State University

ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

DIAGNOSTIC SUPPORT OF THE TANK OF THE OIL REFINING FACTORY

Аннотация. В статье рассмотрены проблемы обеспечения безопасной эксплуатации. Проанализированы применяемые методы неразрушающего контроля для оценки технического состояния оборудования резервуарных парков нефтегазовой отрасли. Намечены пути повышения достоверности мониторинга и диагностики технологического оборудования.

Abstract. The article discusses the problems of ensuring safe operation. The applied non-destructive testing methods for assessing the technical condition of the equipment of tank farms in the oil and gas industry are analyzed. The ways of increasing the reliability of monitoring and diagnostics of technological equipment are outlined.

Ключевые слова: вертикальные стальные резервуары, техническое состояние, методы неразрушающего контроля, безопасная эксплуатация.
Keywords: vertical steel tanks, technical condition, non-destructive testing methods, safe operation.

Важной проблемой безопасной эксплуатации резервуарных парков нефтегазовой отрасли в настоящее время является их физический и моральный износ (90 %). Несмотря на снижение объемов добычи нефти, вызванное различными причинами, большая часть резервуарного парка продолжает активно эксплуатироваться. В возникшей ситуации повышается роль оценки технического состояния резервуарных парков для обеспечения необходимого уровня эксплуатационной надежности и промышленной безопасности нефтегазового комплекса в целом.

Так как ввод в эксплуатацию новых резервуаров, в частности вертикальных стальных резервуаров (РВС), представляет собой длительный процесс и сопряжен со значительными затратами появляется задача поддержания в исправном техническом состоянии имеющиеся объекты за счет внедрения современных средств диагностирования. Анализ нормативно-технической документации по техническому диагностированию РВС показывает, что традиционные методы неразрушающего контроля (НК), применяемые в настоящее время (рентгенография, ультразвуковая толщинометрия и дефектоскопия, капиллярные, магнитные и другие методы НК) и направленные на обнаружение дефектов, образовавшихся в процессе эксплуатации резервуаров, не обеспечивают в достаточной мере реальную оценку технического состояния контролируемых объектов. Нужны новые подходы, использование современных методов контроля, например, использование оборудования вихретокового НК на основе вихретоковых матриц.

В процессе обследования резервуаров выявляются следующие виды неисправностей [1]:

– дефекты в металле и сварных соединениях;

– изменение геометрических размеров и формы элементов резервуара;

– изменение структуры и механических свойств металла;

– нарушение герметичности листовых конструкций.

Нарушение прочности и герметичности элементов РВС в большинстве случаев вызвано совокупностью ряда неблагоприятных факторов. РВС представляют собой металлоконструкции, находящиеся в сложном напряженном деформированном состоянии вследствие воздействия гидростатического давления, температурных деформаций, ветровой и снеговой нагрузок, а также и осадки [2, 3]. В результате совокупного влияния перечисленных выше факторов, возникающих в процессе эксплуатации РВС, появляются различного рода неисправности, обнаружение которых и является задачей проведения мониторинга и диагностирования данных объектов.

Для решения проблемы обеспечения безопасной эксплуатации резервуарного парка, проанализированы статьи ряда авторов. В работе [4]

авторы предлагают способ акустико-эмиссионного (АЭ) контроля для сокращения экономических затрат на определение технического состояния контролируемых объектов (ОК). В предлагаемом способе, в отличие от обычного метода АЭ неразрушающего контроля, создается напряженно-деформированное состояние тепловым воздействием на контролируемую поверхность заранее выбранного участка с высокой вероятностью возникновения дефектов. Воздействие низкими температурами на материал ОК существенно повышает вероятность обнаружения дефектов.

В работе [5] проведены исследования с использованием в качестве охладителя сухого льда. Данные исследования подтвердили повышение достоверности обнаружения дефектов металла ОК. Сущность предлагаемого метода заключается в том, что на заранее выбранном участке РВС создается напряженно-деформированное состояние охлаждением контролируемой поверхности сухим льдом, что исключает регистрацию ложных акустических шумов. Предложенный метод можно использовать для обследования, как днища резервуара, так и его стенок. Создание напряженного состояния сухим льдом стенок резервуара предлагается осуществлять с помощью разборных апаловок из легких материалов, не затрудняющих их установку. После загрузки оксида углерода в пространство между стенкой и апаловкой осуществляется АЭ контроль с использованием преобразователей акустической эмиссии не подверженных влиянию низких температур.

Повысить эффективность и безопасность эксплуатации резервуарных парков можно за счет внедрения систем комплексного компьютерного мониторинга, например, систему мониторинга статического оборудования КОМПАКС на основе акустико-эмиссионного метода неразрушающего контроля. Система КОМПАКС-АЭ, внедренная на ряде предприятий нефтегазовой отрасли, позволяет в автоматическом режиме проводить контроль состояния материала, определять местоположение и вид источников акустической эмиссии. При зарождении и развитии дефекта система в автоматическом режиме распознает характер дефекта, указывает его месторасположение, скорость его развития и степень опасности. Это позволяет своевременно принимать необходимые меры по предотвращению развития аварийных ситуаций.

В работе [6] авторы предлагают для мониторинга технического состояния вертикальных стальных резервуаров (РВС) использовать диагностический комплекс, в состав которого входят специализированное оборудование различных видов неразрушающего контроля и соответствующее программное обеспечение. Данный комплекс позволяет осуществлять оценку технического состояния РВС, не нарушая защитного покрытия резервуаров. В диагностическом комплексе реализуются:

- системы акустической эмиссии «Disp» и «Samos» с преобразователями «PAC»;
- ультразвуковой дефектоскоп с использованием технологии фазированных решеток «OmniScan»;

– магнитный дефектоскоп ИНТРОКОР М-150, состоящий из сканера с магнитными преобразователями и датчиком перемещения, регистрационного блока и программного обеспечения «Wintrocor», позволяющего осуществлять визуализацию и обработку результатов неразрушающего контроля на персональном компьютере.

В диагностическом комплексе предлагается также использовать средства диагностирования, применяемые при контроле РВС со снятием покрытия, например, толщиномер ультразвуковой MG2 компании Panametrics-NDT, малогабаритную измерительную ультразвуковую установку серии «Сканер» и другие средства неразрушающего контроля, реализующие различные методы.

Применение акустико-эмиссионного комплекса позволяет выявлять зарождающиеся дефекты в металле стенок резервуара за счет использования многоканальных АЭ систем, позволяющих одновременную регистрацию и обработку сигналов акустической эмиссии. Регистрация акустических волн, излучаемых конструкциями контролируемых объектов в нагруженном состоянии, позволяет локализовать источники акустической эмиссии в местах стенок РВС, недоступных для обследования другими методами неразрушающего контроля. Это позволяет установить новые участки аномалий, которые в дальнейшем подвергаются другим видам контроля с целью уточнения координат дефектов, оценки их размеров.

Подводя итог, можно сделать вывод, что задача повышения безопасной эксплуатации РВС остается актуальной, появляются новые диагностические комплексы, совершенствуются методы диагностирования, внедряются системы автоматизированного мониторинга технического состояния.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Карпусь, Н. И. Анализ риска вертикальных стальных резервуаров // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2015. – № 1. – С. 27-31.

2 Карпусь, Н. И. Анализ факторов, влияющих на риск резервуарных конструкций // Управление качеством в нефтегазовом комплексе. – 2014. – № 2. – С. 50–53.

3 Мурзаханов, Г. Х. Анализ напряженно деформированного состояния резервуаров в непроектных условиях эксплуатации / Г. Х. Мурзаханов, А. С. Марницын // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса : науч.-техн. журн. – М. : ОАО «ВНИИОЭНГ», 2012. – № 2. – С. 35–40.

4 Федосов, А. В. Диагностирование вертикальных стальных резервуаров как инструмент повышения безопасности эксплуатации объектов нефтегазовой отрасли / А. В.Федосов, Н. Х. Абдрахманов, Н. В. Вадулина, Д. Ф. Хафизова, К. Н. Абдрахманова // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – № 12. – С. 75-81.

5 Большаков А. М. Характер отказов резервуаров для хранения нефтепродуктов, эксплуатирующихся в условиях Севера по принципу плоскостных и объемных дефектов / А. М. Большаков, Я. М. Андреев // Материалы МК «ЖиКМ». – М. : 22–24 октября 2012. – М. : ИМАШ РАН, 2012. – С. 12–13.

6 Тарасенко, А. А. Технология диагностики вертикальных стальных резервуаров без снятия антикоррозионного покрытия / А. А. Тарасенко, П. В. Чепур, А.Е. Шарков, Д. А. Гретченко // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-8. – С. 1703-1708.

УДК 621.5.045
Приходько Дарья Вадимовна, студентка; Prichodko Daria Vadimovna
Шишкин Борис Васильевич, кандидат технических наук;
Shishkin Boris Vasilievich
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

ВЛИЯНИЕ ВЕСОВОЙ ДОЛИ ПАРОВ В ТЕПЛООБМЕННОМ АППАРАТЕ НА АМПЛИТУДУ КОЛЕБАНИЙ ТРУБ

INFLUENCE OF WEIGHT SHARE GAS IN THE DEVICE ON AMPLITUDE OF FLUCTUATIONS OF PIPES

Аннотация. В статье приведены результаты динамического расчета кожухотрубчатого теплообменного аппарата с использованием программного продукта. Приведена зависимость амплитуды колебаний труб в пучке теплообменного аппарата от весовой доли паров в межтрубном пространстве.
Abstract. In article results of dynamic calculation кожухотрубчатого теплообменного the device with use of software are given. Dependence of amplitude of fluctuations of pipes in a bunch the device from a weight share gas in intertrumpet space is given.
Ключевые слова: аппарат, трубы, колебания.
Keywords: the device, pipes, fluctuations.

Для решения инженерных задач проектирования и конструирования кожухотрубчатых теплообменных аппаратов с учетом вибраций его узлов (труб, перегородок) используется известный программный продукт HTRI Xchanger Suite v5.00. В модели при определении вибрационных характеристик труба рассматриваются как стержень с равномерно распределенной массой, защемленный по концам и шарнирно опертый [1]. Стержень защемлен в трубной решетке. В качестве опор рассматриваются поперечные перегородки. Расчет вибрации труб в кожухотрубчатом теплообменнике в представленном программном продукте выполняется при запуске команды «New Shell and Tube Exchanger» меню «File». Все необходи-

мые действия проводятся в области «Process Conditions». Здесь назначаются режимы теплообменного процесса в аппарате. Слева от вертикальной черты необходимо указать режимы течения для горячего теплоносителя, который рекомендуется подать в трубы, справа от вертикальной черты – для холодного теплоносителя, который окажется в межтрубном пространстве кожуха.

Начальная строка области «Process Conditions» определяет величину расхода теплоносителя через трубы (Hot Tube) и межтрубное пространство (Cold Shell). Принятая размерность расхода – килограмм в секунду (кг/с). Вторая строка сверху указывает весовую долю паров Y (безразмерная величина). В программе принято обозначение Y: в числителе – на входе в теплообменный аппарата, а в знаменателе – на выходе из него. Для выполнения расчетов необходимо указать весовую долю паров Y для горячего и холодного теплоносителя. В третьей строка сверху из области «Process Conditions» необходимо указать температуры протекающих в аппарате теплоносителей. В программе размерность температуры – градусы шкалы Цельсия (при необходимости – шкалы Фаренгейта). По-прежнему приняты обозначения режимов: в числителе – температура на входе в теплообменный аппарат, в знаменателе – на выходе из него. Четвертая сверху строка из области «Process Conditions» указывает давление горячего и холодного теплоносителей. Здесь в диалоговых окнах в числителе указывается давление теплоносителя на входе в аппарат (кПа), в знаменателе – допускаемое отклонение. Последняя пятая строка сверху определяет особенности работы теплообменного аппарата при загрязнении поверхности труб. При загрязнении труб изнутри (слева от вертикальной черты) и внешней поверхности (справа от вертикальной черты) назначается величина дополнительного теплового сопротивления стенки трубы в квадратных метрах-кельвинах на ватт ($м^2 \cdot К/Вт$, здесь К – градусы шкалы Кельвина).

Рассмотрим в качестве примера вертикальный кожухотрубчатый теплообменный аппарат с диаметром кожуха 600 мм выполненный по схеме B-E-M (стандарт TEMA). Использованы трубы диаметром 25,4 мм с шагом 31,7 мм. В диалоговом окне «Components» определяем вариант используемой жидкости – вода. Результаты расчета основных параметров теплообменного аппарата представлены в окне «Output Summary».

При небольших значениях весовой доли паров Y (меньше 5%) амплитуда колебаний труб столь незначительна, что не сказывается на работе аппарата. В таблице 1 указаны расчетные значения амплитуды колебаний при возрастании весовой доли паров Y до 50% . Прослеживается рост амплитуды колебания труб при увеличении весовой доли паров Y. Выявленная зависимость носит нелинейный характер.

Таблица 1Зависимость амплитуды колебаний труб от весовой доли паров Y

Весовая доля паров Y, %	10	15	20	30	40	50
Амплитуда колебаний труб, м	0,0010	0,0017	0,0025	0,0030	0,0035	0,0040

Результаты расчетов динамики кожухотрубчатых теплообменных аппаратов показали, что при значении весовой доли паров 40% и более, амплитуда колебаний труб может вызвать нарушение плотности в соединениях [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теплообменники энергетических установок : учеб. для вузов / под ред. Ю. М. Бродова. – Екатеринбург : Изд-во «Сократ», 2002. – 968 с.

УДК. 622.692.23.004.6.

Редько Константин Васильевич студент; Redko Konstantin Vasilyevich
Сарилов Михаил Юрьевич кандидат технических наук, доцент;
Sarilov Mikhail Yurievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

БЛОК НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ИЗОМЕРИЗАЦИИ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА НА ПРОЦЕССЕ “ИЗОМАЛК-2”

LOW-TEMPERATURE ISOMERIZATION BLOCK OF THE CATALYTIC REFORMING UNIT AT THE "ISOMALK-2" PROCESS

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию сущности процесса изомеризации. В работе представлен процесс развития изомеризации в России.
Abstract. This article is devoted to the study ofthe essence of the isomerization process. The paper presents the development of isomerization in Russia.
Ключевые слова: каталитическая изомеризации, перспективы развития процесса изомеризации.
Keywords: catalytic isomerization, prospects of development of process of an isomerization.

Целью осуществления каталитической изомеризации является превращение низкооктановых, прямых и нормальных алканов в их разветвленную цепную изоструктуру с высоким октановым числом.

Повышение мощности по производству высокооктановых компонентов моторных топлив выполняется по двум базовым направлениям: за счет реконструкции установок каталитического риформинга и дальнейшего перевода этих установок на процесс каталитической изомеризации; проектирование и внедрение в работу новых установок.

Существует три типа ведения процесса промышленной изомеризации:

1) высокотемпературная изомеризация при температуре 360-440°С на фторированных алюмоплатиновых катализаторах;

2) среднетемературная изомеризация при температуре 250-300°С на цеолитных катализаторах;

3) низкотемпературная изомеризация при температуре 180-210°С на сульфатированных оксидах металлов;

4) изомеризация на оксиде алюминия, которому способствует хлором при температуре 120-180°С.

Схемы, предлагаемые для исполнения вышеприведенных процессов, в общем похожи друг на друга. Разница между процессами изомеризации определяется лишь в выборе катализатора с его эксплуатационными характеристиками. Температура проведения процесса влияет на октановое число вырабатываемого товарного продукта.

Как уже отмечалось, схемы изомеризации в большинстве своем аналогичны, разнятся в применение катализатора и температурного режима. Все же есть возможность внедрить в ту или иную схему различных колонн, которые повлияют на октановое число продукта путем рецикла, то есть выводить из конечного изомеризата малооктановые компоненты, не прореагировавшие соединения, на дальнейшую переработку.

В зависимости от используемой схемы производства октановое число коммерческого изомеризата может варьироваться в широких пределах. Например, для схемы" за проход " можно получить изомеризат с октановым числом около 80, для схем, использующих предварительную деизопентанизацию сырья и рециркуляцию непрореагировавших веществ, октановое число может достигать 90-92 баллов. Основными разработчиками процессов изомеризации являются Axens, Universal Oil Products, SüdChemie, ОАО "НПП Нефтехим".

Сегодня лидером в области лицензирования технологий изомеризации является американская компания Universal Oil Products. Технологии компании используются в более чем 220 установках по всему миру. Из них около 120 единиц работают на процессе Penex, 60 единиц - на цеолитных катализаторах (TIP process) и чуть более 10 единиц-на процессе Par-Isom. Около 30 установок по всему миру лицензированы Axens, и чуть более 20 были построены с использованием технологии SüdChemie. Отечественным лицензиаром процесса изомеризации является ОАО "НПП Нефтехим", на рынке которого представлен процесс Изомальк-2. Этот процесс используется не только в России, но есть также одна установка в Украине и Румынии. Чтобы получить представление о составе бензинового фонда в нашей стране, давайте рассмотрим состав бензинового фонда в США, России и Европе, представленный в табл.1 [1].

Таблица 1

Бензины	Россия	Европа	США
Название	В %		
Бензин кат. риформинга	54,1	52,0	34,0
Бензин кат. крекинга	20,0	25,5	35,5
Изомеризат	1,5	4,0	5,0
Алкилат	0,3	4,0	11,0
Оксигенаты	0,2	2,0	3,5
Бутаны	5,7	6,0	7,0
Прочее	18,2	6,5	4,0

Как видно из приведенной выше таблицы, Россия отстает от США и европейских стран по содержанию в бензиновом изомератном Фонде (1,5% в России и 4,0% и 5,0% в Европе и США соответственно). Можно сделать вывод, что в нашей стране существует большой потенциал для развития процесса изомеризации. В настоящее время наблюдается заметная тенденция к увеличению количества единиц изомеризации, что связано со значительными ограничениями действующего законодательства относительно содержания ароматических углеводородов и бензола в бензине. Производители сталкиваются с острой проблемой нехватки высокооктановых компонентов моторных топлив, так как из-за ограничений заводы не могут использовать бензин каталитического риформинга в тех объемах, в которых они его использовали раньше.

В связи с постепенным переходом отечественных моторных топлив на стандарты" Евро-4 "и" Евро-5 " в нашей стране наметилась тенденция к строительству и вводу в эксплуатацию новых установок изомеризации и глубокой модернизации существующих. Так, если в 2009 году в стране насчитывалось около 13 заводов по изомеризации, то к 2014 году количество действующих заводов и тех, что находятся в проекте, достигло 23.

СПИСОК. ИСПОЛЬЗОВАННЫХ. ИСТОЧНИКОВ.

1. Ясакова, Е.А. Тенденции развития процесса изомеризации в России и за рубежом / Е.А Ясакова // Нефтегазовое дело. – 2010. - № 7. – С.1-19.

2. Горда, Е.О. Исследование влияния рециркуляции нормальных углеводородов на эффективность процесса изомеризации / Е.О. Горда // Проблемы геологии и освоения недр. – 2011. - № 3. – С.151-153.

3. РД ФГБОУ ВО «КнАГТУ» 013-2016 Текстовые студенческие работы. Правила оформления. – Введ. 2016-03-10. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ». 2016. – 55 с.

УДК 66.02(075)

Решетник Ульяна Евгеньевна, студент; Reshetnik Uliana Evgenevna
Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор;
Mikhail Yurievich Sarilov
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Komsomolsk-on-Amur state University

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

CALCULATION METHOD FOR CENTRIFUGAL PUMPS

Аннотация. В статье с помощью теоретических методов и литературных источников представлен анализ патентного поиска, выявлены преимущества и недостатки элементов конструкции центробежных насосов, предложен самый оптимальный способ расчета центробежных насосов.

Abstract. The article uses theoretical methods and literature sources to analyze the patent search , identify the advantages and disadvantages of design elements

of centrifugal pumps, and propose the most optimal method for calculating centrifugal pumps.
Ключевые слова: насос, эффективность расчета, конструктивные элементы, эластичные кольца.
Keywords: pump, calculation efficiency, structural elements, elastic rings.

В современном высокотехнологичном и индустриально-развитом мире машиностроение является одной из главнейших отраслей промышленного производства. Скорость развития научно-технического прогресса в разных сторонах народного хозяйства напрямую зависит от уровня развитости машиностроительной индустрии, которая постоянно работает над созданием основных производственных фондов-орудий труда [1, 2].

В химической промышленности важно транспортировать жидкие и газообразные продукты по трубопроводам внутри и снаружи установки между отдельными устройствами, для этого используют центробежные насосы, представляющие собой гидравлическую машину, предназначенную для перекачки жидкостей, циркулирующих по трубопроводам под высоким давлением. Эффективность, а также экономичность насосов в большей степени зависят от конструкции его части, планированию которой уделяют большое внимание. Несмотря на то, что насосы центробежного типа относятся к надежным устройствам, используемым для перекачивания жидкости, им тоже может потребоваться ремонт. Не всегда причиной неисправностей центробежных насосов становится неправильная эксплуатация, связано это может быть и с качеством перекачиваемой среды, и с невозможностью организации полной герметичности конструкции, а также целым рядом других факторов.

В технологии ремонтов центробежных насосов, которая имеется на сегодняшний день, ремонт насосов производится преимущественно с применением ручного труда. В имеющемся технологическом процессе очень часто приходиться сталкиваться с ситуацией по восстановлению работоспособности основных узлов центробежных агрегатов. Чтобы успешно произвести решение поставленной задачи, используются станочно-парковое хозяйство ремонтно-механического цеха и оптимальный способ расчета центробежных насосов.

Основные параметры, характеризующие работу насосов (подача, напор или давление), а также плотность подаваемой среды определяют энергию, сообщаемую насосом потоку жидкости.

Международной системой единиц СИ введено понятие массовой подачи насосом жидкости в единицу времени, кг/с:

$$M = pQ,$$

где p - плотность жидкости, кг/м^3;

Q - объемная подача насоса, м^3/с.

Подача насоса зависит от размеров и скоростей движения его рабочих органов, а также от характеристики трубопроводной системы, в которую он включен.

По ГОСТ 17398-72 «Насосы. Термины и определения» [3] давление, развиваемое насосом, определяется зависимостью:

$$P = P_k - P_H + \frac{C_К^2 - C_Н^2}{2} p + pg(Z_к - Z_н), \quad (1)$$

где $P_н$ и $P_к$ — соответственно абсолютные давления на входе в насос (начальное) и на выходе из него (конечное), Па;

$C_н$ и $C_к$ - средние скорости потока на входе и выходе, м/с;

g — ускорение свободного падения, м/с^2;

$Z_Н$ и $Z_К$ - высота расположения центров входного и выходного сечений насоса, м.

Государственный стандарт установил понятие напора как величину, связанную с давлением соотношением:

$$H = p/(pg).$$

Разделив все члены уравнения (1) на pg, получим выражение полного напора Н, м, развиваемого насосом;

$$H = \frac{P_к - P_Н}{pg} + \frac{C_К^2 - C_Н^2}{2g} + (Z_К - Z_Н). \quad (2)$$

Это одна из форм записи выражения напора как величины, исчисляемой в единицах длины, что вполне согласуется с основными положениями гидромеханики.

Умножение уравнения (2) на g дает форму записи каждого ее члена в виде энергии, отнесенной к единице массы, Дж/кг.

Обычно величины $(C_К^2 - C_Н^2)/\,2g$ и $(Z_к - Z_н)$ пренебрижительно малы и полный напор насоса определяется как:

$$H = \frac{P_К - P_Н}{pg}.$$

Физически напор представляет собой высоту столба той жидкости, к которой он относится.

Удельная полезная работа Ln, Дж/кг, характеризует насосы с энергетической стороны:

$$L_П = \frac{P}{p} = gH.$$

Она представляет собой работу, получаемую потоком от насоса, отнесенную к 1 кг массы жидкости. Работу L, подводимую на вал насоса для приведения его в действие и отнесенную к 1 кг массы подаваемой среды, называют удельной работой насоса. Из-за потерь энергии $L > L_n$.

Аналогично понятиям L и L_n в гидротехнике введены понятия полезной мощности N_n и мощности насоса N. Полезная мощность насоса N_n, кВт, - работа, которую насос сообщает в 1 с подаваемой жидкости. Она определяется выражением

$$N_П = Qpg\,\frac{H}{1000}. \quad (3)$$

При выводе формулы (3) имелось в виду, что работа есть произведение силы на длину пути. Действительно, Qpg = mg = G - вес жидкости, подаваемой насосом в 1 с на высоту Н.

Мощность N, кВт, подводимую от двигателя на вал насоса, называют мощностью насоса. Эта мощность превосходит полезную мощность на величину потерь в насосе. Эффективность использования подводимой энергии оценивают коэффициентом полезного действия насоса:

$$\eta = \frac{N_{\text{П}}}{N} = \eta_r \eta_o \eta_M \approx (0.65 \ldots 0.90),$$

где $\eta_r \eta_o \eta_M$ – соответственно гидравлический, объемный и механический КПД насоса.

Энергетическую мощность установки, состоящей из насоса и двигателя к нему, определяют коэффициентом полезного действия установки:

$$\eta = \frac{N_{\text{П}}}{N_{\text{ЭЛ}}},$$

где $N_{ЭЛ}$ – электрическая мощность, подаваемая к двигателю, кВт.

В нашей работе, мы предлагаем самый оптимальный способ расчета центробежных насосов, где учтены все параметры данной конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Капустин, Н.М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: учеб. для вузов / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов, А.Г. Схиртладзе и др. Под ред. Н.М. Капустина. – М.: Высшая школа, 2004. – 415 с.

2. Ковшов, А.Н. Технология машиностроения: учебник / А.Н. Ковшов. – СПб.: Лань, 2008. – 320 с.

3. ГОСТ 17398-72. Насосы. Термины и определения. . – Введ. 01.01.1973. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов, 1987. – 36 с.

УДК 621.791.032

Рубан Ксения Евгеньевна, магистр; Ruban Ksenia Evgenievna
Бабко Александр Павлович, магистр; Babko Alexander Pavlovich
Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
Bahmatov Pavel Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЗОНЫ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ МЕТАЛЛОВ ОТ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR PROTECTING THE ZONE OF LASER WELDING OF METALS FROM THE EXTERNAL ENVIRONMENT

Аннотация. В рамках научно-исследовательской работы (НИР) получены сварные образцы толщиной 2,0 мм при помощи волоконного лазера максимальной мощностью 2 кВт. При проведении визуального контроля отмечено что, вне зависимости от варьирования режимов расхода защитного

газа поверхность сварных швов подвергается окислению, в продольных изломах отмечается наличие цепочек пор. Для улучшения защиты сварного шва, решено спроектировать систему поддува, которая позволит увеличить изоляцию от внешней среды.
Abstract. As part of the research work, welded samples with a thickness of 2,0 mm were obtained using a fiber laser with a maximum power of 2 kW. During visual inspection, it was noted that, regardless of the variation of the protective gas flow modes, the surface of the welds is subjected to oxidation, and the presence of pore chains is noted in the longitudinal fractures. To improve the protection of the weld, it was decided to design a blowdown system that will increase the insulation from the external environment.
Ключевые слова: лазерная сварка, стыковые соединения, дефекты, алюминиевые и титановые сплавы, устройство защиты.
Keywords: laser welding, butt joints, defects, aluminum and titanium alloys, protection device.

С появлением более надежных, энергоэффективных, дешевых, таких как волоконные лазеры, производство на основе лазеров быстро растет. Лазерную сварку применятся для соединения стали, титана, алюминия, тугоплавких металлов и т.д. толщиной от десятых долей до нескольких миллиметров. В настоящее время алюминиевые и титановые сплавы находят широкое применение в авиастроение, т. к. они обладают хорошей коррозионной стойкостью, лёгкие, прочные.

В рамках НИР «Разработка технологии роботизированной лазерной сварки тонкостенных конструкций авиационного назначения из листового материала» были получены сварные соединения из алюминиевого и титанового сплавов толщиной 2,0 мм при помощи волоконного лазера максимальной мощностью излучения 2 кВт. При проведении визуального контроля образцов было выявлено, что сварные швы с лицевой стороны были подвержены окислению. Также в результате визуального контроля продольных изломов алюминиевых образцов было выявлено, что в сварных швах отмечается наличие скоплений и цепочек пор. Возникновение данных явлений может быть связано с некачественной газовой защитой сварного соединения. Для улучшения качества защиты сварных швов, требуется спроектировать устройство газовой защиты, которое позволит эффективнее вытесняя из зоны сварки воздух и заполняя её защитным газом (рисунок 1).
Для определения эффективности применения устройства была изготовлена экспериментальная модель, состоящая из полипропиленовой трубы и крепления, изготовленного методом 3D печати.

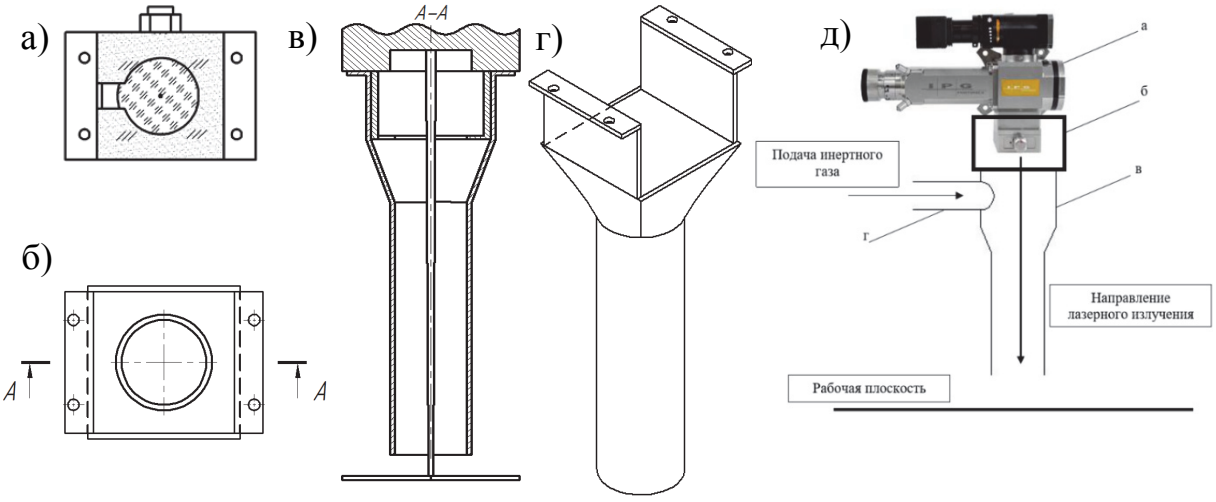


Рисунок 1 - Разработка устройства защиты
а - основание сварочной головки и кроссджет, вид снизу; б - вид сверху;
в - сечение А-А; г - система защиты в изометрии; д – сварочная головка

Методика экспериментального исследования.

Для проведения исследования были изготовлены 2 серии образцов из листов сплава АМг2 толщиной 2,0 мм и сплава ВТ20 толщиной 2,0 мм при помощи ножниц гильотинных марки НД3316. Кромки образцов сплава АМг первой серии подвергали химическому травлению. Все заготовки под сварку собирались встык без зазора и раздела кромок. Перед сваркой образцы обрабатывались спиртом для удаления скопившейся влаги.

Лазерная сварка проводилась при помощи иттербиевого волоконного лазера YLS-2000/20000-QCW оснащенного головкой IPG FLW D30 закреплённой на роботе KUKA KR60/3. Входные параметры сварки для сплава ВТ20 были подобраны эмпирическим путём, для АМг2 - рассчитаны при помощи уравнения регрессии (таблица 1). Образцы первой серии варили без применения защитного устройства, второй - с защитным устройством.

Таблица 1 – Режимы лазерной сварки

№	Марка образца	P, Вт	V, мм/с	F, мм	Расход газа, л/мин
Первая серия образцов					
1	ВТ20 (2,0 мм)	1200	8	235	15/ в корень 15
2	ВТ20 (2,0 мм)	1250	8	237	20/ в корень 0
3	АМг2 (2,0 мм)	1600	20	250	20/ в корень 10
4	АМг2 (2,0 мм)	1000	15	250	25/ в корень 15
Вторая серия образцов					
5	ВТ20 (2,0 мм)	500	8	250	20/ в корень 13
6	ВТ20 (2,0 мм)	700	8	250	25/ в корень 15
7	АМг2 (2,0 мм)	950	15	250	20/ в корень 15
8	АМг2 (2,0 мм)	900	15	250	20/ в корень 15

Результаты проведения исследования.

На рисунке 2 приведён внешний вид образцов после процесса сварки.

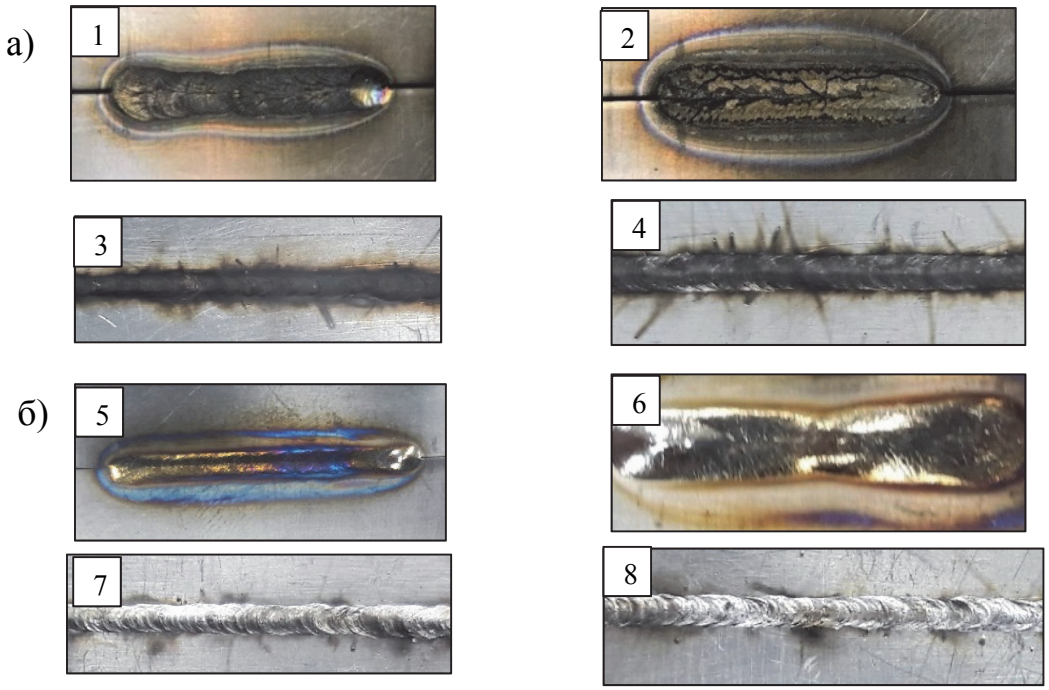


Рисунок 2 - Внешний вид сварных швов слева ВТ20, справа АМг2
а - образцы первой серии; б - образцы второй серии

Первая серия. Данные визуального контроля образцов сплавов ВТ20 и АМг2 указывают на наличие процесса окисления лицевой поверхности. У всех образцов отмечается равномерность формирования шва. По окончанию сварки у образца №2 зафиксировано образование горячей трещины продольного расположения, распространяющейся на всю длину шва.

Вторая серия. По результатам визуального контроля отмечено, что образцы сплава ВТ20 имеют светло-пшеничный цвет, сплава АМг2 серебристую гладкую, блестящую поверхность шва, что свидетельствует наличию удовлетворительной защиты сварного шва. Следует отметить, что образец №5 имеет зону темно синего цвета в конце шва, наличие которой связано с загрязнением или наличием на кромках влаги.

Вывод. В результате исследования было вынесено решение о целесообразности применения устройства защиты, т.к. оно обеспечивает возможность благоприятного формирования шва без признаков окисления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Григорьянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки : учеб. пособие для вузов / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров. - М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. - 664 с.

2 ГОСТ ISO 13919-2-2017. Сварка. Соединения, полученные электронно-лучевой и лазерной сваркой. Руководство по оценке уровня качества для дефектов. Часть 2. Алюминий и его сплавы. Введ. 2018-03-01. - М. : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2017. - 13 с.

УДК 621.791.725
Рубцова Ирина Александровна, студент; Rubtsova Irina Aleksandrovna
Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ TIG СВАРКИ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НЕРЖАВЕЮЩЕГО ТРУБОПРОВОДА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF TIG WELDING MODES ON STRUCTURE AND PROPERTIES WELDED JOINTS OF STAINLESS STEEL PIPELINE AIRCRAFT

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию влияния технике и режимов аргонодуговой сварки элементов нержавеющих трубопроводов летательных аппаратов на качество сварных швов.
Abstract. This work is devoted to the study of the influence of the technique and modes of argon-arc welding of elements of stainless pipelines of aircraft on the quality of welds.
Ключевые слова: техника, метод, сварочная проволока, горелка.
Keywords: technique, method, welding wire, burner.

В конструкции современных гражданских самолетов и военной авиационной техники нового поколения используется большой объем трубопроводных систем гидравлические, газовые и топливные от функционирования, которых зависит её надежность и безотказная эксплуатация. Обеспечение ресурса, а также механических характеристик, в первую очередь определяется технологией изготовления деталей входящих в трубопровод.

На сегодняшний день в России отсутствует единый подход к выбору техники выполнения конкретного сварного соединения в виде одобренных технологических рекомендаций, производственных инструкций и ГОСТ. Выбор метода манипуляции горелкой – вопрос профессионализма сварщика. Причем для удовлетворения требований нормативной документации в отношении формы и размеров сварного валика можно применять различные техники и большой диапазон параметров режима сварки (сварочный ток может быть задан в диапазоне до 100 А, а скорость сварки зачастую в технологических картах – величина справочная).

Колебательные движения естественно снижают общую скорость сварки, увеличивают ширину ЗТВ и время существование сварочной ванны. Последнее, как известно, положительно отражается на качестве сварных швов, позволяя провести дегазацию сварочной ванны и снизить порообразование, особенно стартовых пор. Но остальные параметры скажутся

на деформационной картине. Поэтому глубокое изучение техники выполнения сварных швов при дуговой сварке является актуальной задачей современного сварочного производства.

Это касается как ручных, механизированных, так и автоматических способов дуговой сварки. Управлять формированием валика можно по-разному: либо импульсно подавать сварочную проволоку при непрерывном прямолинейном движении дуги, либо использовать колебательные движения горелки при постоянной подаче сварочной проволоки. В первом варианте при равномерной амплитуде движения сохраняется постоянный дуговой зазор, и образуются чередующиеся наложенные друг на друга чешуйки (рисунок 1).

а) б) в) г)

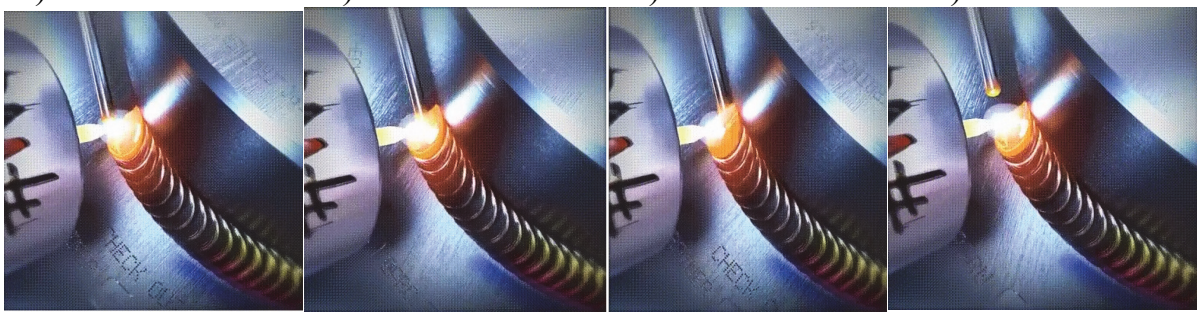


Рисунок 1 - Вид шва, формируемого при непрерывном прямолинейном движении дуги с импульсной подачей сварочной проволоки: а – момент введения проволоки в верхнюю часть ванны; б – смещение проволоки в центральную часть ванны; в – смещение проволоки в нижнюю часть ванны; г – момент вывода проволоки

А так же есть метод «Бабочка» этот метод основан на обкатывании керамическим соплом аргонодуговой горелки чешуек сформированного сварного шва, при этом сварщик манипулирует горелкой, делая движения, напоминающее восьмерку (рисунок 2).

а) б) в) г)

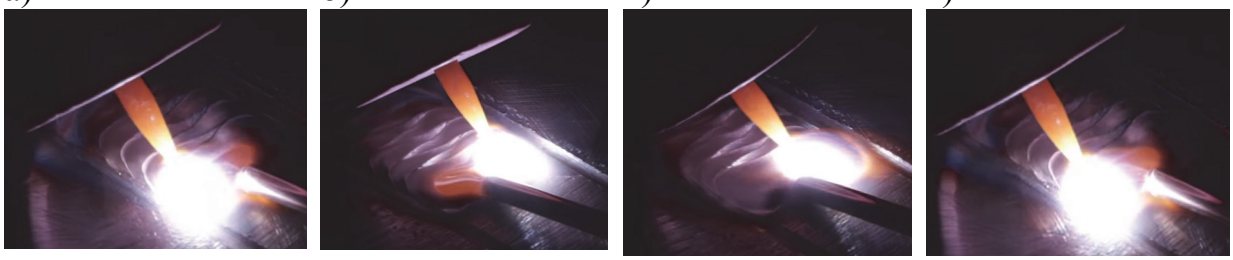


Рисунок 2 – Последовательность выполнения шва, формируемого при непрерывной подаче сварочной проволоки и колебательном поперечном движении дуги: а – крайнее правое положение дуги; б – крайнее левое положение дуги; в - возврат в крайнее правое положение дуги; г – повторное крайнее правое положение дуги

Метод «Капля в ванну» этот метод основан на точном и дозированном введении сварочной проволоки в виде жидкой капли в сварочную ванну при шаговом позиционировании перемещения дуги (рисунок 3).

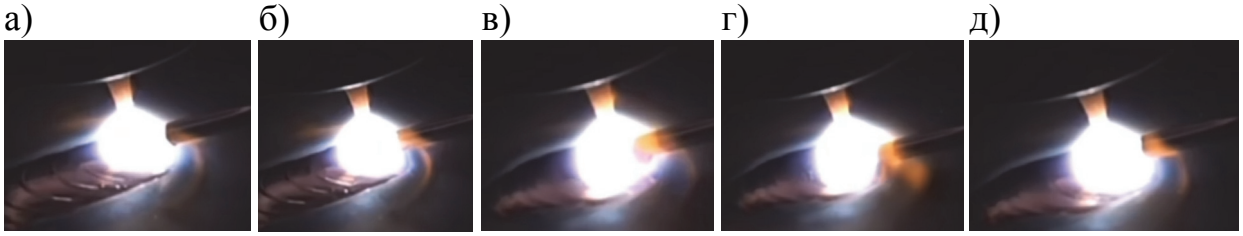


Рисунок 3 - Последовательность выполнения шва по методу «Капля в ванну» а – перемещение дуги на позицию; б – прогрев сварочной проволоки; в - образование жидкой капли; г – сброс капли в ванну; д – переход дуги на следующую позицию

Метод «Чешуя» заключается в образовании сварочной ванны путем прогрева металла соединяемых кромок дугой (рисунок 4).

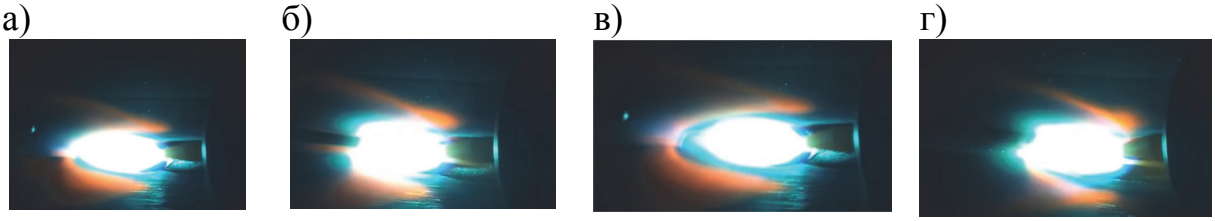


Рисунок 4 – Последовательность выполнения шва по методу «Чешуя» а- образование сварочной ванны; б – введение сварочной проволоки; в – прогрев для достижения ванной необходимой ширины; г- перемещение дуги на следующую позицию

В дальнейшем для данных швов выполненных различными методами манипулирования горелкой будут проведены исследования, которые покажут, какой метод лучше скажется на качестве шва.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Технология электросварочных и газосварочных работ: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. В. В. Овчинников. –7-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2016.-272 с.

2 Акулов, А. И. Технология и оборудование сварки плавлением: учебник для студентов вузов / А. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич.– М. : Машиностроение, 1977. – 432с.

3 Жизняков, С. Н. Ручная дуговая сварка. Материалы. Оборудование. Технология / С. Н. Жизняков, З. А. Сидлин. – М. : ЦТТ ИЭС им. Е.О. Патона, 2007.– 360 с.

УДК 621.791.011
Рязанов Александр Сергеевич, студент; Ryazanov Aleksandr Sergeevich
Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент,
Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА И ПОЛЯРНОСТИ ТОКА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПО 135 ПРОЦЕССУ

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE TYPE OF ELECTRODE VIBRATION MOTION AND CURRENT POLARITY ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF THE WELDED JOINT ON 135 PROCESS

Аннотация. В работе приведены результаты экспериментального исследования влияния колебательных движений рабочего торца электрода и полярности при дуговой сварке плавящимся электродом в среде защитных газов на деформационную картину, структуру и свойства сварных образцов из низкоуглеродистой стали.
Abstract. The paper presents the results of an experimental study of the influence of vibrational movements of the working end of the electrode and polarity during arc welding by a consumable electrode in a shielding gas medium on the deformation pattern, structure and properties of welded samples of low-carbon steel.
Ключевые слова: полярность сварочного тока, деформации, колебательные движения, структура металла.
Keywords: welding current polarity, deformations, oscillatory movements, metal structure.

Техника сварки во многом определяет качество сварного соединения, позволяет получить необходимую ширину шва. Правильный выбор техники сварки (колебательных движений возвратно- поступательного характера) приходит с опытом работы и определяет квалификацию сварщика [1-3]. Трудности возникают на этапе разработки технологических карт, где колебательные движения должны быть регламентированы, но банка данных по подбору и применимости техник сварки для конкретных соединений и материалов еще не создано.

Целью исследования является выявление влияния того или иного способа колебательного движения электрода во время сварки и влияние полярности на деформацию.

Методика экспериментального исследования.

Сварные образцы 200×50×6 мм из конструкционного металла марки Ст3сп вырезаны из одного листа стали. Кромки на расстоянии 20 мм от

торцов очищены от краски и ржавчин с обеих сторон на всю длину сварного стыка при помощи шлифовальной машинки. Заготовки собирались с зазором и разделкой кромок, тип соединения С21 по ГОСТ 14771. Сварка велась на аппарате KEMPPI Kempact MIG 2520 проволокой Св-08Г2С Ø 1,2 мм, на режимах Iсв -120 А, Uд -22В, Vсв-26 м/ч, Vпп-220 м/ч, Q-8-10 л/мин на прямой полярности, на обратной полярности ток уменьшили до 116,5 – 117 А, напряжение дуги до 20 В. На сформированных валиках измеряли геометрические параметры: высоту усиления шва, ширину шва УШС-3. Испытания образцов сварного соединения на статическое растяжение и измерение угла загиба проводили на универсальной машине INSTRON 3382, на образцах по ГОСТ 6996-66. Образец на статическое растяжение - 100×15×6 мм, измерение угла загиба –100×26×6 мм. Испытания образцов на ударную прочность с U-образным разрезом вдоль оси шва проводились при комнатной температуре на ударной копре JB-WV 300. Пробоподготовка образцов на исследование микроструктуры велась на шлифовально-полировальном станке EcoMet 250 Pro. Исследования микроструктуры велись на металлографическом микроскопе Nikon MA200

Результаты экспериментального исследования. Выяснено, что колебательные движения на деформацию практически не влияют, а вот полярность сварочного тока на деформацию влияет сильно, особенно если речь идет о качественном формировании сварного шва (рисунок 1)

а) б)

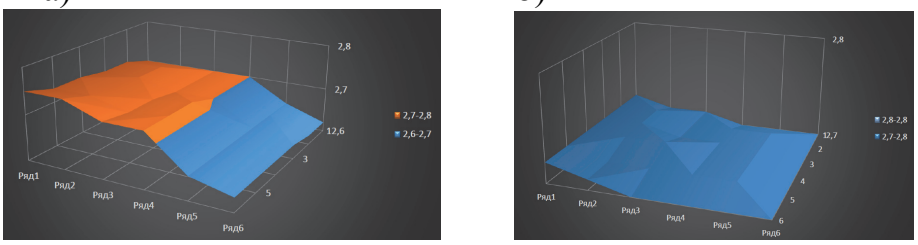


Рисунок 1– Картина сварочных деформаций:
а – прямая полярность; б – обратная полярность

Очевидно, что при сварке на прямой полярности качество сварного шва стоит под большим вопросом. Несмотря на то, что сила тока на прямой полярности была выше, чем на обратной, данный образец не имеет провар даже на половину, по обеим кромкам имеются несплавления и поры, чего нельзя сказать про образец, сваренный на обратной полярности - сварной шов полностью проварен, дефектов в виде пор и несплавлений не наблюдается, усиление шва находится в допуске согласно ГОСТ (рисунок 2). Объясняется это различием в балансе энергии при различных модификациях полярности. Так, на прямой полярности (катод -проволока), наиболее разогретой областью является рабочий торец электрода, вызывающей интенсификацию плавления электрода и увеличение скорости его подачи. При этом возрастает коэффициент наплавки, кромки прогреваются менее,

поэтому в формировании шва основное участие принимает наплавочный металл, что вызывает как непровар, так и несплавление.

а) б)

Рисунок 2 - Микроструктура поперечного сечения сварного соединения контрольного образца, заваренного на прямой (а) и обратной (б) полярности

Испытания на разрыв, загиб (рисунок 3) и ударную вязкость так же показали превосходство сварного шва, заваренного на обратной полярности перед образцом, заваренным на прямой полярности.

а) б)

в) г)

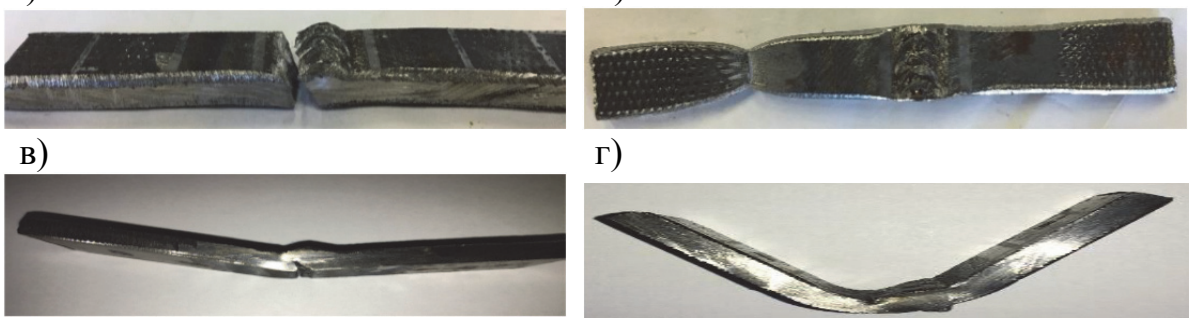


Рисунок 3 - Внешний вид испытанных образцов а, в – прямая полярность, б, г – обратная полярность

Вывод:

1. Колебательные движения не оказывают заметного влияния на внешний вид, структуру и свойства шва низкоуглеродистой стали толщиной 6 мм.

2. Сварка по 135 процессу ответственных конструкций должна выполняться исключительно на обратной полярности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акулов, В. И. Технология и оборудование сварки плавлением: учеб. пособие / В. И. Акулов, Г. А. Бельчук, В. П. Демянцевич. - М.: Машиностро-ение, 1977 - 432 с.: ил.

2. Моисеенко, В. П. Материалы и их поведение при сварке: учебное по-собие / В. П. Моисеенко. – Ростов н/Д: Феникс, 2009. – 300 с.

3. Гуляев, А. П. Металловедение: Учебник для вузов. 6-е., перераб. и доп. / А. П. Гуляев. - М.: Металлургия, 1986. 544 с.

УДК 621.791.032
Сазонов Виктор Петрович, студент; Sazonov Victor Petrovich
Клешнина Оксана Николаевна, кандидат технических наук, доцент;
Kleshnina Oksana Nikolaevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ РЕЗЕРВУАРА ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

IMPROVEMENT OF THE ASSEMBLY AND WELDING TECHNOLOGY OF THE TITANIUM ALLOY RESERVOIR

Аннотация. В данной работе, основываясь на знание базового техпроцесса сборки и сварки резервуара из титанового сплава были выявлены необходимые мероприятия для улучшения качества сварных соединений и уменьшение себестоимости конструкции.
Abstract. In this paper, based on knowledge of the basic manufacturing process for the assembly and welding of a titanium alloy tank, the necessary measures were identified to improve the quality of welded joints and reduce the cost of construction.
Ключевые слова: альфированный слой, набор усиления, автоматическая аргонодуговая сварка.
Keywords: alfin layer, gain set, automatic argon-arc welding.

Для корветов изготавливается резервуар из титанового сплава ПТ-3В. На этот резервуар есть техпроцесс по сборке и сварке. Один из главных недостатков этого процесса в неполноценной защите обратной стороны шва. Цель данной работы выявить недостатки базового техпроцесса и предложить способы их устранения.

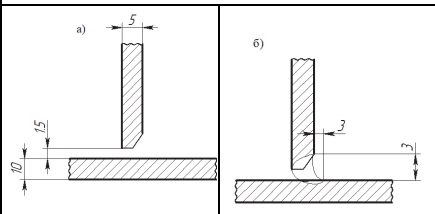
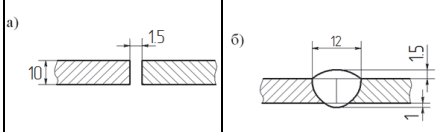
При взаимодействии титана с кислородом, на поверхности материала образуется оксись титана или альфированный слой. При нагреве титана до температуры 350°С и выше титан начинает активно поглощать кислород, образуя на поверхности тонкую плёнку с высокой твёрдостью, прочностью, но низкой пластичностью. Из-за этого, когда нагружают конструкцию, начинают появляться трещины по альфированному слою из-за малой пластичности. Это приводит к разрушению конструкции. Чтобы этого не произошло, необходимо придерживаться норм, которые указывают максимальное содержание кислорода в титановом сплаве не должно превышать 0,015%.

Чтобы не допустить возникновения, необходимо использовать инертный газ для защиты корня шва, который будет вытеснять кислород. Для малогабаритных деталей есть специальные камеры, которые заполняются аргоном и тогда в них проводят сварочные работы. Они могуть быть небольшими, в виде локальной насадки из ткани, для конкретного узла, или вакуумные установки из металла, в которых камеры сначала вакуумируются, а после заполняются аргоном высшего сорта.

Самый распространённый способ защиты сварочной ванны – это использование аргоновых горелок. Но поскольку этот метод не может гарантировать хорошее качество сварного соединения листов большой толщины из-за недостаточной защиты металла, есть более совершенный метод – сварка с использованием защитных кожухов (микрокамер), которые представляют собой подвижные камеры и могут защитить не только расплавленную ванну металла, но и большую область околошовной зоны. В эти камеры инертный газ подается через сопло и специальный газоподводящий шланг, а сам корень шва защищен инертным газом, поступающим в подкладку, имеющую канавку.

На ПАО «Амурском судостроительном заводе» для защиты обратной стороны шва используют экран шириной 100-140 мм на расстоянии 0,5-3,0 мм от поверхности кромок. Сам экран представляет собой небольшую коробку, через которую подаётся инертный газ. При сварке аргон будет попадать в зазор между экраном и поверхностью кромок и вытеснять воздух, тем самым обеспечивая защиту обратной стороне шва. Вся трудность заключается в том, что сварщик и тот, кто держит устройство не видят друг друга, следовательно не могут полностью защитить весь сварной шов. Ориентировочные режимы сварки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Ориентировочные режимы сварки

Тип соединения	Толщина свариваемых деталей S, мм	Режимы сварки					
		Сила сварочного тока I, А	Сварные соединения по ОСТ 26-1-87	Напряжение на дуге U, В	Скорость сварки $V_{св}$, /ч;	Расход аргона для защиты обратной стороны шва $q_к$ л/мин	Рад и полярность тока
Т3	10+5	140-180			10-14	8-10	3-5	постоянный ток, прямая полярность
С3	10+10	200-240			12-16	20-25	5-8	постоянный ток, прямая полярность

Чтобы уменьшить шанс возникновения альфированного слоя, предлагается следующее: при сварке тонколистовой конструкции, с обратной стороны шва при сварке возникает тепловое пятно. Но зазор между экраном и конструкцией слишком мал, чтобы наблюдать за этим пятном. Поэтому, верхнюю стенку экрана необходимо сделать из прозрачного кера-

мического материала, который применяется для изготовления керамического сопла. Тогда, появится возможность наблюдать это пятно через отверстие в которое подаётся аргон. и перемещать экран вслед за пятном. Такой способ позволит с большей точностью подавать аргон и защищать необходимые участки обратной стороны шва, что уменьшит шанс возникновения альфированного слоя.

Вывод. Изготовление одной из стенок экрана прозрачным керамическим материалом снизит шанс возникновения альфированного слоя, что повлияет на срок эксплуатации резервуара. Поскольку количество выпускаемых резервуаров в год слишком мало, а стоимость прозрачного керамического материала высокая, то целесообразнее будет заменить только одну стенку экрана, через которую можно будет наблюдать за тепловым пятном.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Завод высокотехнологического оборудования // WWW.ZAVOD-VTO.RU: Приспособления для столов сварочно-сборочных. 2013. URL: http://www.zavod-vto.ru/welding-tables2/10/ (дата обращения: 5.04.2014).

2 Марочник сталей и сплавов // WWW.SPLAV.KHARKOV.COM: Характеристика материала ПТ-3В. 2012. URL: http://www.splav.kharkov.com/ mat_start.php?name_id=1296 (дата обращения: 14.03.2014).

3 Крампит, Н.Ю. Сварочные приспособления: учебное пособие / Н.Ю. Крампит, А.Г. Крампит. – Томск: ЮТИ ТПУ, 2008. – 95 с.

УДК 67.05:

Сапожник Ксения Романовна, студент; Sapozhnik Ksenya Romanovna
Кучумова Маргарита Дмитриевна, студент;
Kuchumova Margarita Dmitrievna
Башков Олег Викторович, доктор технических наук, профессор;
Bashkov Oleg Viktorovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

MODELLING OF ULTRASONIC OSCILLATORY SYSTEMS

Аннотация. В данной статье освещены принципы работы ультразвуковой колебательной системы, применяемой в качестве основы для ультразвуковых технологических установок, служащих для объемной и поверхностной видов ультразвуковой обработки. Предложен усовершенствованый вид ступенчатого концентратора, позволяющий повысить эффективность проводимой обработки за счет увеличения амплитуды ультразвуковых коле-

баний на выходном торце концентратора при оптимальных значениях максимальных напряжений в сечении конструкции, что позволит избежать преждевременного ее разрушения.

Abstract. This article highlights the principles of operation of the ultrasonic oscillating system used as a basis for ultrasonic technological installations serving for volumetric and surface types of sound treatment. The advanced type of the step concentrator allowing to increase efficiency of the carried-out processing due to increase in amplitude of ultrasonic fluctuations at an output end face of the concentrator at optimum values of the maximum tension in design section that will allow to avoid its premature destruction is offered.

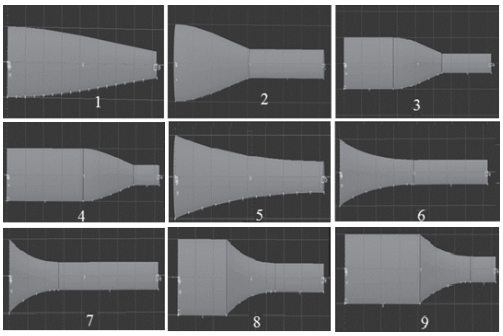
Ключевые слова: ультразвук, колебательные системы, концентратор.
Keywords: ultrasound, oscillating systems, concentrator.

Как поверхностная, так и объемная ультразвуковая обработка материалов осуществляется посредством ультразвуковых технологических установок в состав которых входит источник энергии (генератор) и ультразвуковая колебательная система (УЗКС) [1, 2].

Одним из основных элементов УЗКС является концентратор - устройство для увеличения амплитуды колебательного смещения частиц среды, т.е. интенсивности ультразвука. Амплитуда ультразвуковой волны – одна из важных характеристик, позволяющая варьировать результат ультразвуковой обработки: амплитуды меньше пороговых значений не вызывают изменения свойств металла; амплитуды выше пороговых значений могут привести к упрочнению металла или разупрочнить его, если материал был прежде упрочнен каким-либо другим способом [3].

Увеличение амплитуды УЗК приводит к снижению неоднородности деформации и вызывает генерацию большого числа новых дислокаций. Колебания высокой интенсивности обеспечивают активное воздействие на материал, тем самым повышая эффективность ультразвуковой обработки [4].

Распределения амплитуд колебаний и механических напряжений во многом определяется формой концентратора. На сегодняшний день в практике ультразвуковой обработки применяют концентраторы следующих геометрических форм: конические, катеноидальные, экспоненциальные, ампульные (концентратор Фурье). Данные виды концентраторов были проанализированы в среде MatLAb на основании аналитического решения уравнения движения для выделенного слоя материала [5-7]. Согласно проведенному анализу, было выяснено, что ни одна из классических форм не позволяет добиться достаточного усиления амплитуды колебаний без угрозы преждевременного разрушения конструкции. В связи с этим, осуществлен поиск оптимальной ступенчатой формы концентратора, за основу которой взяты классическая катеноидальная (обечивающая максимальный коэффициент усиления) и ампульная (обеспечивающая оптимальные значения напряжений в сечении) формы. Предлагаемые к анализу сечения представлены на рисунке 1.



1-4 – концентраторы на основе ампульной формы;
5-9 – концентраторы на основе катеноидальной формы
Рисунок 1 – Сечения предполагаемых концентраторов

Моделирование данных форм концентратора проведено с использованием программного комплекса Abaqus, в результате которого получены сводные характеристики для каждой из форм, отраженные на рисунке 2.

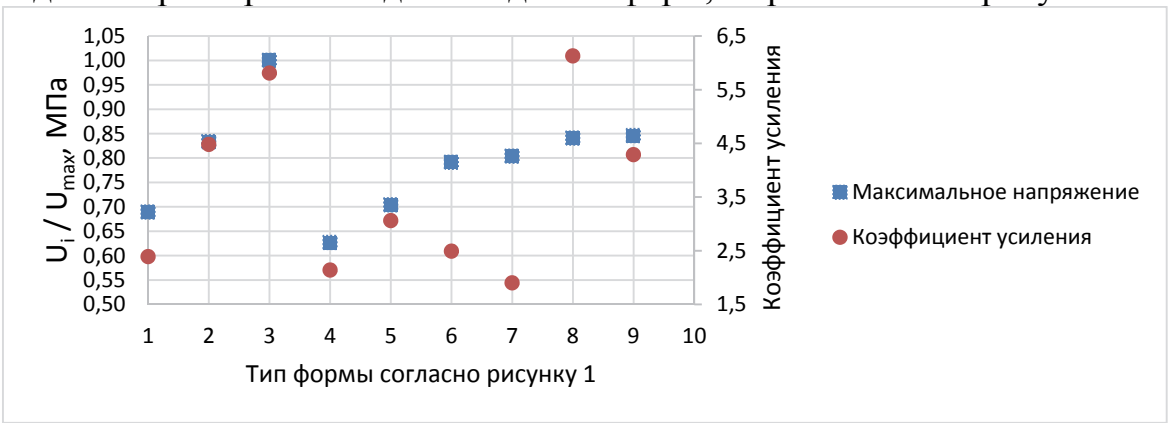


Рисунок 2 – Значения параметров U_i / U_{max} и коэффициента усиления v_l / v_0 моделируемых форм

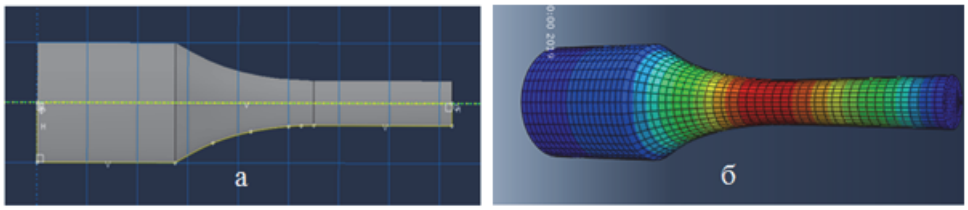


Рисунок 3 – Оптимальный ступенчатый концентратор:
а – сечение; б – визуальная 3D модель

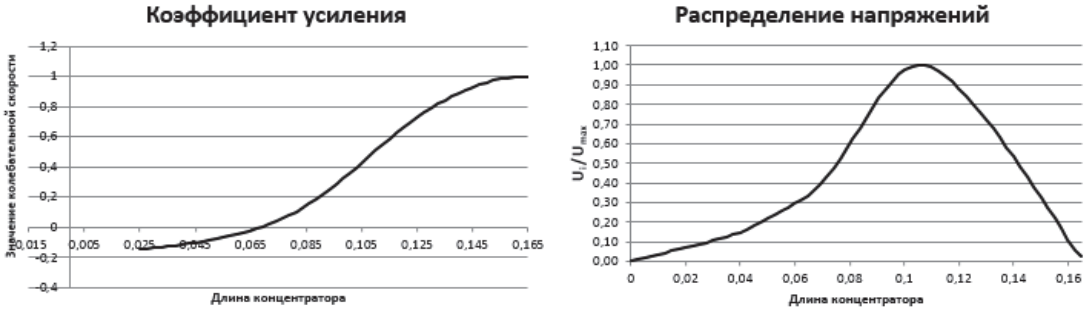


Рисунок 4 - Характеристики концентратора

Согласно представленным данным (рисунки 2-4), наиболее оптимальной формой из приведенных является ступенчатая форма с порядковым номером 8 (рисунок 1), имеющая катеноидальный переход, составляющий 1/3 от общей длины концентратора. Длина каждого цилиндрического участка также составляет 1/3 от длины концентратора. Данная форма обеспечивает максимальный коэффициент усиления амплитуды колебаний 6,13 при том, что не создает опасных напряжений в сечении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Захаров, О. В. Ультразвуковая обработка нежестко закрепленными инструментами / О. В. Захаров, Б. М. Бржозовский. – Саратов : Саратов. гос. техн. ун-т, 2002. – 101 с.

2 Назаров, А. А. Ультразвуковая обработка ультрамелкозернистых материалов: эксперимент и моделирование / А. А. Назаров // Ультразвук: проблемы, разработки, перспективы : материалы Междунар. науч. конф., Уфа, 25-29 сент. 2017 / отв. ред. А.А. Назаров. – Уфа : РИЦ БашГУ, 2017. – 138 с.

3 Rusinko, A Analytical description of ultrasonic hardening and softening / A. Rusinko // Ultrasonics. – 2011. № 6. P. 709-714.

4 Тяпунина, Н. А. Действие ультразвука на кристаллы с дефектами : монография / Н. А. Тяпунина, Е. К. Наими, Г. М. Зиненкова. – Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 1999. – 238 с.

5 Сапожник К. Р. Моделирование ультразвуковых концентраторов для обработки объемных наноструктурированных материалов / К. Р. Сапожник, О. В. Башков, М. Д. Борисенко // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Комсомольск-на-Амуре, 14 июня 2019 года / редкол. : С. И. Сухоруков (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – С. 259-264.

6 Борисенко, М. Д. Перспективы использования ультразвуковой обработки для снятия внутренних механических напряжений в наноструктурированных материалах / М. Д. Борисенко, К. Р. Сапожник, О. В. Башков // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных иссоледований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 1. – С. 39-41.

7 Сапожник К. Р. Объемная ультразвуковая обработка наноструктурированных материалов / К. Р. Сапожник, М. Д. Борисенко, О. В. Башков // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных иссоледований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 1. – С. 168-172.

УДК 621.9
Ситамов Эрадж Сикандарович, аспирант; Sitamov Eraj Sikandarovich
Мокрицкий Борис Яковлевич, д. т. н., профессор
Mokritskii Boris Yakovlevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ DEFORM ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ МАРКИ 09Х17Н7Ю

ANALYSIS IN THE DEFORM SOFTWARE ENVIRONMENT OF THE CUTTING PROCESS DURING TURNING OF STAINLESS STEEL GRADE 09X17H7YU

Аннотация. В данной статье представлен способ предсказания высокоамплитудных вибраций в задаче обработки точением с использованием трёхмерных огибающих максимальных и минимальных амплитуд перемещений, усилий резания для сменных режущих пластинах. Представлены результаты исследования, полученные с помощью модели динамики процесса точения в трехмерной постановке с использованием геометрического алгоритма, феноменологической модели сил резания и конечно-элементной модели динамики обрабатываемой детали [1].
Abstract. This article presents a method for predicting high-amplitude vibrations in the task of turning turning using three-dimensional envelopes of the maximum and minimum displacement amplitudes, cutting forces for interchangeable cutting inserts. A model of the dynamics of the turning process in a three-dimensional setting using the geometric algorithm, a phenomenological model of cutting forces and a finite element model of the dynamics of the workpiece is considered [1].
Ключевые слова: температура, твёрдосплавные резцы, динамика, имитационного моделирование, сила, деформация, износ.
Keywords: temperature, carbide cutters, dynamics, simulation, force, deformation, wear.

Указанная сталь была разработана в первой половине 20 века для ряда деталей, работающих в морской среде применительно к подводным транспортным средствам. Рекомендации по обработке этой стали с тех пор устарели хотя бы потому, что уже нет тех станков, на которые была ориентирована обработка заготовок деталей.

Область применения данной стали возросла значительно, это нефтегазовая отрасль, пищевая и медицинская промышленность, оборудование морских причалов и пирсов, агрегаты и машины по добыче солей и т.д.

В силу этого возникла потребность в разработке соответствующих рекомендаций применительно к современным условиям.

На рисунке 1 приведена иллюстрация выявленной в результате имитационного моделирования тенденции взаимосвязи величины износа (за некоторый условный промежуток времени работы резца) режущей кромки токарного проходного резца с величиной напряжений, возникающих в режущем инструменте при различных вариантах покрытий на одном и том же инструментальном материале (субстрат – твёрдый сплав марки ВК8.

Рассматривались следующие варианты покрытий:

1. ВК8+TiCN(5мкм) + (TiAl)N(3мкм) + Al_2O_3(5мкм) + TiC(5мкм)
2. ВК8+Al_2O_3(2мкм)+(Ti)CN(5мкм)+(TiAl)N(3мкм)+TiN(3мкм)
3. ВК8+(TiAL)N(3мкм)+Al_2O_3(3мкм)+(TiAl)N(3мкм)+Al_2O_3(3мкм)
4. ВК8 + TiN(3мкм) + TiC(3мкм) + TiN(3мкм) + TiC(3мкм)
5. ВК8+TiC(3мкм) + TiN(3мкм) + (TiAl)N(2мкм)
6. ВК8+TiCN(2мкм) + TiC(3мкм) + TiN(1,5мкм)
7. ВК8 + TiC(1,5 мкм) + TiN(3мкм)
8. ВК8+TiN(2мкм) + TiC(5мкм)
9. ВК8+TiCN(0,5мкм)+TiC (1мкм)
10. ВК8+TiN(0,5мкм)+TiC(1мкм)
11. ВК8

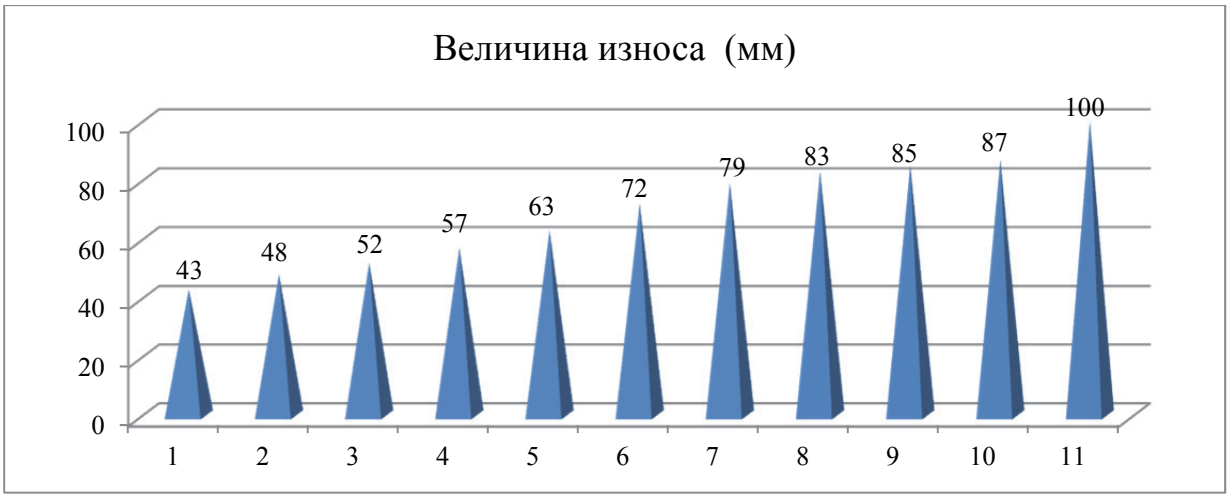


Рисунок 1 – Имитационное моделирование тенденции взаимосвязи величины износа от времени работы

На рисунке 2 приведены примеры записи (регистрации с применением прибора динамометра модели STD.201-2) составляющих сил резания в течение 100 секунд. Такие записи позволяют изучить кинетику процесса резания. Они могут быть использованы для объяснения ряда явлений и эффектов при анализе работоспособности инструмента.

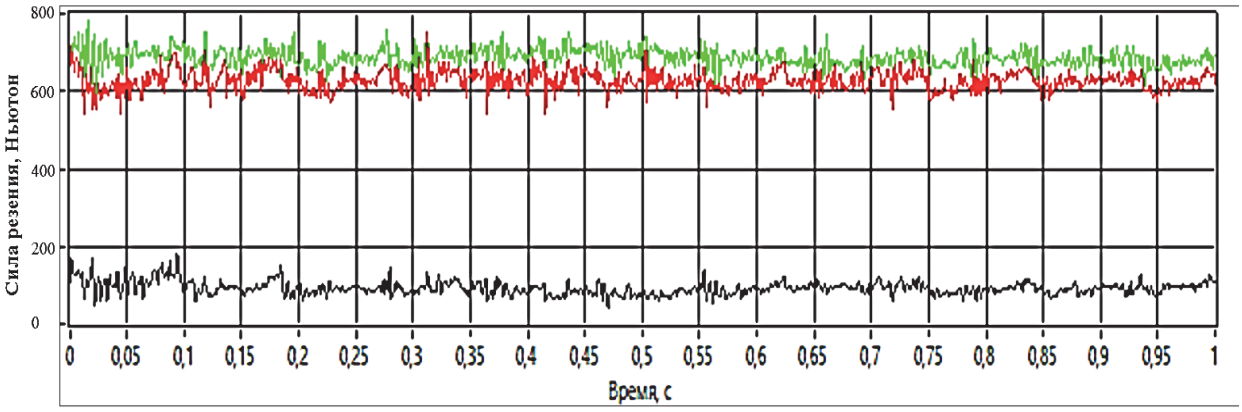


Рисунок 2 – Приведены примеры записи (регистрации с применением прибора динамометра модели STD.201-2)

Вывод

1. Исследование различных эксплуатационных свойств инструментальных материалов по тем или иным параметрам методом имитационного моделирования позволяет выбрать конкурентные варианты инструментальных материалов «спроектировать» ещё более эффективный инструментальный материал. [2]

2. Сравнительный анализ полученных результатов показывает, что инструментальные материалы существенно неравноценны по износостойкости при обработке указанной стали. Применение покрытий на отечественном твёрдом сплаве марки ВК8 заметно повышает работоспособность режущих пластин. Технологический приём доработки [3] режущих кромок со стороны передней и задней поверхностей тоже существенно повышает работоспособность инструмента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Киселёв И.А., Воронова И.С., Ширшов А.А., Николаев С.М. Имитационная динамическая модель процесса шлифования сложно профильных деталей// Наука и образование сетевое научное издание ISSN 1994-0408 МГТУ им. Н.Э. Баумана Электрон. Журн. 201 № .С.

2 Mokritsky B.Y., Sitamov E. S., Serebrennikova A. G. Improving the health performance of carbide cutting tools due to coating// Vestnik IrGTU 2019 Tom 23 №2 s.246-251 / Proceedings of ISTU 2019 Vol. 23 №2 p.246-251 ISBN 1814-3520 doi: http://dx.doi.org/10.21285/1814-3520-2019-2-246-251.

3 Ситамов Э.С., Мокрицкий Б.Я., Результаты сравнительного исследования износостойкости твердосплавного инструмента при обработке коррозионно-стойкой стали// Металлообработка № 4 (106). 2018 стр. 7-13.

УДК 621.9
Ситамов Эрадж Сикандарович, аспирант; Sitamov Eraj Sikandarovich
Мокрицкий Борис Яковлевич, доктор технических наук,
Mokritskii Boris Yakovlevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ DEFORM 3DDEVELOPMENT

OF A THREE-DIMENSIONAL MODEL OF THE CUTTING PROCESS IN THE DEFORM 3D SOFTWARE

Аннотация. Экспериментальное исследование работоспособности твёрдосплавных сменных пластин выполнено при токарной обработке труднообрабатываемых материалов.
В ряде случаев целесообразно экспериментальное исследование подменить имитационным (математическим) моделированием для того, чтобы путём численного компьютерного моделирования исследовать необходимые искомые параметры процесса резания для выявления наиболее рациональных из них. Затем полученные таким образом результаты можно проверить путём натурных испытаний при резании. При достаточном совпадении моделированных и натурных испытаний модель имитационного моделирования можно использовать для прогнозного (робастного) проектирования параметров режима резания, выбора из имеющихся наиболее рационального инструментального материала режущей пластины, для проектирования инструментального материала с ещё более высоким эффектом под заданные условия эксплуатации [1].
Abstract. An experimental study of the performance of carbide exchangeable inserts during turning of hard-to-process materials.
In some cases, it is advisable to replace the experimental study with simulation (mathematical) modeling in order to investigate the required desired parameters of the cutting process by numerical computer modeling to identify the most rational of them. Then, the results obtained in this way can be verified by full-scale tests during cutting. With sufficient coincidence of the simulated and full-scale tests, the simulation model can be used for predictive (robust) design of the cutting mode parameters, selection of the most rational cutting tool material from the available ones, and for designing a tool material with an even higher effect under specified operating conditions [1].
Ключевые слова: имитационное моделирование, процесс резания, оптимизация режима резания и инструментального материала.
Keywords: simulation, cutting process, optimization of cutting mode and tool material.

Прямых зарубежных аналогов указанной отечественной стали нет. Уникальность физико-механических характеристик и эксплуатационных свойств, специализированной нержавеющей стали марки 09Х17Н7Ю [1] создаёт сложности при её механической обработке лезвийным металлорежущим инструментом. Высокая прочность и вязкость этой стали не позволяют применять высокие скорости резания, период износостойкости режущего инструмента низок, что не приемлемо в тех случаях, когда при обработке поверхности заготовки недопустима смена режущей кромки режущей пластины или замена режущего инструмента.

Температура зависит от вида процесса резания: при несвободном резании нержавеющей стали марка 09Х17Н7Ю инструмент нагревается больше, чем при свободном резании. Поэтому для расчёта температуры резания использовали эмпирические формулы, показывающими закономерности изменения ряда параметров, например, температуры резания, силы резания и.т.д. [2].

На рисунке 1 показаны картины температурных полей в зоне резания, возникающих обработке стали марки 09Х17Н7Ю, моделирование процесса в DEFORM 3D (режим резания v=55-50 м/мин, n=50 об/мин, s=0.21 мм/об, t=0,5 мм),

а. ВК8 + Al_2O_3(2мкм) + TiCN(5мкм) + (TiAl)N(3мкм) + TiN(3мкм) (максимальная температура 710^0C)

б. ВК8 + TiCN(2мкм) + TiC(3мкм), (максимальная температура 731^0C)

в. ВК8 + TiN(1мкм) + TiC(0.5мкм), (максимальная температура 971^0C)

а б в

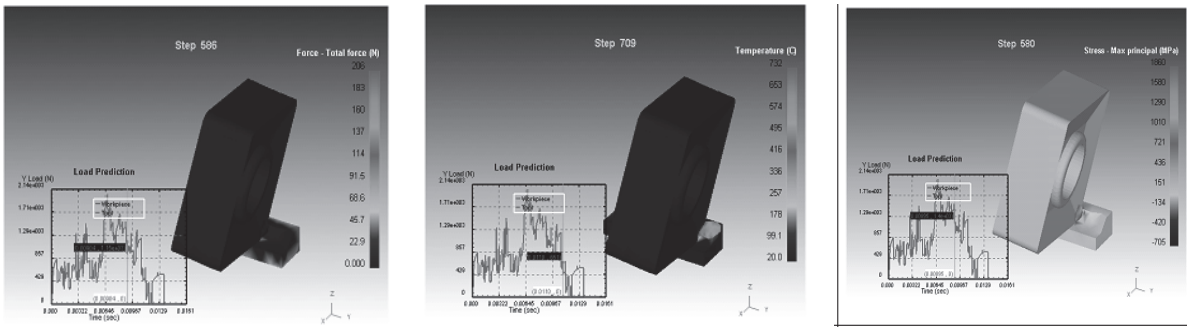
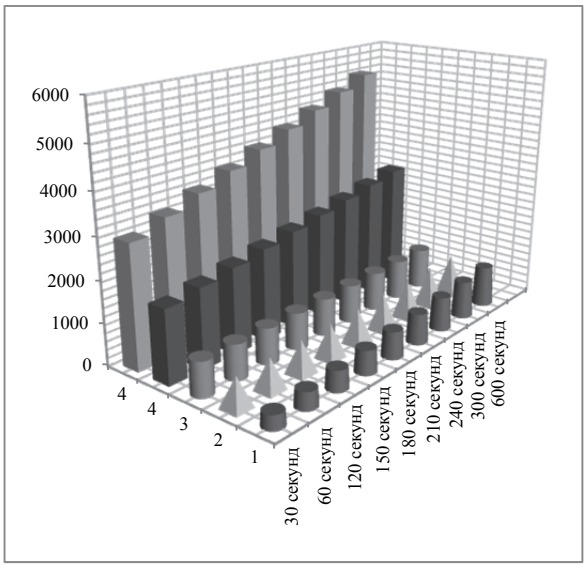


Рисунок 1 – Тепловое поле в зоне резания, возникающее при обработке различных покрытый

На рисунке 2 показана кинетика процесса точения, полученная путём имитационного моделирования по параметрам 1 - Величина износа $h_з$, мм, по задней грани; 2 - Температура t ^{0}C; 3 - Напряжение σ МПа; 4 –Результирующая сила резания, Н, 5-Деформация ε, Мпа. На этой диаграмме представлены результаты исследования инструмента для токарной обработке с теми покрытиями, которые были представлены на рисунке 1.

а



б

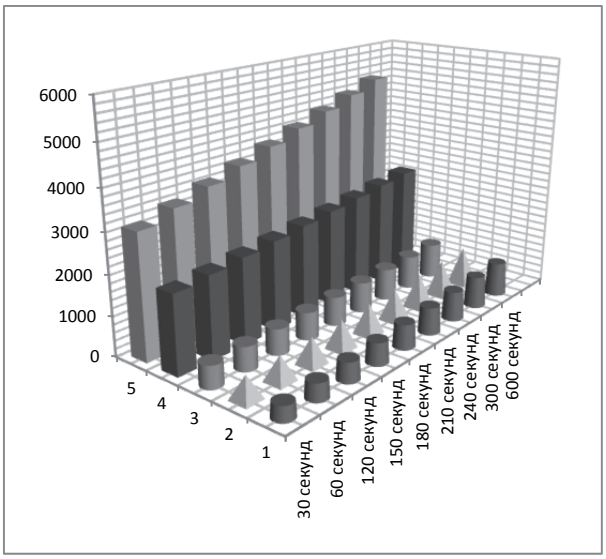


Рисунок 2 – Инструментальные материалы:
а-ВК8; б-ВК8 + TiC(0,5мкм) + TiN(1мкм),

Выводы

1. Разработана имитационная модель процесса резания в среде программного обеспечения DEFORM2D 3D.

2. С помощью имитационной модели выполнено прогнозное проектирование рационального инструментального материала (покрытия).

3. Наиболее благоприятные условия резания при обработке материала 09Х17Н7Ю, с точки зрения минимизации силы резания, получены при скорости резания 50м/мин, при подаче S = 0,21мм/об.заготовки и глубине резания 0,5мм и 1,0мм. [3]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мокрицкий Б.Я., Верещака А.А., Белых С.В., Мокрицкая Е.Б. Упрочнение сложносоставными покрытиями режущих пластин для обработки коррозионно-стойкой стали 09Х17Н7Ю// Упрочняющие технологии и покрытия, 2016, №5, стр. 3-6.

2 Отчёт о научно-исследовательской работе «Разработка нового металлорежущего инструмента для сложных условий его эксплуатации и разработка метода экспрессной оценки качества инструмента». Шифр программы (гранта Минобрнауки РФ) № 9.251.2014/К. № госрегистрации 114121550057. г. Комсомольск-на-Амуре. 2016.

3 Ситамов Э.С., Мокрицкий Б.Я., Результаты сравнительного исследования износостойкости твердосплавного инструмента при обработке коррозионностойкой стали// Металлообработка № 4 (106). 2018 стр. 7-13.

УДК 622.692.23.004.6
Скороходова Валерия Викторовна, студент;
Valeriya Viktorovna Skorokhodova
Коннова Галина Витальевна, кандидат технических наук, доцент;
Konnova Galina Vitalievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НА ООО «РН-КОМСОМОЛЬСКИЙ НПЗ»

MODERNIZATION OF WASTE WATER TREATMENT SYSTEM AT LLC «RN-KOMSOMOLSK OIL REFINERY»

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию методов очистки сточных вод на НПЗ от нефтепродуктов. В работе представлен способ повышения эффективности процесса очистки. Так же рассмотрены его достоинства и недостатки.
Abstract. This article is devoted to the study of methods of wastewater treatment at refineries from petroleum products. The paper presents a way to improve the efficiency of the cleaning process. Its advantages and disadvantages are also considered.
Ключевые слова: очистка, флотация, нефтепродукт, нефть, методы очистки.
Keywords: cleaning, tanks, oil, oil products, methods of cleaning.

Охрана окружающей природной среды и разумая экслпуатация природных запасов принимает в наше время многочисленные интерес для устранений загрязнения водоемов промышленными сточными водами. В связи с большим разнообразием состава, свойств и расхода сточных вод промышленных предприятий нужна разработка и использование всякого рода методов и сооружений по очистке сточныхвод и обработке осадка. Перевод на системы с наименьшим сбросом сточных вод должен быть воспроизведен путем неоднократного применения отработавших вод. Основная цель очищения сточных вод - это разрушение загрязнений всякого рода природы и их исключение. Это трудный производственный процесс, в конце оторого, на выходе мы получаем очищенную воду. Её параметры доведены до установленных норм. При этом требования для разных целей очень отличны друг от друго и постоянно усиливаются. Выбор системы очистки зависит от характера загрязнений. Как правило наибольшая фильтрация осуществляется соединение всевозможных способов.

Из всего множества имеющихся способов можно подчеркнуть главные методы очистки:

механический — когда очистка сточных вод производиться от крупных, нерастворимых в воде механических загрязнений. В результате такой очистки происходит удаление 60-70% минеральных загрязнений;

химический - осуществение обезвоживания кислот и щелочей;

биохимический – добавление микроорганизмов, которые поедают, как пищу, различные загрязнения. Этот метод использует вместе с химическим;

биологический – очиска без химикатов;

физико-химическая очистка сточных вод.

Как правило, процесс очистки сточных вод на производственном предприятии включает в себя более одного этапа, на каждом из которых могут быть использованы различные методы очистки сточных вод и соответствующее технологическое оборудование. Такая ситуация обусловлена прежде всего тем, что различные методы, в основном мелкодисперсная очистка сточных вод, неприменимы, если они содержат взвешенные вещества и эмульсии. Кроме того, подавляющее большинство методов очистки сточных вод имеют самую высокую точку концентрации загрязняющих веществ, от которой тот или иной метод будет очищать сток. Поэтому возникает необходимость предварительной очистки сточных вод перед применением основных методов их очистки. ООО "РН-Комсомольский НПЗ" использует поэтапную очистку сточных вод.это также связано с тем, что комбинируя несколько видов очистных процессов можно добиться желаемой степени очистки при наименьших затратах.

Наиболее разумным, на мой взгляд, в соответствии с разделением загрязняющих веществ на основе их агрегатного состояния по классификации академика Кульского, является разделение процесса очистки сточных вод на четыре стадии.

На первом этапе очистки сточных вод необходимо удалить крупные частицы взвешенных веществ и грубых примесей, нейтрализовать токсины и извлечь из сточных вод масла. Если такого загрязнения в сточных водах нет, то необходимо начинать очистку сточных вод со второй ступени, на которой извлекаются практически все механические примеси, а сточные воды подготавливаются к дальнейшей очистке, а именно к снижению агрессивности сточных вод, снижению недопустимых концентраций отдельных загрязняющих веществ. вещества извлекаются до определенного заданного уровня. Если степень очистки недостаточна, то необходимо извлечь соединения, находящиеся в растворимом состоянии - это уже четвертый этап очистки сточных вод, на котором используются соответствующие методы.

Проанализировав ситуацию современных тенденций в очистке сточных вод, я пришел к выводу, что флотация является наиболее универсальным и востребованным продуктом для очистки сточных вод. Эти устрой-

ства позволяют эффективно удалять все виды сточных вод из большинства известных загрязняющих веществ, находящихся в гидрофобном состоянии. К ним относятся жиры и смолы, нефтепродукты и масла, поверхностно-активные вещества и взвешенные твердые вещества, а также другие осадки, которые трудно, невозможно или слишком дорого осаждать другими способами. В оборудовании используется один из физико-химических методов очистки сточных вод-флотация.

Но более подробно я хотел бы остановиться на использовании флотационного фильтра klaricell-40 KWI (KLC-40) , который позволяет наиболее эффективно реализовать процесс глубокой очистки сточных вод. Практика показывает, что применение КЛК-40 приводит к значительному повышению качества очистки сточных вод с содержанием взвешенных веществ до 600 мг / л, так как методы напорной флотации и фильтрации через многослойную загрузку объединены в одном устройстве.

В процессе работы флотофильтра очищенная вода подвергается флокуляции и флотации с последующей фильтрацией через трехслойный секционный фильтр (гравий / песок/адсорбент-катализатор). Периодическая очистка фильтра осуществляется по секциям и осуществляется методом "обратной промывки". Промывочная вода возвращается в коагуляционную камеру для очистки. Во время промывки одного из секторов вода фильтруется через другие секции, так что устройство не нужно полностью останавливать для промывки. Высота загрузочного фильтрующего слоя составляет 1,1 м. толщина слоя воды над загрузочным слоем составляет 800 мм. Объем оборотной воды составляет 10-20% от объема очищенной воды. Время пребывания воды в скиммере составляет 8-10 минут.

Экологическая обстановка в мире, с каждым готом ухудшается, запасы чистой воды становяться все меньше, что так же влияет на популяцию животного и растительного мира, по этой причине внедрение представленного флотофильтра является эффективным решением для процесса очистки сточных вод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Фурсов С.В. Совершенствование электрохимических методов очистки сточных вод предприятий нефтехимического комплекса. Дис. докт. хим. наук. Уфа, 2015. – 164 с.

2 Крапивенко А.В. Исследование и разработка установки для очистки нефтесодержащих сточных вод предприятий сервиса и коммунального хозяйства. Дис. докт. хим. наук. Москва, 2001. – 134с.

3 Гавич И.К. Методы охраны внутренних вод от загрязнения и истощения. - М.: Агропромиздат 1985. - 300 с.

УДК 669
Старцев Егор Андреевич, аспирант; Startsev Egor Andreevich
Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ СПЛАВА, ПОЛУЧЕННОГО ЖИДКОФАЗНЫМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

ANALYSIS OF THE MICROSTRUCTURE ALLOY, PRODUCED BY LIQUID-PHASE REDUCTION FROM INDUSTRIAL METALLURGICAL WASTES

Аннотация. В данной работе проведен анализ микроструктуры сплава, полученного путем жидкофазного восстановления из техногенных отходов (шлаков), сталеплавильного производства, имеющих высокое содержание железа.
Abstract. In this work, the structure of the alloy obtained by liquid-phase reduction from industrial waste (slag) of a metallurgical enterprise is investigated.
Ключевые слова: техногенные отходы, металлургический шлак, жидкофазное восстановление, белый чугун, микроструктура.
Keywords: industrial waste, metallurgical slag, liquid-phase reduction, cast iron, microstructure.

Проанализировав [1] шлак местного металлургического предприятия было выявлено присутствие в составе высокого содержания железа. Основой переработки металлургических шлаков сталеплавильного производства является извлечение из них железа. В работе [2] авторами рассматривается возможность извлечения из металлургических шлаков железа путем жидкофазного восстановления на электрошлаковой установке. Химический состав полученного сплава представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Средний химический состав полученного сплава в процентах

C	S	Si	Mn	Cr	P	Ni
5,57	0,056	0,06	5,71	1,20	0,196	0,01

Анализ микроструктуры полученного сплава происходил на металлографическом микроскопе Nikon MA200. Снимки микроструктуры слитка представлены на рисунке 1.

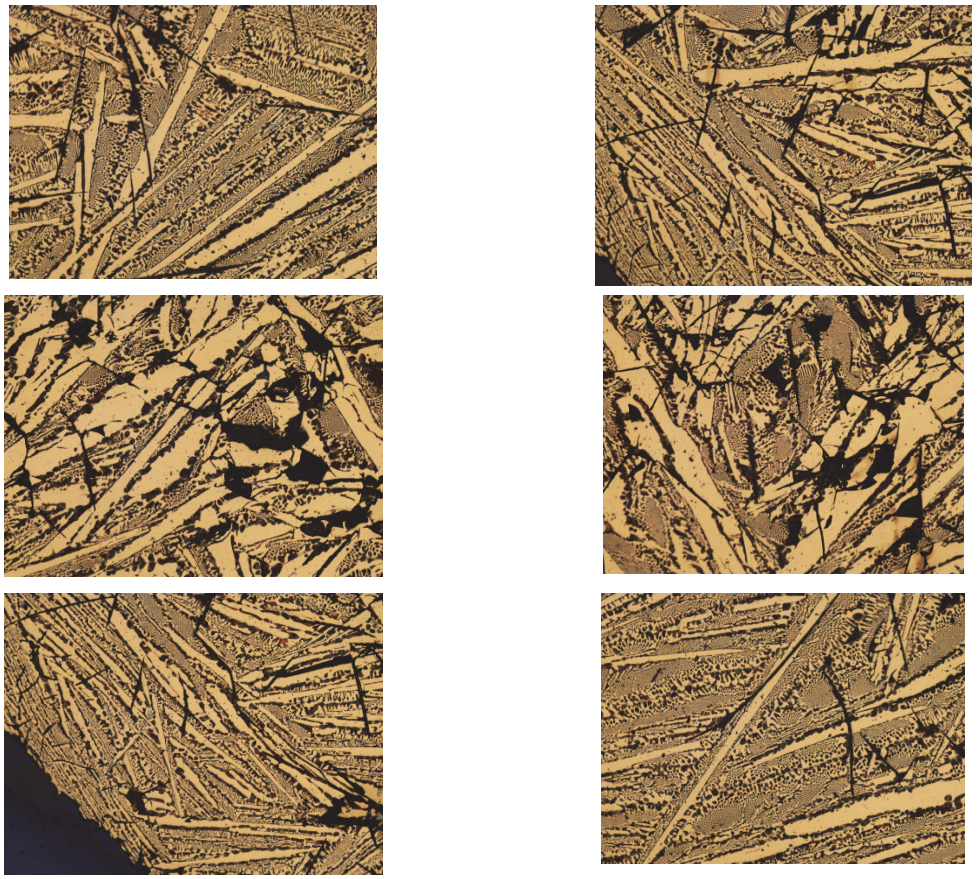


Рисунок 1 – Снимки микроструктуры полученного сплава с увеличением х100

Структура слитка представлена пластинами первичного цементита и колониями превращенного ледебурита [3] а так же усыпана порами и трещинами.

Вывод. Проведенный анализ микроструктуры сплава полученного путем электродугового переплава говорит о том что полученный материал является ничем иным как белым заэвтектическим чугуном. Так же об этом говорит содержание углерода в составе выше чем 4,3%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Старцев Е.А., Соболев Б.М. Анализ металлургического шлака // В сборнике: Молодежь и наука: Актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 208-210.

2 Старцев Е.А., Соболев Б.М., Леонтьевский К.Б. Исследование возможности переработки металлургических шлаков // В сборнике: Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований материалы II Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 2019. С. 197-199.

3 Материаловедение. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. С. Бирон т, Т. А. Орелкина, Т. Н. Дроздова и др. – Электрон. дан. (9 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2008. – (Материаловедение : УМКД № 12-2007 / рук. творч. коллектива Л. С. Цурган, Л. А. Быконя, Т. А. Орелкина).

УДК 669.295:621.785:623.093
Степушин Александр Сергеевич, аспирант, Stepushin Aleksander Sergeevich
Шалин Алексей Владимирович, молодой учёный,
Shalin Alexey Vladimirovich
Гвоздева Ольга Николаевна, кандидат технических наук, доцент,
Gvozdeva Olga Nikolaevna
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт
(национальный исследовательский университет)» (МАИ)

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ВРЕМЕНИ И КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И РАСТВОРЕНИЯ «ИЗОЛИРУЮЩИХ» ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ВТ6

INFLUENCE OF TEMPERATURE, TIME AND HYDROGEN CONCENTRATION ON THE REGULARITIES OF FORMATION AND SOLUTION OF «INSULATING» OXIDE COATINGS ON THE VT6 TITANIUM ALLOY

Аннотация. В работе определены температурно-временные параметры термической обработки в воздушной атмосфере, позволяющие сформировать на образцах ВТ6 оксидное покрытие с высокими «изолирующими» свойствами против проникновения водорода до 0,4%.
Abstract. In this work, we determined the temperature-time parameters of heat treatment in an air atmosphere, which make it possible to form an oxide film on VT6 samples with high «insulating» properties against hydrogen penetration.
Ключевые слова: титановый сплав, свойства, градиентная структура, изолирующее покрытие, оксид, водород, отжиг.
Keywords: titanium alloy, properties, gradient structure, insulating coating, oxide, hydrogen, annealing.

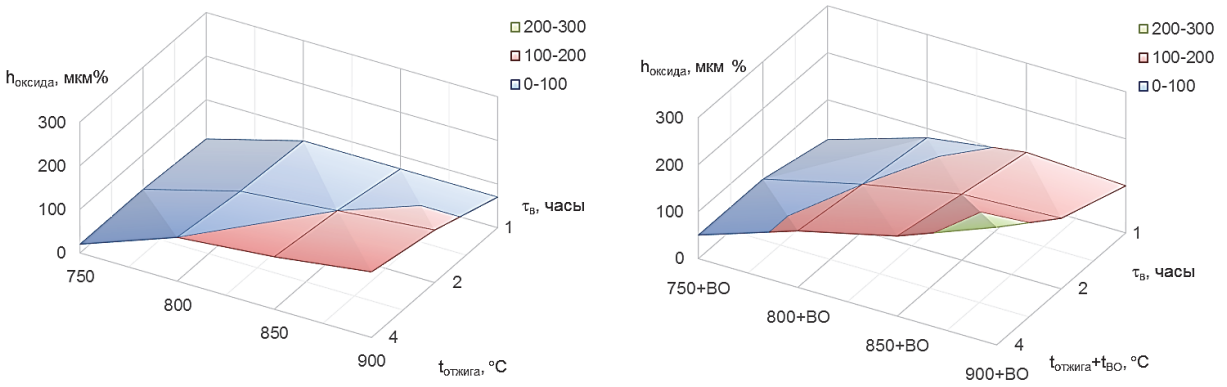
Интересным и перспективным направлением развития титановых сплавов может быть создание на их основе лёгкого материала с повышенной стойкостью к динамическим направленным высокоскоростным нагрузкам [1]. В целом титановые сплавы обладают более высокой прочностью по сравнению с алюминиевыми сплавами (АМг5, В95 и другими), более низкой плотностью, чем классические стали (77, 44С, СПС-43 и другие), а также имеют меньшую хрупкость, чем керамические материалы на основе оксидов и карбидов (Al_2O_3, SiC, B_4C). Такие материалы должны иметь твёрдую поверхность и вязкую сердцевину, совместно обеспечивающие деформацию поражающего элемента и поглощение большей энергии удара [2]. Для этого создают многослойных материалов типа «Сэндвич» или композиционные материалы. Так же повысить их динамическую стойкость можно за счёт создания «односторонних» градиентных

структур. Такое преобразование структуры можно осуществить с помощью термоводородной обработки [3], но для этого необходимо «изолировать» остальные стороны полуфабриката от возможности проникновения водорода.

Поэтому целью работы было исследование влияние температурно-временных и температурно-концентрационных параметров обработок в воздушной атмосфере и в вакууме на закономерности формирования и растворения оксидных покрытий на титановом сплаве ВТ6.

Исследования проводились на образцах, вырезанных из горячекатаной плиты толщиной 12,5 мм титанового сплава ВТ6, полученного по промышленной технологии. Толщину оксидного покрытия и глубину проникновения водорода оценивали по микротвёрдости.

Показано, что с повышением температуры окисления с 750° до 900°С и времени изотермической выдержки с 1 часа до 4 часов наблюдается увеличение толщины окалины с альфированным слоем примерно в 7 раз. Так оксидное покрытие минимальной толщины (10 мкм) формируется после окисления при 750°С в течении 1 часа, а максимальная толщина (150 мкм) достигается после обработки при 900°С в течении 4 часов (рис. 1а).



а) б)

Рисунок 1 – Толщина оксидного слоя на образцах из титанового сплава ВТ6 в зависимости от параметров термической обработки в воздушной (а) и вакуумного отжига при 800°С в течение 1 часа (б)

Установлено, что значительное увеличение протяжённости альфированного слоя после вакуумного отжига наблюдается на образцах предварительно окисленных при 900° и 850°С в течении 4 часов. Это связано с диффузии кислорода вглубь металла и с сохранением сформированного оксидного покрытия. На образцах предварительно обработанных при более низких температурах и меньших временах толщина газонасыщенных слоёв после вакуумного отжига практически не отличается от «исходного» состояния, что объясняется растворением оксидного покрытия (рис. 1б).

Влияние концентрации водорода на «защитные» свойства оксидных покрытий исследовали на образцах предварительно обработанных при температуре 900°С в течение 4 часов.

Анализ полученных данных показал, что с повышением содержания водорода от 0,3% до 0,6% со сторон свободных от оксида наблюдается увеличение глубины проникновения водорода с 1800 мкм до 4000 мкм, соответственно. Однако со сторон «изолированных» оксидным покрытием при концентрациях водорода более 0,4% также наблюдается неизменная твёрдость на значительной глубине (рис. 2). Это свидетельствует о частичной потере «защитных» свойств оксидного покрытия.

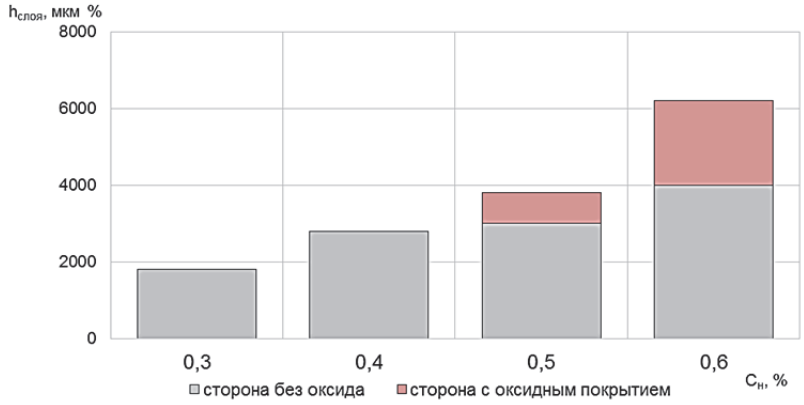


Рисунок 2 – Глубина проникновения водорода со сторон свободных (серый) и со сторон «изолированных» (красный) оксидным покрытием при 900°С в течении 4 часов

Таким образом, проведённые исследования показали, что лучшими «изоляционными» свойствами обладают оксидные покрытия, сформированные при изотермической выдержки при температуре 900°С в течение 4 часов. Установлено, что такое оксидное покрытие эффективно предохраняет полуфабрикат от проникновения водорода только до 0,4%. Показано, что «защита» полуфабриката с помощью оксидного покрытия позволяет осуществить «одностороннее» градиентное изменение структуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Купрюнин Д.Г., Гавзе А.Л., Чусов С.Ю., Использование титановых сплавов для конструкционных и броневых деталей изделий автобронетанковой военной техники и средств индивидуальной бронезащиты (СИБ) // Вопросы оборонной техники, 2017 – с. 114-122.

2. Работоспособность броневых материалов / Анастасиади Г.П., Сильников М.В. // СПб.: Астерион, 2004. - 624 с.

3. Ильин А.А., Скворцова С.В., Мамонов А.М., Колеров М.Ю., Влияние водорода на фазовые и структурные превращения в титановых сплавах разных классов // Физико-химическая механика материалов. 2006. Т42, № 3. С. 33-39.

УДК 621.9.015, 621.7.05
Третьяков Александр Андреевич, бакалавр; Tretyakov Aleksandr Andreevich
Алтухова Виктория Викторовна, старший преподаватель;
Altukhova Viktoriya Viktorovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ОПОРНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ШЕРОХОВАТОСТИ

SURFACE QUALITY ASSESSMENT BY REFERENCE SUPPORT PARAMETERS

Аннотация. Рассмотрены опорные параметры шероховатости для оценки качества поверхностей.
Abstract. The reference roughness parameters for assessing the quality of surfaces are considered.
Ключевые слова: опорные параметры шероховатости, оценка качества поверхности.
Keywords: reference roughness parameters, surface quality assessment.

Среди параметров шероховатости есть такие, которые называются опорные или гибридные. Такие параметры зависят как от высоты, так и от шага неровностей. Международным стандартом ИСО 4287 предусмотрены следующие параметры:

– RDq – параметр, который оценивает адгезионные свойства поверхности, учитываемые при нанесении покрытий и покраске; фрикционные свойства, концентрацию напряжений, устойчивость к износу. Чем меньше значение, тем больше отражательная способность поверхности;

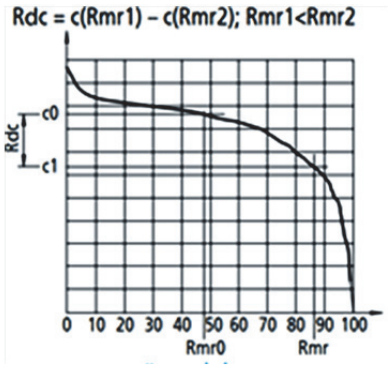


Рисунок 1 – Определение параметра Rdc [1]

– Rmr(c) соответствует параметру tp по межгосударственному стандарту ГОСТ 25142 и характеризует фактическую площадь контакта при контактировании шероховатых поверхностей на заданном уровне сечения;

– Rmr – относительный коэффициент смятия для определения «изнашиваемости» поверхности;

– Rdc – вертикальное расстояние между двумя уровнями срезов для данного коэффициента смятия (рисунок 1).

Помимо перечисленных параметров, современные профилометры предоставляют возможность осуществлять оценку шероховатости поверхности по, так называемому, «семейству Rk параметров». Такие параметры регламентированы международным стандартом ИСО 13565-2 [2], относятся к отраслевым, с их помощью оценивают функционирование поверхностей, ис-

пытывающих сильные механические напряжения, описывают требования к таким поверхностям, как, зеркала цилиндра бензиновых двигателей внутреннего сгорания:

– Rpk – оценивает высоту выступов, которые в начальный период эксплуатации быстро изнашиваются;

– Rvk – оценивает глубину впадин профиля, влияющую на усталостное разрушение и смазывающую способность поверхности;

– Rk – оценивает основу профиля поверхности, являющейся несущей и находящейся в работе длительное время;

– Mr1 – относительная материальная составляющая к выступам – доля материала в процентах, отделённая линией, разделяющей высоту от сердцевины профиля;

– Mr2 – относительная материальная составляющая к впадинам – доля материала в процентах, отделённая линией, разделяющей впадину от сердцевины профиля. Используется для оценки несущей способности поверхности;

– A1 – зона выступов профиля, наполненная материалом, зона пиков;

– A2 – зона впадин профиля, заполняемая маслом, зона следов обработки.

Сравнению по данным параметрам подверглись плоские образцы корсетного типа из титанового сплава ВТ6ч. Сначала все образцы подверглись фрезерованию, шлифованию, отжигу и зачистке виброабразивной обработкой керамическими чипсами в течение 80 мин, далее поверхности образцов КТ-1 – КТ-6 и КТ-8 – КТ-11 прошли виброударное упрочнение стальными шариками в течение 40 мин. затем образцы КТ-1 – КТ-3 зачистили виброабразивной обработкой керамическими чипсами в течение 80 мин, образцы КТ-4 – КТ-6 зачистили виброабразивной обработкой керамическими чипсами в течение 160 мин, поверхности образцов КТ-8 и КТ-9 обработали в растворе азотной кислоты 400 г/л в течение 60 мин.

Результаты сравнения качества поверхностей образцов по опорным параметрам (рисунок 2) следующие:

1) по параметру RDq следует, что поверхности образцов, не подвергшиеся повторной зачистке, имеют большую отражательную способность;

2) параметры Rmr, Rmr(c), Rdc указывают на то, что виброударное упрочнение поверхности образцов способствует увеличению герметичности и жесткости соединений таких поверхностей;

3) значения параметров семейства Rk выше для образцов, чьи поверхности подвергались повторной зачистке, следовательно, для таких поверхностей характерно увеличенное время приработки, увеличение маслоемкости.

Таким образом, помимо известного «отечественного» параметра tp, современные профилометры позволяют оценивать несущую способность поверхности еще по нескольким параметрам, утвержденным международными стандартами.

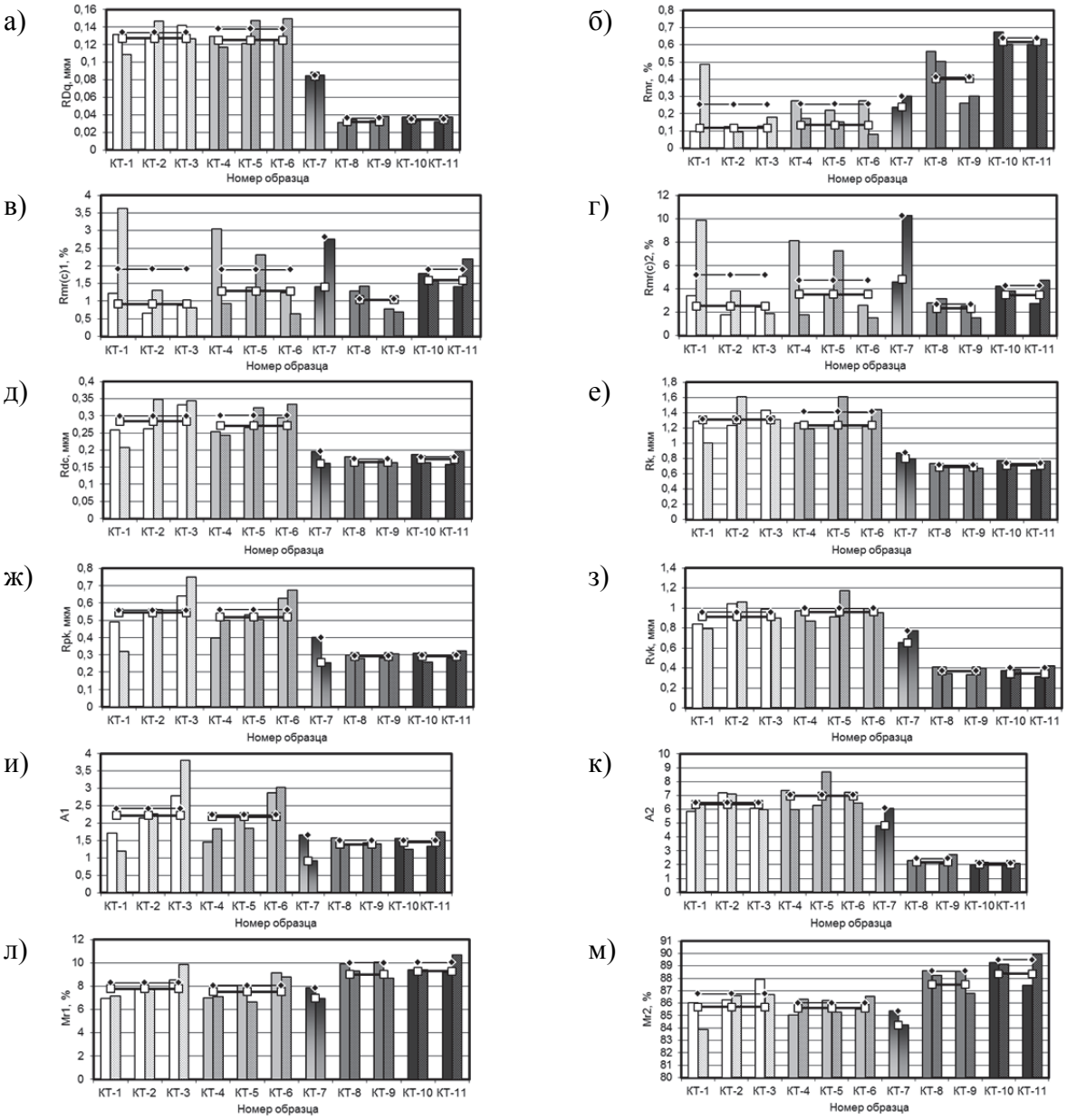


Рисунок 2 – Параметры шероховатости образцов: а – RDq; б – Rmr; в – Rmr(c)1; г – Rmr(c)2; д – Rdc; е – Rk; ж – Rpk; з – Rvk; и – A1; к – A2; л – Mr1; м – Mr2

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Табенкин, А.Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт / А.Н. Табенкин, С.Б. Тарасов, С.Н Степанов; под ред. Н.А. Табачниковой. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 136 с.

2 ИСО 13565-2-1998. Геометрические характеристики изделий (GPS). Структура поверхности: профильный метод. Поверхности с послойным распределением функциональных свойств. Часть 2. Характеристика слоёв методом выделения линейного участка на кривой процентного содержания материала. – Введ. 1998-03-16.

УДК 62-64
Тютрин Максим, магистр; Tyutrin Maxim
Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;
Sarilov Mikhail Yuryevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СЖИГАНИЕ ВОДОМАЗУТНОЙ ЭМУЛЬСИИ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ

COMBUSTION OF WATER-OIL EMULSION IN BOILER PLANTS

Аннотация. В статье проведено рассмотрение вопросов по уменьшению вредных выбросов в атмосферный воздух на котельных и тепловых электрических станциях, работающих на мазуте, путем использования эмульсии воды и мазута (ВМЭ) как топлива.
Abstract. The article discusses the issues of reducing harmful emissions into the air at boiler houses and thermal power plants operating on fuel oil by using an emulsion of water and fuel oil (VME) as fuel.
Ключевые слова: водомазутная эмульсия, нефтеперерабатывающие заводы, котельные установки, паровые и водогрейные котлы, диспергатор, снижение загрязняющих выбросов, сжигание мазута.
Keywords: water-oil emulsion, oil refineries, boiler plants, steam and hot water boilers, dispersant, reduction of polluting emissions, fuel oil burning.

Научные изыскания по снижению расходов топлива и экологичности работы котельных работающих на мазуте очень востребованы в данное время. Наилучшим технологическим средством достижению хороших показателей в этом вопросе может быть использование водомазутной эмульсии. Исследование таких эмульсий началось еще в Советском Союзе в начале второй половины прошлого века. При этом было опробовано многие изобретения и новшества. При этом практические применения, расчеты, однозначно показывали что изменение технологии подготовки топлива для котлов, конкретно применение ВМЭ, является наиболее целесообразным.

В технологическом процессе котельной, которая использует в качестве топлива мазут неизбежно появляются проблемы, связанные с обводненностью мазута, а именно обрыв пламени горелки. Это приводит к перебоям в качественном обеспечении тепловой энергией и технологическим паром потребителей. Основной такой проблемой является обводненность мазута:

- обводненность мазута возникает при разогреве мазута в цистерне, поставляемой железнодорожным транспортом. При этом разогрев происходит открытым острым (насыщенным) паром. Продолжительность разогрева в холодный период года составляет от 24 часов до 60 часов. Это связано с промерзанием мазута в пути следования от нефтезаводов к котельным. Параллельно на время разогрева мазута влияет снижение качества

мазута, выпускаемого нефтезаводами. Это связано с повышением качества переработки нефти на нефтеперерабатывающих заводах. Также обводненность мазута возникает при хранении в подземных накопительных емкостях (объемом 100-1000 $м^3$), где подогрев топлива осуществляется змеевиками, в которых теплоносителем является пар. В таких емкостях зачастую нет возможности осмотра змеевиков на целостность. Загрязнение окружающего атмосферного воздуха происходит за счет продуктов сгорания мазута, а именно сажи, бензопирена, оксидов азота и углерода. Обводненность мазута приводит к загрязнению водного бассейна, из-за уноса мазута дренажными водами, которые сливаются из емкостей хранения как отстоявшиеся линзы воды.

Экспериментальным путем было установлено что простое смешивание (пусть даже интенсивное) мазута и воды не приводит к образованию эмульсии которую можно было бы использовать в качестве топлива. В эмульсии все также будет находится вода в виде крупных частиц, оказывая влияние на горение факела в горелке. Для качественного смешивания мазута и воды необходимо использовать специально разработанные устройства – диспергаторы.

Диспергаторы позволяют смешать мазут и воду таким образом, что образуется эмульсия которую можно использовать в качестве топлива. Такая эмульсия приводит к эффективному сжиганию мазута, при котором снижаются вредные выбросы в атмосферный воздух, снижается расход мазута, при незначительном снижении КПД котла. Основой таких эмульсий, при рассмотрении в многократном увеличении, являются образовавшиеся мицеллы. Мицелла - это капля воды, которую обволакивает тонкий слой мазута, своеобразная «капля в капле». Мазут удерживается на поверхности воды за счет наличия в частице заряда. В дальнейшем такая эмульсия подается на горелку под номинальным давлением 2-10 $кгс/см^2$. При этом в процессе горения эмульсии микровзрывы частиц воды с дроблением, на множество более мелких, частиц мазута. Это связано с тем что в области горения происходит вскипание воды, а за счет имеющегося заряда она удерживается частицами мазута. Но при достижении критичного давления все же частица воды взрывается, и мелкораздробленные частицы мазута сгорают в факеле. При этом происходит наиболее полное сгорание мазута. Из-за содержания воды в факеле горелки, пламя приобретает синеватый оттенок. Использование эмульсий позволяет: снизить выбросы оксидов серы, азота и углерода примерно в два с половиной раза; снизить расходы топлива на выработку тепла; уменьшить коррозию элементов котла и тягодутьевого оборудования снижением образования серной кислоты в уходящих газах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Катин В.Д. Экологические проблемы сжигания топлива в котельных установках и перспективы их решения // Наука и техника транспорта. — 2004. — № 2. — С. 6—11.

2 Иванов В. М. Топливные эмульсии. - М.: Изд-во АН СССР.- 1962г.

УДК 621.791
Улановская Анастасия Игоревна, студент; Ulanovskaya Anastasia Igorevna
Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой ТСМП; Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ВЛИЯНИЕ, ДОПУСТИМЫХ ПО НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ, ДЕФЕКТОВ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

INFLUENCE OF ALLOWED BY THE REGULATORY DOCUMENTATION OF DEFECTS OF THE WELDED PLUG WIRE ON THE QUALITY OF WELDED CONNECTIONS

Аннотация. Эта работа представляет собой анализ требований нормативной документации к сварочной проволоке сплошного сечения (ГОСТ2246 – 70 Проволока стальная сварочная. Технические условия; ГОСТ7871 – 75 Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия; ГОСТ27265 – 87 Проволока сварочная из титана и титановых сплавов). Выявление взаимосвязи между допустимыми (по нормативной документации) дефектами сварочной проволоки сплошного сечения и качеством сварных соединений.
Abstract. This work is an analysis of the requirements of regulatory documentation for a solid section welding wire (GOST2246 – 70 Welding steel wire. Specifications; GOST7871 – 75 Welding wire of aluminum and aluminum alloys. Specifications; GOST27265 – 87 Welding wire of titanium and titanium alloys). Identification of the relationship between permissible (according to normative documentation) defects of a welding wire of a continuous cross-section and the quality of welded joints.
Ключевые слова: сварочная проволока сплошного сечения, государственный стандарт, дефекты сварных соединений.
Keywords: solid section welding wire, state standard, defects in welded joints.

Проблеме взаимосвязи качества сварочных материалов и качества сварных соединений, посвящено множество публикаций, но они разнятся либо по способу сварки, либо по самим свариваемым материалам. В этой работе сделана попытка определить доминирующие недостатки сварочной проволоки, влияющие на дефектность сварного шва различных металлов (алюминиевых и титановых сплавов, нержавеющей стали) при MAG и TIG сварке.

В РФ качество сварочной проволоки сплошного сечения регламентируется следующими стандартами, ГОСТ2246 – 70 Проволока стальная сварочная. Технические условия; ГОСТ7871 – 75 Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия; ГОСТ27265 – 87 Проволока сварочная из титана и титановых сплавов. Эта нормативная до-

кументация включает в себя множество требований к качеству, методам испытаний, химическому составу металла проволоки, входного контроля, маркировки, хранения, транспортировки сварочной проволоки и т.п., однако подавляющее большинство всех допусков имеют очень большой диапазон. Зачастую, дефекты сварочной проволоки сплошного сечения кроятся именно в допусках отклонения. Рассмотрим это на примере одной из важнейших характеристик сварочной проволоки сплошного сечения – диаметре. Диаметры проволоки и предельные отклонения по ним должны соответствовать указанным на рис.1

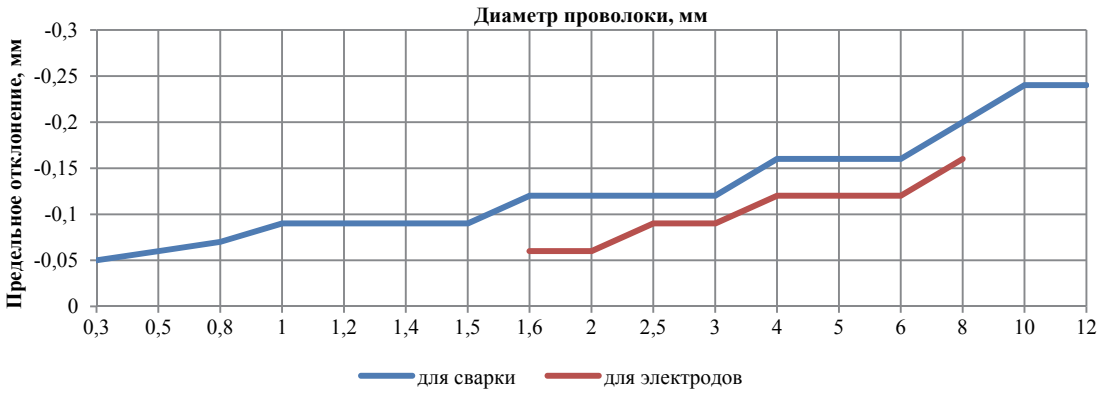


Рисунок 1 – Диаграмма диаметры проволоки и предельные отклонения по ним

Как видно из рис.1 с возрастание предельного отклонения пропорционально диаметру проволоки. Для высоколегированной проволоки, подвергаемой травлению, предельные отклонения по диаметру допускаются на 50% более указанных на рис. 1. Так же, что немало важно, овальность проволоки не должна превышать половины предельного отклонения по диаметру. Возможны случаи, когда по требованию потребителя проволока изготавливается с улучшенной поверхностью, тогда на поверхности проволоки допускаются мелкие волочильные риски, царапины, следы шлифовки, местная рябизна и отдельные вмятины при глубине каждого из указанных пороков не более 1/4 предельного отклонения по диаметру.

Сварочная проволока является одним из основных материалов в процессе сварки MAG и TIG, а выше сказанное указывает на не достаточное внимание к строгости нормативной документации, которая в свою очередь диктует тенденции заведомо не качественного сырья.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 2246–70 Проволока стальная сварочная. Технические условия;

2 ГОСТ 7871–75 Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия;

3 ГОСТ 27265–87 Проволока сварочная из титана и титановых сплавов;

4 Акулов, А. И. Сварка в машиностроении т. 2 / Г. А. Асиновская, В. В. Баженов – Москва : «Машиностроение», 1978. – 462 с.

УДК 621.791
Улановская Анастасия Игоревна, студент; Ulanovskaya Anastasia Igorevna
Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент,
Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ДЕФЕКТЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОВОЛОКИ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

DEFECTS ARISING WHEN THE PRODUCTION OF THE CONTINUOUS WIRE WIRES, INFLUENCING THE QUALITY OF WELDED JOINTS

Аннотация. В данной работе рассмотрен процесс производства сварочной проволоки сплошного сечения, изучены дефекты, возникающие в ходе её производства. Представлено описание того, как эти дефекты влияют на качество сварных соединений.
Abstract. In this paper, we consider the process of production of a welding wire of solid cross section, studied the defects that arise during its production. A description is provided of how these defects affect the quality of welded joints.
Ключевые слова: сварочная проволока сплошного сечения, структура зерна металла, дефекты поверхности сварочной проволоки, волочение.
Keywords: solid section welding wire, metal grain structure, surface defects of the welding wire, drawing.

Сварочная проволока сплошного сечения применяется для полуавтоматической и автоматической сварки, а также для изготовления электродов и присадочных прутков, её подразделяют на три основные группы:

Сварочная проволока сплошного сечения				
Стальная		Титановая	Алюминиевая	
Сплошная	Омеднённая		Отожжённая	Полированная

Следующая нормативная документация: ГОСТ 2246–70 Проволока стальная сварочная. Технические условия; ГОСТ 7871–75 Проволока сварочная из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия; ГОСТ 27265–87 Проволока сварочная из титана и титановых сплавов, определяет критерии не только хранения, транспортирования, приемки, маркировки, но и химического состава, физических свойств, а так же методов испытаний определяющих качество сварочной проволоки сплошного сечения (её пригодность к эксплуатации в формате сварочного сырья). Так же в этих ГОСТ-ах указаны допустимые дефекты на поверхности сварочной проволоки сплошного сечения.

Процесс изготовления сварочной проволоки является основополагающим образования дефектов поверхности проволоки. Первым этапом этого

технологического процесса является получение слитков, которые из плавильной печи поступают на горизонтальный участок транспортировки и резки. Здесь слитки режут на необходимую длину, часть слитков складируют для отправки потребителям, а часть поступает в прессовый цех. В этом цеху путем прессования на специальных горизонтальных гидравлических прессах из слитков получают заготовку для дальнейшего волочения проволоки (на загрузочной площадке слитки должны быть правильно уложены по сплавам и размерам). Предварительно слитки нагревают в индукционных или газовых методических нагревательных печах, затем при помощи специального механизма подачи разогретый слиток подаётся на стол тележки слитковоза, которая двигается к прессу. Тележка устанавливает слиток и пресс шайбу крена против отверстия контейнера, слиток подпрессовывается. В процессе прессования слиток, под давлением передаваемый через пресс шайбу проходит через отверстие матрицы. По окончании прессования проволочной заготовки вертикальным ножом отрезается прессостаток и выталкивается из очка матрицы на стеллаж [1]. В результате прессования слиток существенно деформируется, изменения формы и размеров слитка связанны с изменением формы и размеров каждого зерна металла, что представлено на рисунке 1 (при обработке давлением зёрна вытягиваются, а их размер уменьшается, при этом металл приобретает волокнистое строение).

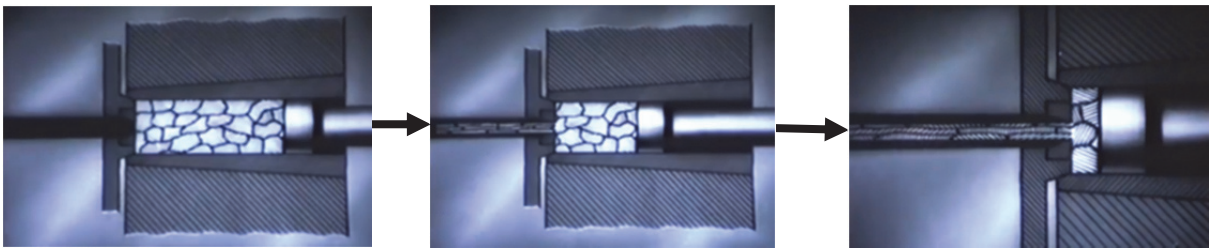


Рисунок 1 – Изменение структуры зерна металла

Деформация оказывает влияние на механические, физические и химические свойства металла, например: возрастает твердость, растворимость металла в кислотах, но снижается теплопроводность, магнитная проницаемость сопротивление коррозии. На качество сварных соединений оказывают влияние следующие дефекты поверхности проволоки сплошного сечения: трещины, расслоения, закаты, раковины, забоины. Но на самом деле большую угрозу для сварных соединений несут не сами дефекты, а тот факт, что зачастую поверхность проволоки имеет значительное количество загрязнений (окалины, ржавчины, масла и другие).

Сейчас уже существуют методы улучшения поверхности сварочной проволоки сплошного сечения при подготовки к сварке, однако они не приобрели популярность в крупносерийном производстве. Вероятнее всего наиболее удачным способом подготовки поверхности сварочной проволоки будет предварительная, лазерная термообработка поверхности проволоки [2]. Это позволит не только удалить все загрязнения, но и избавит сварочную проволоку от поверхностных дефектов, благодаря чему качество

сварных соединений выполненных с применением проволоки сплошного сечения увеличится.

Опираясь на выше сказанное можно сделать следующие выводы: в процессе производства проволоки сплошного сечения возникает множество дефектов её поверхности, которые согласно государственным стандартам не являются существенными. Однако исследования показали, что даже они оказывают значительное влияние на качество сварных соединений (дефектообразование). Одним из наиболее неблагоприятных, но допустимых дефектов, является образование рисок в процессе производства сварочной проволоки сплошного сечения методом волочения. Риски являются не только самостоятельным дефектами, но и хранителями различного рода загрязнений, что усиливает их губительное воздействие.

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 Пат. 2660534 Российская Федерация, МПК[7] B 23 K 26/352, B 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 338.246.2

Фу Чжаньбяо, студент; Fu Zhanbiao
Олещук Валентина Александровна, кандидат технических наук, доцент;
Valentina Aleksandrovna Oleschuk
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ШИРОКОФЮЗЕЛЯЖНЫЙ САМОЛЕТ – СОВМЕСТНЫЙ ПРОЕКТ РОССИИ И КИТАЯ

WIDEBODY AIRCRAFT – RUSSIA AND CHINA JOINT PROJECT

Аннотация. Данная работа посвящена изучению перспектив реализации совместного российско-китайского проекта широкофюзеляжного дальнемагистрального самолета. Рассматриваются этапы реализации программы.

Abstract. This work is devoted to the study of the outlook of the joint Russia-China widebody aircraft project. Stages of the project are scrutinized.

Ключевые слова: широкофюзеляжный дальнемагистральный самолет, прототип самолета, композитные материалы, авиасалоны China Airshow и МАКС-19, металло-композитный фюзеляж.

Keywords: widebody long-range aircraft, aircraft prototype, composite materials, Cina Airshow and MAKS-19 aviation exhibitions, metal-composite fuselage.

В ближайшие 20 лет китайскому рынку воздушных перевозок потребуется более 7000 самолетов, он станет первым в мире рынком масштабом более триллиона долларов США [1]. Китай стремится производить гражданские самолеты собственного производства. Необходимость изучения опыта создания современных авиалайнеров ведущих авиастроительных корпораций, заставляет Китай интенсивно развивать международное сотрудничество в области авиастроения.

Сотрудничество России и Китая по проекту создания самолета CR929 -пример такой кооперации. Междугородние китайско-российские широкофюзеляжные пассажирские самолеты - это важный стратегический проект сотрудничества для сотрудничества высокотехнологичных компаний двух стран. 25 июня 2016 года КОМАК и Российская объединенная авиационная производственная группа заключили соглашение между двумя странами о возможности создании совместного производства новой концепции самолета [2].

Концепция самолета разрабатывается российской «Объединённой авиастроительной корпорацией» (ОАК) и китайской COMAC. Соглашение о кооперации подписано в 2014 году. Разработка широкофюзеляжных пассажирских самолетов - это важный стратегический проект сотрудничества высокотехнологичных компаний двух стран. На рисунке 1 показан общий вид будущего самолета CR929. Окраску фюзеляжа самолета для внутренних авиалиний решено выполнить в двух цветах: красном и синим. Красный традиционный цвет Китая, синий символизирует Россию. Проект имеет большое значение для обеих стран, носит инновационный характер.

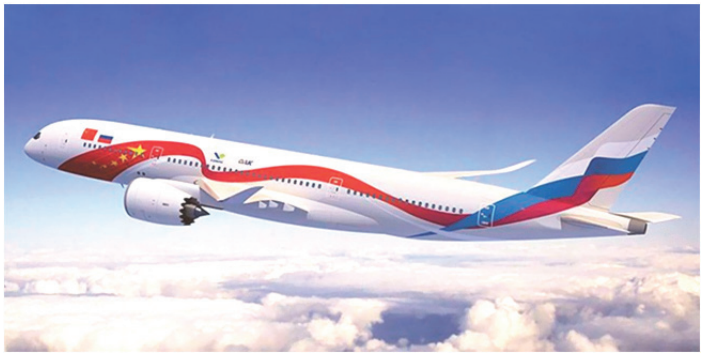


Рисунок 1 - Общий вид самолета CR929

Работу над самолетом COMAC и ОАК начали в 2016 г. В ноябре 2016 года, в городе Чжухай, впервые полномасштабная модель будущего лайнера была представлена будущим потребителям.

В ноябре 2018 года на авиасалоне China Airshow в Чжухае впервые презентовали наглядный макет российско-китайского совместного широкофюзеляжного дальнемагистрального самолёта CR929. Макет дает наглядное представление как будет выглядеть красавец авиалайнер [3]. Эта презентация стала важным шагом в совместной работе двух стран над проектом [1]. Предполагается, что эксплуатация CR929, будет на 10% дешевле, чем у конкурентов, прежде всего потому, что в конструкции центроплана будут использоваться новые композиционные материалы. В результате значительного уменьшения общего веса самолета значительно улуч-

шаться его летные характеристики. Кроме того, повысились требования к удобству для пассажиров. Фюзеляж CR929 будет шире, чем у Boeing 778. Это позволяет вместить до 9 кресел в ряд в экономклассе при ширине кресел в 18 дюймов. Базовая версия CP929-600 в трехклассной компоновке будет способна перевозить 280 пассажиров на расстояние до 12000 км [2].

Благодаря последним достижениям в аэродинамике при проектировании центроплана самолета и современной конструкции крыла с законцовками CR 929 может быть на 15 процентов эффективнее, чем Boeing 787 Dreamliner и Airbus 350. В августе 2019 года на авиасалоне МАКС-19, в подмосковном Жуковском CR929 стал наиболее интересным экспонатом. К нему проявили интерес многие зарубежные авиаперевозчики. Значительную роль в повышенном спросе на проектируемый самолет играет его цена.

Согласно принятым договоренностям, конструкторские разработки будут производиться в России, а изготавливаться самолет будет на предприятиях Китая. Для реализации этого совместного проекта создается Российско - Китайская корпорация China-Russia Commercial Aircraft International Corporation (CRAIC) [4]. Центр корпорации, который буде координировать и согласовывать все разработки, определение поставщиков, сроки выполнения отдельных этапов проекта, утвебрждать стратегию и развитие и т.п., будет располагаться Шанхае. Предполагается, что первые поставки самолета потребителям начнутся после 2030 года.

Широкий фюзеляж самолета дает возможность увеличить вместимость салона самолета до 250-300 пассажиров. В результате Китай получает самолет, который не только позволит решить проблемы внутренних авиаперевозок, но и дает Китаю конкурентные преимущества на моровых рынках среди традиционно ведущих производителей авиационной техники.

В совместном меморандуме принято решение, президентом совместной корпорации назначен Го Бочжи (Китай), а возглавлять совет директоров будет Олег Евгеньевич Бочаров (Россия). Главным конструктором с российской стороны назначен Литвинов Максим Сергеевич, а с китайской - Чен Инчунь (Chen Yingchun) [3,4]. Принято согласованное решение, что Инженерный центр будет находиться в Москве, и он наделяется полномочиями разработчика лайнера CR929 [2]. На долю Китая приходится разработка и производство фюзеляжа самолета. Россия будет разрабатывать и производить крыло самолета, отвечать за авионику и работу систем управления самолета.

Для производства композитных компонентов, предназначенных для российско-китайского широкофюзеляжного самолета CRAIC CR929, в КНР создается завод по выпуску современных композиционных материалов. Окончательная сборка CR929 будет производиться на заводе в Шанхае.

Анализ мировых тенденций по возрастанию авиаперевозок на ближайшее десятилетие показывает, что проект широкофюзеляжного самолета быстро окупится [1]. Данный проект позволит Китаю занять достойное место на мировом рынке авиационной техники.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
1 URL: https://vpk.name/library/f/hfdmc.html. (дата обращения 02.03.2020);
2 URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/CR929#cite_note-12. (дата обращения 05.03.2020).
3 URL: Https://Www.Vedomosti.Ru/Business/Articles/2019/04/1. (дата обращения 05.03.2020).
4 URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/CR929 - cite_note-15. (дата обращения 14.03.2020).

УДК 621.516
Ханджанлы Нихад Еман Оглы, магистр; Khanjanli Nihad Eman Ogly
Щетинин Владимир Сергеевич, доцент; Schetinin Vladimir Sergeevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЕЧЕЙ С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КОКСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

RECONSTRUCTION OF FURNACES IN ORDER TO REDUCE THE FORMATION OF COX DEPOSITS

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию реконструкций печей и её элементов. В статье представлены описания методов реконструкции, особое внимание уделено реконструкциям, приводящим к уменьшению коксообразования.
Abstract. This article is devoted to the study of reconstruction of furnaces and its elements. The article describes the methods of reconstructions, special attention is paid to reconstruction, leading to a decrease in coke formation.
Ключевые слова: печь, отложения, нефтепродукты, кокс, межремонтный пробег, реконструкция.
Keywords: furnace, deposits, petroleum products, coke, overhaul mileage, reconstruction.

Многие компании в попытках увеличения эффективности эксплуатации промышленных печей используют различные методы, которые условно можно разделить на организационные и технические мероприятия. Организационные мероприятия включают строгое соблюдение инструкций и мероприятий по эксплуатации печей, своевременный контроль качества и состава производимых продуктов в лабораториях. В свою очередь технические мероприятия состоят из разработки и реализации проектов реконструкции трубчатых змеевиков печи, систем подачи топлива, средств контроля и автоматизации параметров установки и т.д. [1].

Трубчатые печи, благодаря эффективности их использования, получили широкое распространение в нефтепереработке, нефтехимии, химической, металлургической и других отраслях. За время их эксплуатации они раз за разом подвергались огромному количеству реконструкций: улучшалась схема размещения трубчатых змеевиков, оптимизировалась теплонапряженность и

увеличивался выход целевых продуктов, разрабатывались и применялись новые материалы для змеевиков и обмуровки, всё это приводило к увеличению надежности и долговечности, также разрабатывались мероприятия по снижению теплопотерь, по снижению коксовых отложений в змеевиках и многое другое. В результате этого теперь установки могут стабильно работать с продолжительностью межремонтного пробега 180 – 300 суток в год, а иногда и больше, также от этого повысился потенциал производства кокса (выпускается больше ожидаемого количества) на большинстве установок, выпуск электродных и крупнокусковых фракций повысился примерно на 50-60% от суммарного кокса, т.е. очень значительно [2].

Рассмотрим несколько методов реконструкции печей, приводящие к уменьшению отложений кокса.

Если в змеевики печей подавать водяной пар, то это приведет к увеличению скорости сырьевого потока, также от этого уменьшится перегрев в трубах, в итого усилится процесс теплообмена. Когда сырье движется по трубам, оно испаряется по мере прохождения, теплообмен происходит в условиях пузырькового кипения, от этого в трубах растет количество паровой фазы. В этот момент резко возрастает склонность сырья к коксообразованию от перегрева его пристенной пленки, в которой быстро растет концентрация «первопроходцев» кокса – асфальтенов, термически нестойких соединений. Если заменить пар химически очищенной водой, то, как показывает практика, это позволит уменьшить коксообразование в трубах печи и устранить случаи попадания нефтепродуктов в паропроводы с пониженным давлением [1].

Уменьшение потери напора в змеевиках трубчатых печей. Протяженность змеевиков трубчатых печей иногда может достигать нескольких километров. Сырье, поступая по змеевику, со временем нагревается и меняет свое состояние, на входе в печь оно жидкое, а на выходе может быть от жидко-паро-фазного до паро-фазного. Такое изменение физического состояния сырья повлияет на его линейную скорость прохода по трубам и объем [3].

Чтобы трубчатая печь работала нормально, нужно выбрать оптимальную, основанную на всех необходимых расчетах, скорость, с которой сырье будет двигаться по трубам. Если мы увеличим скорость течения сырьевого потока, то тем самым мы повысим коэффициент теплоотдачи от стенок труб к нагреваемому сырью, от этого снизится температуры стенок, и, вследствие этого, уменьшится количество коксовых отложений в трубах. Прогар труб печи будет реже и мы получаем возможность улучшить теплофизические свойства поверхности нагрева. А увеличивая скорость прохождения сырьевого потока, мы приходим к тому, что сырьё, из-за сокращения времени контактирования с внутренней поверхностью, будет оставлять в трубах гораздо меньше отложений и механических частиц. Если увеличить скорость сырьевого потока, то станет возможным уменьшить диаметр труб, ещё одним аспектом станет обеспечение более высокой производительность печи, уменьшение количества параллельных потоков. Но вместе с этим это приводит к увеличению гидравлического сопротивления потоку сырья, из-за этого возрастают энергетические затраты на привод загрузочного насоса, т.е. понадобится более мощный насос [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ентус, Н. Р. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / Н. Р. Ентус, В. В. Шарихин. – М. : Химия, 1987. – 304 с.

2 Каминский, Э. Ф. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты / Э. Ф. Каминский, В. А. Хавкин. - М.: Техника, 2001. – 383 с. : ил.

3 Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа. В 3 т. Т. 1. Общие свойства и первичные методы переработки нефти и газа : учебник для вузов / И.Л. Гуревич. – М. : Химия, 1972. - 360 с.

4 Скобло, А.И. Процессы и аппараты нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности : учебник / А.И. Скобло, И.А. Трегубова, Ю.К. Молоканов. – М. : Химия, 1982. – 584 с.

УДК 621.516

Ханджанлы Нихад Еман Оглы, магистр; Khanjanli Nihad Eman Ogly
Щетинин Владимир Сергеевич, доцент; Schetinin Vladimir Sergeevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КОКСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА УСТАНОВКЕ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ

METHODS FOR REDUCING THE FORMATION OF COKE DEPOSITS IN THE INSTALLATION OF SLOW COCING

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию методов уменьшения закоксованности трубопровода установки УЗК. В статье представлены описания методов и их связь с межремонтным пробегом установки.

Abstract. This article is devoted to the study of methods for reducing the coking of the pipeline installation delayed coking. The article provides descriptions of the methods and their relationship with the overhaul mileage of the installation.

Ключевые слова: УЗК, отложения, нефтепродукты, кокс, межремонтный пробег.

Keywords: DCU, deposits, oil products, coke, overhaul mileage.

Чем дольше длится работа реакционно-нагревательных печей, тем дольше нефтепродукты подвергаются высокотемпературному нагреву внутри установки замедленного коксования, а от этого на теплопередающей поверхности труб образуются отложения кокса, которые накапливаясь, препятствуют нормальной работе установки и ее межремонтный пробег сокращается. Длительность работы печей УЗК российского производства без перерыва на удаление отложений кокса обычно составляет от шести месяцев до одного года. Хоть углеводородный состав сырья, поступающего в печь и сильно влияет на длительность межремонтного пробега, но это далеко не единственный фактор в этом отношении, ведь технологические параметры

работы и конструктивные особенности печей тоже очень сильно влияют. Дефекты внутренней поверхности труб, слой битуминозных и смолистых веществ прилипшие к трубам, расплавленные минеральные компоненты, частицы кокса, вкрапленные в этот слой, тяжелые минеральные компонеты могут стать первопричиной образованию отложений кокса. Со временем работы установки, небольшие участки коксовых отложений всё больше разрастаются, потому что отложениям в таких участках образовываться намного легче, в таких местах увеличивается интенсивность коксообразования. По итогу эти участки отложений приобретают кольцеобразную форму, состоят такие участки преимущественно из механической смеси частиц кокса и компонентов минеральных веществ [1].

Для уменьшения коксовых отложений в трубах стремятся увеличить скорость прохода сырьевого потока, что очень целесообразно, ведь чем меньше времени сырьё находится в трубах, тем меньше коксовых отложений образуется. Обычно скорость сырья увеличивают, добавляя различные турбулизаторы, увеличивая испаряемость сырья (для этого уменьшают разность давлений внутри змеевика), используя конструктивные решения: увеличение диаметра труб печи, в некоторых случаях уменьшают длину трансферной линии.

Таким образом, на длительность межремонтного пробега печей влияют: состав и качество используемого сырья, использование добавок и присадок, конструкция печей [2].

Рассмотрим более подробно некоторые способы уменьшения образования коксовых отложений:

• Введение в сырье добавок и присадок

Снижению скорости образования отложений кокса в змеевиках печи может способствовать уменьшение уровня пены в коксовой камере, а это в свою очередь достигается добавлением в сырье различных добавок, чаще всего это углеводородные компоненты с высокой степенью ароматичности. Этими компонентами могут быть газойли каталитического крекинга, компоненты масляного производства, продукты термического крекинга и другие.

Добавление присадок (ингибиторов коксообразования) в малых количествах (0,001 – 10%), например серы, мешает образованию коксовых отложений тем, что затрудняет процессы полимеризации и конденсации исходного сырья [3].

• Турбулизация сырья

Перед поступлением в печь в горячий сырьевой поток закачивается небольшое количество воды (0,4 – 0,5% на сырье). Из за испарения воды увеличивается объем сырьевого потока, это приводит к резкому увеличения скорости сырья в печи, режим становится турбулентным. Вместе с этим улучшается теплообмен между стенками печных труб и сырьем. Использование турбулизатора приводит к эффективному снижению образования коксовых отложений в змеевике при переработке разных видов сырья, в том числе сырья, имеющего термическую нестабильность и высокое содержание солей. При этом увеличивается длительность межремонтного пробега установки более чем в два раза [3].

• Поддержание оптимальных параметров установки

Если повышать температуру нагрева сырья, то это позволит повысить качество выпускаемого кокса, но у данного метода есть отрицательная сторона: в трубах печи станет намного больше коксовых отложений. Поэтому, для каждого вида сырья подбирается оптимальная температура, при которой достигается необходимое качество и оптимальный межремонтный пробег. Снижение давления приводит к снижению кокса, но вместе с этим и к снижению закоксованности змеевиков печи. Поэтому снижение давления ограничивается качеством кокса [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мухамадеев, Д. Х. Способы очистки печных труб установок замедленного коксования от коксовых отложений / Д.Х. Мухамадеев, Г.Г. Валявин, В.П. Запорин// Нефтегазовое дело: электронный научный журнал. - 2014. - №2. С. 166-171.

2 Бендеров, Д.И. Процесс замедленного коксования в необогреваемых камерах/Д.И. Бендеров, Н.Т. Походенко, Б.И. Брондз. – М. : Химия, 1976. – 176 с.

3 Ентус, Н. Р. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / Н. Р. Ентус, В. В. Шарихин. – М. : Химия, 1987. – 304 с.

4 Высокотемпературные процессы химической технологии. Установка замедленного коксования: Методические указания по выполнению курсовых работ / сост. С.Н. Салтыкова, Н.П. Рогачева. – СПб : Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2015. – 47 с.

УДК 620.179

Холощак Ксения Максимовна, студент; Xenia Maksimovna Kholoschak
Кравченко Елена Генадьевна, кандидат технических наук, доцент;
Kravchenko Elena Genadievna
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЕРОХОВАТОСТИ

DEVELOPMENT OF MEASUREMENT SYSTEM FOR ROUGHNESS CONTROL

Аннотация. Данная работа посвящена разработке проекта измерительной системе для контроля параметра шероховатости профилометром Hommel Tester T500.

Abstract. This work is devoted to the development of a design measuring system for controlling the roughness parameter with a Hommel Tester T500 profilometer.

Ключевые слова: шероховатость, отклонение от формы, параметры шероховатости, профилометр.

Keywords: roughness, shape deviation, roughness parameters, profilometer.

Оценка влияния шероховатости, волнистости и отклонений формы поверхностей деталей на их функциональные свойства является серьезной проблемой. Шероховатость или микрогеометрия поверхности - это одна из важнейших характеристик материалов: она влияет на износостойкость, контактную жесткость, коррозионную стойкость и другие функциональные характеристики поверхности.

На рисунке 1 представлена разработанная схема измерительной системы для контроля параметров шероховатости.

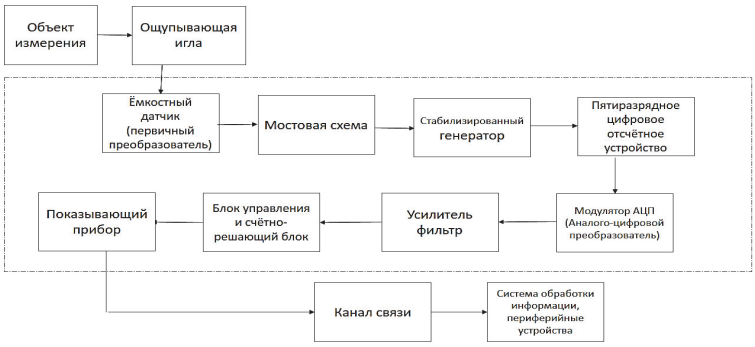


Рисунок 1 – Схема измерительной системы для контроля параметров шероховатости

Объектами измерений являются физические объекты и процессы окружающего нас мира.

У профилометра ощупывающая игла вставлена в стержень, на котором находится индуктивная катушка, помещенная между полюсами постоянного магнита. При этом меняются воздушные зазоры между якорем и сердечником, что приводит к пропорциональному изменению напряжения на выходе дифференциального трансформатора. При колебании иглы в катушке возникает ток, величина которого тем больше, чем больше неровности.

Выработанный сигнал – механический преобразуется в электрический с помощью преобразователя.

Затем сигнал поступает на электронный усилитель. Принцип работы электронного усилителя основан на изменении его активного или реактивного сопротивления электрической проводимости в газах, вакууме и полупроводниках под воздействием сигнала малой мощности.

Через аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который предназначен для преобразования непрерывно-изменяющейся во времени физической величины в эквивалентные ей значения цифровых кодов, сигнал интегрируется в показывающем приборе.

На завершающем этапе через канал связи электрический сигнал визуализируется на экране прибора, таким образом, виден уже усреднённый параметр, который характеризует поверхностные неровности на участке определённой длины не только количественно, но и качественно.

Разработанная измерительная система позволяет не только получить необходимую информацию, но и преобразовать её в аналого-цифровой сигнал, подать сигнал на компьютер, в котором он редактируется, хранится, может использоваться для составления отчёта и передаваться другому пользователю.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Табенкин А.Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт / А.Н. Табенкин, С.Б. Тарасов, С.Н. Степанов. – СПб.: изд-во Поли-техн.ун0-та, 2007, 136 с.

2 ГОСТ 19300-86. Приборы для измерения шероховатости поверхности профильным методом. Технические требования. Введ. 1987-07-01. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1996 г. – 7 с.

УДК 338.246.2

Чжан Биньжу, студент; Zhang Binru
Олещук Валентина Александровна, кандидат технических наук;
Valentina Aleksandrovna Oleschuk
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КИТАЯ

ANALYSIS OF THE PRESENT-DAY STATE OF CHINA AVIATION INDUSTRY

Аннотация. Данная работа посвящена анализу состояния авиационной промышленности Китая. В рамках осуществления общей реформы авиационной промышленности Китая проводятся коренные преобразования авиационной отрасли, внедряются новые технологии в процессе разработки и производства новых образцов авиационной техники. В работе приводится перспективная организационная структура корпорации авиационной промышленности Китая.

Abstract. This work is devoted to the analysis of the present-day state of China aviation industry. As part of the nationwide reorganization of the aviation industry, China conducts drastic transformation of aircraft manufacturing, introduces new state-of-the-art technologies into aircraft design and production processes. This work also presents a prospective organization structure of Aviation Industry Corporation of China.

Ключевые слова: авиационная корпорация, продукция гражданского назначения, организационная структура, производственная база, лайнеры A330, ARJ21.

Keywords: aviation Industry Corporation, civilian industry production, organization structure, industrial production base, A330 and ARJ21 airliners.

В последние годы Китай решает стратегическую задачу, задача обеспечения воздушной перевозкой огромного количества людей за малый период времени, создать комфорт для населения. Анализ показывает, что китайский рынок воздушных перевозок, особенно в страны Азиатского региона, за последние 10 лет возрос на 167%. Число авиационных перевозок на душу населения в настоящее время составляет 0,4. В ближайшие 20 лет Китаю потребуется более 7000 самолетов, он станет первым в мире рынком авиационных перевозок масштабом более триллиона долларов США [1]. Анализ мировых объемов авиационных перевозок за последние десять лет показывает, что на долю Китая уже приходится более 10% от общего числа авиационных перевозок во всем мире. При этом, значительная доля приходится на внутренние перевозки как пассажирские, так и грузовые. Развитие экономики Китая способствует росту запросов населения на использование воздушного транспорта, как внутри страны, так и на зарубежные перевозки.

В декабре 2018 года Управление гражданской авиации КНР обнародовало «План мероприятий по развитию национальной гражданской авиации Китая в новую эпоху», который нацелен на формирование в КНР одного из мощнейших секторов гражданской авиации в мире до 2050 года. Китай стремится удовлетворить запросы, как своего населения, так и зарубежных партнеров и инвесторов, в качественном воздушном сообщении страны со многим странами мира, занять лидирующие позиции в авиастроении. Речь идет не только о создании современных конкурентоспособных моделей самолетов, но и об интенсивном развитии наземных служб. Аэропорты, отвечающие самым современным требованиям правил гражданских перевозок, сервисные службы, позволяющие обеспечит бесперебойные выполнение полетов, высокоинтеллектуальная авионика, позволят Китаю создать у себя в стране самые конкурентоспособные авиационные узлы в мире. Гражданская авиация Китая является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей его промышленности. Стремительное превращение Китая в производителя и экспортера авиационной техники стало возможным в результате мощной поддержке государства. Согласно разработанному «Плану мероприятий» ведется интенсивная реконструкция существующих авиационных заводов, оснащение их самым современным оборудованием и квалифицированными кадрами. Создана 1-я корпорация авиационной промышленности Китая, штаб-квартира которой находится в Пекине. Перспективная организационная структура 1-оц корпорации авиационной промышленности приведена на рисунке 1.

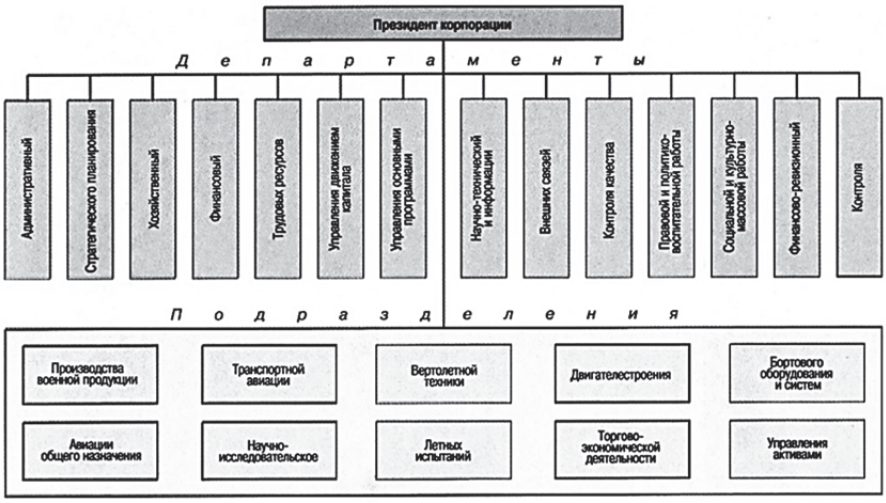


Рисунок 1 - Перспективная организационная структура корпорации авиационной промышленности Китая

Задачей корпорации является проектирование и разработка новых пассажирских и транспортных самолетов. Создание единой корпорации позволило объединить в единое целое целый ряд промышленных предприятий, исследовательских центров, конструкторских бюро. В новую структуру, учрежденную в целях укрепления позиций на международном рынке, вошли: Sichuan Chengfa Aero Science & Technology Co., Avic Aviation Engine Corp. и Avic Aero-Engine Controls Co [3]. Начинается коммерческая эксплуатация детища китайской авиастроения– COMAC ARJ21 (Advanced Regional Jet) первого пассажирского реактивного самолета, разработанного в Китае. Самолет создан Шанхайским НИИ воздушного транспорта и построен в Китае. Начато производство С919 – китайского конкурента российского лайнера МС-21, который еще находится в разработке. В настоящее время, в производство и сборку С919 включены сотни предприятий из центральных городов - Шанхая, Сианя, Шэньяна и др., цепочка промышленности включает производство компонентов самолетов, новые материалы, целый ряд предприятий, выпускающих бортовое оборудование, высокоточные измерительные приборы и т.д.. [2].

Долгие годы основу китайского авиапарка составляли лайнеры иностранного производства. В настоящее время Китай из импортера транспорта гражданской авиации превращается в самостоятельного производителя отечественных самолетов и их экспортера. В последнее время Китай интенсивно развивает международное сотрудничество в области авиастроения. Китай единственная страна, в которой авиакомпания Airbus, поместила заказ на производство самолетов А350 и А320. Началось строительство завода по сборке широкофюзеляжных самолетов А330 в городе Тяньцзинь (Северный Китай). Благодаря сотрудничеству с авиаконцерном Airbus Китай получает доступ к современным технологиям в области авиастроения. Предполагается, что к 2021 году завод будет выпускаться до

четырех лайнеров в месяц. Разрабатывается совместный проект российской «Объединенной авиастроительной корпорации» (ПАО ОАК) и китайской госкомпании по производству авиакосмической техники COMAC широкофюзеляжного самолета CR929-600. В 2017 году в Шанхае было создано предприятие China-Russia Commercial Aircraft International Corporation (CRAIC), по производству нового лайнера CR929 [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 URL: http://militaryarticle.ru/zarubezhnoe-voennoe-obozrenie/2009-zvo/7703-aviacionnaja-promyshlennost-kitaja [1]. (дата обращения 20.02.2020).

2 URL: https://svpressa.ru/economy/article/228323/ [2]. (дата обращения 02.03.2020).

3 URL: https://svpressa.ru/economy/article/228323/ [3]. (дата обращения 10.03.2020).

УДК 004.942

Чунь Чуансинь, студент; Chun Chuangxin, student
Олещук Валентина Александровна, кандидат технических наук, доцент;
Valentina Aleksandrovna Oleschuk
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

3D-MODELING AS A TOOL TO ENHANCE EFFICIENCY OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL PRE-PRODUCTION ENGINEERING

Аннотация. Данная работа посвящена анализу применения 3D моделирования в современном производстве, влияния современных компьютерных методов и технологий на уровень конструкторско-технологической подготовки производства. Рассматриваются возможности использования электронно-геометрической модели.

Abstract. This work is devoted to the analysis of 3D-modeling applications in present-day productions, the effect of modern computer-aided methods and technologies on the level of design and technological pre-production engineering.

Ключевые слова: конструкторско-технологическая подготовка производства, электронно-геометрическая модель, конструкторская документация, технологическая документация, управляющая программа для станка с ЧПУ.

Keywords: design and technological pre-production engineering, digital geometry model, design documentation, technological documentation, execute program for CNC machine.

Эффективность любого предприятия, его конкурентоспособность, определяются, прежде всего, уровнем конструкторско-технологической подготовки производства. Как известно, технологическая подготовка производства включает:

- проектирование технологических процессов;
- проектирование и изготовление средств технологического оснащения:
- режущего, вспомогательного и измерительного инструмента,
- разработку управляющих программ для обработки изделия, технологической оснастки и инструмента на станках с ЧПУ.

Использование современных компьютерных методов и технологий в проектно-конструкторских и технологических работах на основе 3D моделирования, позволяет не только сократить сроки освоения новой продукции, но и минимизировать затраты на их реализацию. Трехмерное моделирование - это процесс разработки математического представления любой поверхности объекта в трех измерениях с помощью специализированного программного обеспечения [1]. Компьютерное моделирование позволяет проделать ту же самую работу значительно быстрее и качественнее. Кроме того, электронная модель, созданная на этой стадии, позволяет провести предварительный расчет габаритных показателей. Компьютерные системы такого типа предоставляют эффективные средства не только для решения проектно-конструкторских задач, но и для гарантированной качественной реализации задач технической подготовки производства. Трехмерная модель изделия является важнейшим инструментом для эффективного взаимопонимания конструкторов и технологов.

Конструкторско-технологическая подготовка производства заключается, прежде всего, в формировании данных (чертежей, технологических документов и т.п.), необходимых для изготовления изделия. Инженер получает электронно-геометрическую модель изделия (3D модель), которая позволяет совершить следующие действия:

- Выполнить чертежи любого среза, в любом изображении под выбранным углом. Следовательно, вместо массы чертежей, достаточно иметь только 3D модель. Поэтому с одним файлом, используя разные слои, могут одновременно работать разные специалисты, и даже разные отделы;
- Подогнать параметры всего изделия, изменив ввод одной какой-либо величины;
- Написать пакет программ для станков с ЧПУ [2].

Разработка конструкторской на основе 3D-моделей, положительно влияет на качество конструкторской документации, сроки её подготовки, позволяет произвести силовые расчеты проектируемого изделия. На предприятиях трехмерные модели используются для выпуска рабочих чертежей.

3D моделирование используется для подготовки технологической документации, соответствующей требованиям стандартов. При разработке технологической документации на изготовления изделия в операционных картах технологических процессов эскизы деталей выполняются на основе 3D моделей. Применение 3D моделирования позволяет выполнять многовариантные расчеты технологических режимов [3]. Применение 3D моделей эффективно для конструктора, создающего новое изделие или для конструкторско-технологических отделов, которые разрабатывают изделия простых геометрических форм, изготавливаемых с помощью механообработки.

Использование 3D моделирования будет целесообразным только при наличии выхода на станки с ЧПУ, что позволяет замкнуть технологическую цепочку и извлечь наибольшие выгоды, которые можно получить от внедрения системы. Модель детали помещается в систему координат станка и проводится её привязка к нулю станка. Можно изменить параметры станка для непрерывной обработки каждой установки. Применение анимации позволяет ещё на стадии разработки управляющей программы произвести её отладку и в случае необходимости внести корректировки.

При использовании 3D моделирования технологическая подготовка производства ведется параллельно всеми конструкторскими и технологическими службами предприятия. Это позволяет на только сократить время технологической подготовки производства, повысить качество изделия, но и, в случае необходимости внесения изменений в конструкцию детали или её технологические характеристики, оперативно изменить управляющую программу [4].

При разработке технологической документации технологу удобно пользоваться 3D моделью. Модель дает возможность визуально представить, как будет установлена на столе станка заготовка, её положение относительно режущего инструмента, привязка к координатам станка. Кроме того, при выборе схемы базирования, гораздо проще понять, обеспечит или нет выбранная схема базирования выполнение требований точности, предъявляемых к детали. Исходя из служебного положения детали в сборочном узле, технолог выберет наиболее оптимальные режимы резания для обеспечения требуемой точности каждой поверхности и параметров её шероховатости.

При разработке управляющих программ для станков с ЧПУ 3D моделирование дает возможность ещё на стадии проектирования увидеть ошибки и устранить их. Таким образом, сокращается не только время на конструкторско-технологическую подготовку производства, но и позволяет значительно сократить материальные затраты на разработку новой продукции, запуск её в производство, исключить вероятность появления брака. Кроме того, 3D моделирование дает возможность использовать анимацию, если она необходима. Статичный объект, в данном случае заготовку, возможно показать, как она приходит во взаимодействие с элементами

станка и инструментов. На этом этапе дополнительно можно рассчитать трение, КПД и другие коэффициенты.

Работать в формате 3D сейчас удобно, интересно и востребовано. Главное, выбрать подходящую программу для наиболее эффективного проектирования [5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/; (дата обращения 20.02.2020);
2 URL: https://sapr.ru/article/6944; (дата обращения 26.02.2020);
3 URL: http://esg.spb.ru/articles/77/; (дата обращения 04.03.2020);;

УДК 621.9:519.8

Шаршунова Екатерина Андреевна, студент;
Sharshunova Ekaterina Andreevna
Коннова Галина Витальевна, кандидат технических наук, доцент;
Konnova Galina Vitalievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА

INCREASING THE RELIABILITY OF OPERATION OF THE CENTRIFUGAL PUMPS OF THE RESERVOIR PUMP OF THE OIL REFINING PLANT

Аннотация. В данной работе с помощью теоретических методов и литературных источников представлен анализ патентного поиска, выявлены плюсы и минусы элементов конструкции центробежных насосов, предложен самый приемлемый способ повышения надежности.

Abstract. In this article, using theoretical methods and literature, an analysis of patent search is presented, the pros and cons of the structural elements of centrifugal pumps are identified, the most acceptable way to improve reliability is proposed.

Ключевые слова: надежность насоса, центробежный насос, эластичное кольцо, конструктивные элементы.

Keywords: pump reliability, centrifugal pump, elastic ring, structural elements.

Центробежный насос- это насос, в котором с помощью центробежной силы, возникающей при воздействии лопастей рабочего колеса на жидкость, создаётся необходимый напор и жидкость приходит в движение.

Центробежные насосы используются практически во всех сферах промышленности. От надёжности работы центробежного насоса зависит

его производительность. Работа насоса, заключается в откачке, перекачке и транспортировке жидких продуктов. Потребность в таких функциях повышает интерес к данному оборудованию [1].

Существенной проблемой в современном насосостроении является повышение долговечности и надежности оборудования, так как основным недостатком является невозможность создания полной герметичности конструкции. Таким образом, усовершенствование центробежного насоса является основной задачей для обеспечения работы установок и предприятий. Главным методом обнаружения проблемных участков является статистические исследования, которые направленны на повышение надёжности работы насосов. Исследования по работе насосов помогают обнаружить уязвимость систем, которые подвержены усиленным нагрузкам.

На рисунке 1 показана диаграмма, которая показывает процентное соотношение повреждений элементов центробежного насоса.

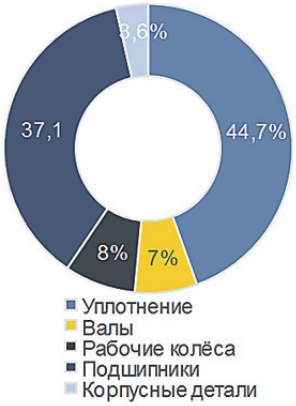


Рисунок 1 – Диаграмма распределения повреждений по элементам насосов

Наибольшие повреждения насоса наблюдаются в узлах уплотнения и подшиников. Узел уплотнения является самым ответственным узлом насоса. Он обеспечивает герметичность в неподвижных разъёмных соединениях насосов, а следовательно и безотказную надёжную работу [2].

Ссылаясь на результаты проведённого мной патентного поиска, можно обозначить достоинства и недостатки патентов.

К плюсам можно отнести: обеспечение эффективного и более безопасного проведения ремонтных работ, поддержание уровня благоприятной экологической безопасности, значительное повышение КПД, увеличение показателей надёжности и безотказности работы центробежных насосов.

К главным недостаткам относятся: необходимость обеспечения герметичности фланцевых электродвигателей, что значительно увеличивает стоимость насоса, требование к использованию в уплотнительных узлах изоностойких материалов, которые при этом будут иметь минимальный коэффициет трения, сложность конструкции насоса, увеличение эксплуатационных затрат связанных с техническим обслуживанием.

Я предлагаю целесообразный способ увеличения показателей надёжности центробежных насосов, который заключается в установке уплотняющего кольца между ступицей рабочего колеса и валом насоса. Уплотняю-

щие кольца изготовлены из эластичного материала, в корпусе насоса они установленны с гарантированным зазором со стороны наружных поверхностей не менее 0,5 мм на сторону – это позволяет перемещаться эластичному кольцу в радиальном направлении относительно корпуса насоса. Кольца имеют клиновые или ступенчатые выемки по всей окружности. На наружных фланцах колец имеются стопорные элементы, которые предупреждают поворот эластичных колец. В результате вращения рабочего колеса образуется разница давлений, которая создаёт силы, которые в свою очередь прислоняют фланец эластичного кольца в осевом направлении к корпусу.

В радильаном направлении кольцо прижимается к ступице с минимальным зазором, при вращении рабочего колеса образуется гидродинамический клин, сформированный в полости выемок между кольцом и поверхностью ступицы. Благодаря возникновению клина происходит оттеснение поверности эластичного кольца от поверности ступицы, в результате чего трение скольжения превращается в жидкостное трение. Использование данной конструкции даёт возожность увеличить надёжность насоса, путём самоуплотнения рабочего колеса, в связи с чем уменьшаются расходы мощности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фурсов, В.К. Центробежные насосы. Конструкция и расчет: учеб. пособие / В.К. Фурсов, Г.Я. Фурсова. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2005 – 78 с.

2. Буренин В. В. Конструкция и эксплуатация центробежных герметичных насосов / В. В. Буренин, Д. Т. Гаевик, В. П. Дронов, В. В. Иванов. – М.: Машиностроение, 1977. – 152 с.

УДК 621.791

Шварцкопф Любовь Сергеевна, студент; Schwarzkopf Lyubov Sergeevna
Бахматов Павел Вячеславович, к. т. н., доцент;
Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РЕЖИМА СВАРКИ МНОГОПРОХОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CALCULATING THE WELDING MODE OF MULTI-PASS JOINTS

Аннотация. В статье приведена методы расчета главных параметров режима многопроходной механизированной дуговой сварки в активном газе. Исследование технологических параметров условий формирования шва указывает на особенность распределения теплоты при наложении валиков.
Abstract. The article presents a method for calculating the main parameters of the mode of multi-pass mechanized arc welding in active gas. The study of the

technological parameters of the seam formation condition indicates the peculiarity of the heat distribution when applying the rollers.

Ключевые слова: механизированная сварка в углекислом газе, расчет режимов многопроходных соединений.
Keywords: mechanized welding in carbon dioxide, calculation of multi-pass joint modes.

Автоматическая сварка электродной проволокой в среде защитного газа имеет: отсутсвие шлака, потери на огарки, устранение затрат на смену проволоки, а так же обеспечивает надежную защиту зоны сварки и предоставляет возможность заваривать шов во всех пространственных положениях.

Для разрабоки технологии многороходной сварки необходима методика, которая позволилила бы с точностью расчитать режимы сварки при заданной глубине пропалвления и при минимальном теповлажнии в изделие, которые в дальнейшем влияет на формирование сварного шва.

Таким образом, на сегодняшний день отсутствие методики, учитывающей технические параметры, кретически влияют на формирование сварного соединения. [1, 4].

По данной теме были подобраны методики в которых описываются исследования (таблица 1).

Таблица 1 - Описания иследований

Ссылки	Описание	Алгоритм расчета
[1]	Исследование данной методики заключается в определении режимов сварки, металлических свойствах сварных соединений и деформации сварного шва.	-Значение тока -Напряжение -Скорость -Количество валиков -Ширина шва -Площадь сечения наплавленного металла -Высота валика
[2]	В данной методике расматриваются теоретические исследования фундаментальных положений термодинамики, теории массового теплооообмена с использованием методов теории подобия.	-
[3]	Изучение влияния состояния горелки на углубление скоса кромок, скорости сварки, химического состава акитвного газа и проволоки на геометрию сварного шва.	-

Из всех перечисленных методик для данной темы была выбрана методика под номером 1.

Целью данной методики является рассмотреть алгоритм расчета режима сварки многопроходных соединений [2].

Таким образом, проведя анализ можно сказать, что в данной методике предусматривается расчёт режимов заполняющих валиков и не значительно большие интервалы между значениями, которые дают наиболее полную и объективную оценку.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Заруба И.И. Сварка в углекислом газе. Изд. 2-е, Киев, «Техника», 1966, 291 с.

2 Разработка научных основ автоматизированного проектирования технологии сварки в защитных газах стальных конструкций. Бабкин Александр Сергеевич, автореферат диссертации.

3 Разработка методики расчета режимов дуговой сварки в защитных-газах на основании исследований условий формирования шва. Бузорина Д.С., Шалимов М.П. Уральсктй федеральный университет, г. Екатеринбург.

4 Расчет Основных Параметров Режима Механизированной Дуговой Сварки Плавящимся Электродом: методические указания к курсовому и дипломному проектированию/ Сост.: Р.Ф. Катаев. Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2009. 37 с

3 Патон Е.О. (ред.) Автоматическая электродуговая сварка. Киев-Москва, Машгиз, 1953, 396 с.

СЕКЦИЯ

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И УПРАВЛЕНИЕ СОВРЕМЕННЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ

УДК 681.5.042
Аминов Кодирджон Собирджонович, студент;
Aminov Kodirdzhon Sobirdzhonovich
Стельмащук Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент;
Stelmashchuk Sergey Valerevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРОБЛЕМА ВНУТРЕННЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ТИПОВОЙ НАСТРОЙКЕ ЧАСТОТНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СО СКАЛЯРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

THE PROBLEM OF INTERNAL FEEDBACK IN THE TYPICAL TUNING OF A FREQUENCY ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH SCALAR CONTROL

Аннотация. В работе представлено усовершенствование подхода к настройке контура скорости частотного электропривода со скалярным управлением, рассмотренного в известных источниках. Показаны недостатки существующего подхода к настройке, и приведен вывод фильтрующего элемента для использования в усовершенствованной методике настройки на модульный и симметричный оптимум.
Abstract. The paper presents an improvement of the approach to configuring the speed contour of a frequency electric drive with scalar control, considered in known sources. The disadvantages of the existing approach to tuning are shown, and the output of the filter element for use in the improved method of tuning to a modular and symmetrical optimum is shown.
Ключевые слова: частотный электропривод, типовая настройка.
Keywords: frequency drive, typical tuning.

Несмотря на преимущества векторного управления, тем не менее, скалярное управление также широко используется в промышленных приводах. Это связано с их невысокими стоимостными показателями, а также с легкостью настройки системы регулирования скоростью электропривода. Способы настройки частотного привода со скалярным управлением на модульный и симметричный оптимум хорошо описаны в [1-3]. Однако при настройке контура скорости частотного привода со скалярным управлением возникает проблема внутренней обратной связи (ВОС) двигателя.

Эта проблема в [1, 2] решается учетом ВОС в передаточной функции объекта управления (см. рис. 1). При настройке на модульный оптимум (МО) это приводит к синтезу ПИ-регулятора скорости (РС), что делает абсолютно жесткими механические характеристики привода. Настройка на симметричный оптимум (СО) приводит к возникновению ПИД-регулятора скорости с добавочным интегратором, что значительно ухудшает устойчивость привода. Все это не соответствует сути типовой настройки на МО и

СО. Более того, настройка применима только для случая соотношения электромеханической $T_М$ и электромагнитной $T_Э$ постоянных времени, когда $T_М > 4T_Э$, что не всегда соответствует асинхронным электроприводам.

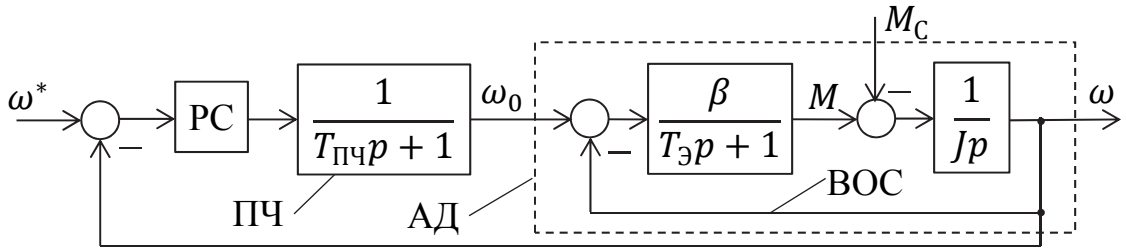


Рисунок 1 – Структурная схема электропривода преобразователь частоты – асинхронный двигатель (ПЧ-АД) с учетом ВОС

Интересным решением представляется подход, представленный в [3], где в структурной схеме привода добавлен компенсационный канал по управлению (см. рис. 2а). При этом структурная схема привода преобразуется к виду, где отсутствует ВОС (см. рис. 2б). В результате настройки на МО возникает П-регулятор с передаточной функцией

$$W_{РС}^{мо}(p) = \frac{T_М}{2T_\mu},$$

где $T_\mu = T_Э + T_{ПЧ}$ – малая постоянная времени.

Здесь механическая характеристика привода обладает жесткостью, соответствующей настройке на МО. При настройке на СО возникает ПИ-регулятор с передаточной функцией

$$W_{РС}^{со}(p) = \frac{T_М(4T_\mu p + 1)}{8T_\mu^2 p},$$

в результате чего привод обладает абсолютно жесткой механической характеристикой. Подход в [3] применим при любых соотношениях $T_М$ и $T_Э$.

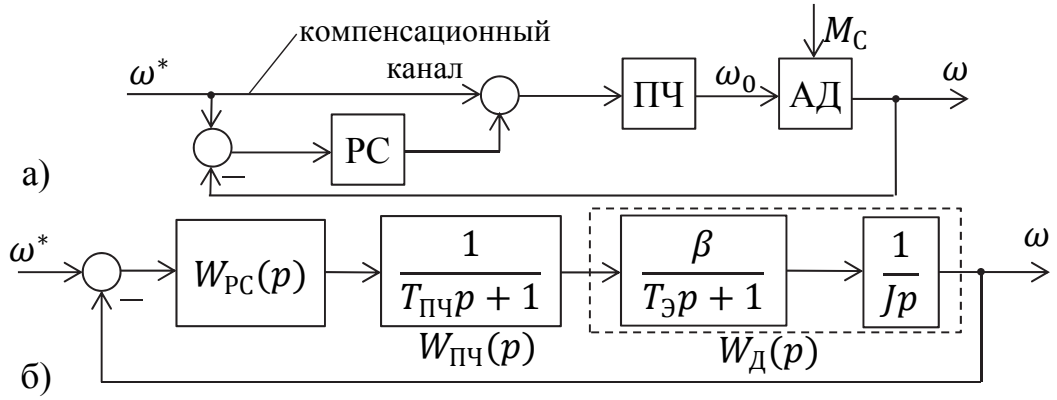


Рисунок 2 – Структурная схема электропривода ПЧ-АД с компенсационным каналом до (а) и после (б) преобразования

Однако, подход в [3] не соответствует качеству динамических характеристик типовой настройке. Это видно по корням характеристического уравнения контура скорости по структурной схеме на рис. 2а, при $T_Э \approx T_μ$:

$$p_{1,2} = -\frac{1}{2T_\mu} \pm j\frac{1}{2T_\mu}\sqrt{1+4\frac{T_\mu}{T_\text{М}}}.$$

Чем меньше $T_\text{М}$, тем выше колебательность, следовательно, перерегулирование и время переходного процесса.

Для устранения этого недостатка в компенсационный канал вводится дополнительное звено $\varphi(p)$, передаточная функция которого должна привести к соответствию типовой настройки (см. рис. 3).

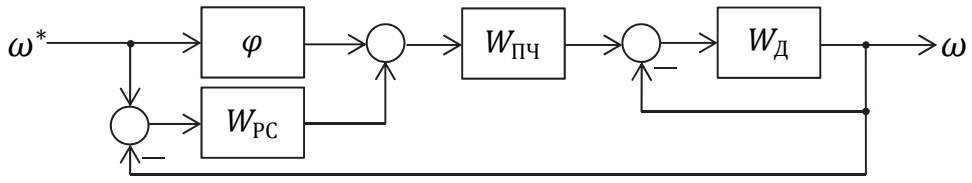


Рисунок 3 – Структурная схема электропривода ПЧ-АД с компенсатором φ

Передаточные функции замкнутых систем структурных схем на рис. 3 и рис. 2б должны быть равны:

$$\frac{(W_\text{РС}+\varphi)W_\text{ПЧ}W_\text{Д}}{1+W_\text{Д}+W_\text{РС}W_\text{ПЧ}W_\text{Д}} = \frac{W_\text{РС}W_\text{ПЧ}W_\text{Д}}{1+W_\text{РС}W_\text{ПЧ}W_\text{Д}}.$$

Тогда передаточная функция дополнительного звена

$$\varphi(p) = \frac{T_\mu p+1}{T_\text{Э}p+1}W_\text{зам}^{\text{мо(со)}}(p),$$

где $W_\text{зам}^\text{мо}(p) = \frac{1}{2T_\mu^2p^2+2T_\mu p+1}$, $W_\text{зам}^\text{со}(p) = \frac{4T_\mu p+1}{8T_\mu^3p^3+8T_\mu^2p^2+4T_\mu p+1}$.

Если принять допущение, что $T_\text{Э} \approx T_\text{м}$ и члены высших порядков в знаменателе $W_\text{зам}^\text{мо(со)}$ равны нулю, то

$$\varphi^\text{мо}(p) = \frac{1}{2T_\mu p+1}, \qquad \varphi^\text{со}(p) = \frac{4T_\mu p+1}{8T_\mu^2p^2+4T_\mu p+1}.$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Осипов, О. И. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод : учеб. пособие по курсу "Типовые решения и техника соврем. электропривода" для студентов, обучающихся по направлению "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / О. И. Осипов ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. энергет. ин-т (техн. ун-т). - М. : Изд-во МЭИ, 2004. – 79 с.

2 Терехов, В. М. Системы управления электроприводов / В. М. Терехов, О. И. Осипов – М. : Академия, 2005. - 300 с.

3 Чернышев, А. Ю. Электропривод переменного тока : учеб. пособие для академического бакалавриата / А. Ю. Чернышев, Ю. Н. Дементьев, И. А. Чернышев. - М. : Издательство Юрайт, 2018. - 215 с.

УДК 629.048
Антонов Евгений Геннадьевич, студент; Antonov Evgeniy Gennadeevich
Климаш Владимир Степанович, доктор технических наук, профессор;
Klimash Vladimir Stepanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЭЛЕКТРОННО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ К ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ

ELECTRONIC–ELECTRIC APPARATUS FOR CONNECTING CAPACITORS TO A THREE–PHASE NETWORK

Аннотация. В статье рассматривается электронно–электрическое устройство для подключения конденсаторов к трехфазной сети, с целью компенсации реактивной мощности на высоковольтном и низковольтном участках сети, обладающие рядом преимуществ по сравнению с распространёнными устройствами подключения.
Abstract. The article discusses an electronic–electric device for connecting capacitors to a three–phase network, in order to compensate for reactive power in the high–voltage and low–voltage sections of the network, which have a number of advantages compared to common connection devices.
Ключевые слова: трехфазная сеть, компенсация реактивной мощности реактивная мощность, конденсаторы, диодный выпрямитель.
Key words: three phase network, reactive power compensation, reactive power, capacitors, diode rectifier.

Недостаток реактивной мощности в сети приводит к понижению напряжения сети, для того чтобы скомпенсировать снижения напряжения необходимо увеличивать мощность генераторов или же подключать дополнительные генераторы работающие лиши на компенсацию реактивной мощности, что экономически не эффективно.

Самым распространённым способом компенсации реактивной мощности сети является подключение конденсаторных установок к высоковольтным и низковольтным участкам сети. Данное решение имеет целый ряд преимуществ:

– незначительные потери активной мощности;
– отсутствие вращающихся частей и сравнительно малая масса;
– более дешёвая и простая эксплуатация;
– возможность установки в любой точке сети.

Однако имеют и ряд недостатков, одним из которых является наличие переходного процесса при включении конденсатора в цепь с переменным напряжением. В зависимости от момента включения конденсатора напряжение на его обкладках может достигнуть двойного амплитудного принужденного напряжения. Для того чтобы бороться с данным эффектом возможно использовать различные устройства включения конденсаторов. Одним, из которых является устройство для подключения конденсаторов к трехфазной

сети[1]. Схема данного устройства приведена на рисунке 3, при включении конденсаторов используя данную схему, напряжение на конденсаторах плавно изменяется от нулевого до установившегося значения.

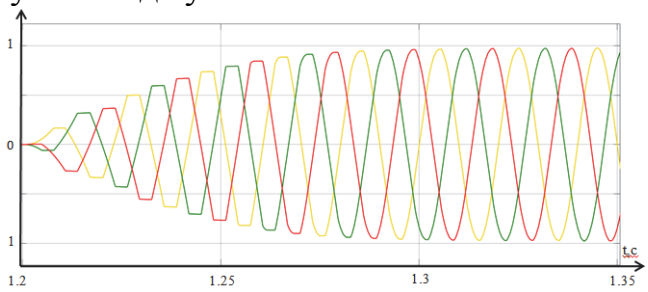


Рисунок 1 – Осциллограмма напряжений на конденсаторах в момент пуска при помощи диодного пускателя

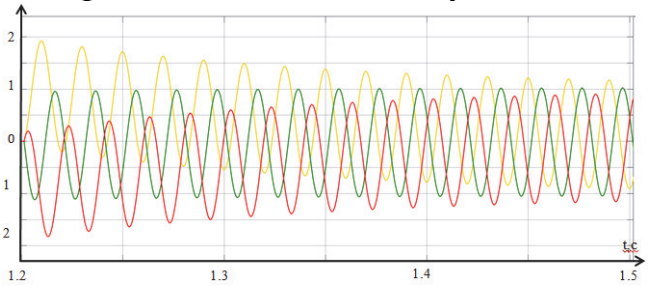


Рисунок 2 – Осциллограмма напряжений на конденсаторах в момент пуска с токоограничивающими резисторами

Как видно из осциллограммы на рисунке 1 в момент времени 1.2с. происходит замыкание высоковольтного выключателя, и конденсаторы оказываются, подключены к сети, при этом напряжение на каждом их них плавно нарастает до устоявшегося, не происходит бросков напряжения как на рисунке 2, которые возникают при подключение конденсаторов через токоограничивающие резисторы. В момент времени 1.3с. напряжение на конденсаторах достигает напряжения сети, и диодный выпрямитель шунтируется короткозамыкателем.

Использования данного способа имеет ряд преимуществ. Отсутствие бросков напряжение на конденсаторах, сравнительно быстрое включение конденсаторов, простая система управления и малое количество электромагнитных компонентов, что увеличивает надежность системы и делает ее белее экономически выгодной.

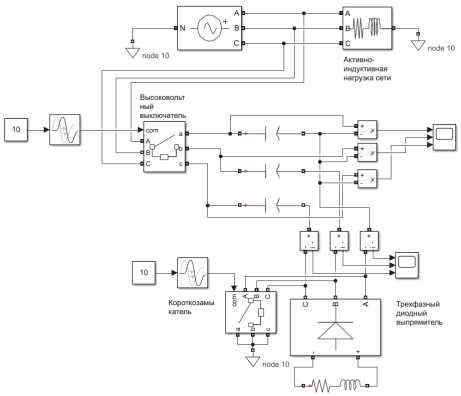


Рисунок 3 – Модель диодного пускателя в среде MatLab

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Устройство для подключения конденсаторов к трехфазной сети // Патент России № 2665476. 2018. Бюл. № 25. / Климаш С.В., Власьевский С.В., Иньков Ю.М., Климаш В.С.

2. Власьевский С.В., Климаш С.В. Способ и устройство подключения конденсаторов на трансформаторных подстанциях // Омский научный весник. 2018. №1(157). С. 23–27.

3. Константинов Б.А., Зайцев Г.З. Компенсация реактивной мощности. –Л.: Энергия, 1976. –С. 43–68.

УДК 681.5

Берестинов Амиржан Ахметжанович, студент;
Berestinov Amirzhan Ahmetzhanovich
Кулганатов Аскар Зайдакбаевич, студент; Kulganatov Askar Zajdakbaevich
Нестеров Александр Сергеевич, канд. техн.наук, доцент;
Nesterov Aleksandr Sergeevich
Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)

ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОПЛАТНОГО МИКРОКОПЬЮТЕРА RASPBERRY PI ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

USING A SINGLE BOARD RASPBERRY PI MICROCOMPUTER TO AUTOMATE VARIOUS PROCESSES

Аннотация. В статье рассматриваются основные плюсы реализации проектов с применением одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi, в наше время мир стремится автоматизировать все отрасли жизни. Автоматизация играет важную роль в крупномасштабном производстве благодаря большому объему производства. Сложные процессы, которые имеют много контролируемых и тестируемых параметров, трудно реализовать командой рабочих. Существует также человеческий фактор, который может нарушить процесс.

Abstract. The article discusses the main advantages of implementing projects using a single-Board microcomputer Raspberry Pi, in our time, the world is trying to automate all branches of life. Automation plays an important role in large-scale production due to the large volume of production. Complex processes that have many controlled and tested parameters are difficult to implement by a team of workers. There is also a human factor that can disrupt the process.

Ключевые слова: Raspberry Pi, CoDeSyS, ПЛК, автоматизация IoT, МЭК 61161-3, одноплатный микрокомпьютер.

Keywords: Raspberry Pi, CoDeSyS, PLC, automation, IoT, IEC 61161-3, single board microcomputer.

Семейство одноплатных компьютеров Raspberry Pi приобрело популярность в различных областях. Недорогие наборы предоставляются, в частности, для обучения, Фондом Raspberry Pi совместно с Google.

Автоматизация - это процесс автоматического управления параметрами процесса в установке с помощью устройств автоматизации [1]. Автоматизация работы различных промышленных объектов уменьшает вмешательство человека, сокращает время работы, обеспечивает лучшую защиту и стабильность системы и исключает вероятность любых ошибочных операций. В начале процесс на заводах контролировался вручную на основе прибора, установленного на полях. Это требует, чтобы руководитель завода постоянно находился на заводе. Но автоматизация помогла преодолеть эту проблему. Все процессы работают совместно в скоординированном автоматическом режиме. Сигналы или сообщение генерируются автоматически, а затем доставляются.

Raspberry Pi (RPi) – это серия одноплатных микрокомпьютеров (контроллеров) размером с кредитную карту. Пять языков прикладного программирования (IL, ST, LD, FBD, SFC) определенные в МЭК 61161-3 доступны в среде разработки CoDeSyS v3.5 для реализации Raspberry Pi как ПЛК [2]. У CoDeSyS v3.5 есть сегмент WebVisuation, который позволяет пользователю создавать удобный интерфейс HMI. Raspberry Pi загружает программу с платформы CODESYS. Когда RPi подключен к сети, он действует как сервер, устройства, подключенные к той же сети, могут получить доступ к веб-визуализации, используя IP-адрес RPi. Эти устройства выступают в роли удаленного оконечного устройства и могут контролировать работу подстанции с мобильных устройств, подключенных к сети. Технические характеристики сведены в табл.1 [3].

Таблица 1 – Технические характеристики Raspberry Pi

Параметр	Размерность	Значение
Процессор	–	ARM Cortex-A53
Тактовая частота	ГГц	1,2
Графический ускоритель	–	Broadcom VideoCore IV
Оперативная память	–	LPDDR2
Распаянные адаптеры	–	- Ethernet; - Wi-Fi; - Bluetooth.
Скорость сетевого адаптера	Мбит	от 100
Порты GPIO (входы/выходы)	кол.	40
Интерфейсы	–	– 4 USB порта; – HDMI; – аудиовыход 3,5 мм; – разъем MicroSD.

В традиционных процессах работы автоматизация осуществляется с использованием ПЛК и систем SCADA, но мало объемных проектах эта система значительно дорогая. В проектах с применением Raspberry Pi появляется возможность использовать недорогие решения автоматизации, основанные на новейшей технологии IOT, в которой используются встроенные процессоры. Это дает преимущество снижения затрат плюс множество вариантов подключения. А также, программное обеспечение CodeSyS 3.5 МЭК 61131-3 используется для преобразования Raspberry Pi в легко доступный ПЛК. Аналоговые и цифровые параметры из поля контролируются и управляются с помощью выводов GPIO, интерфейсных реле и коммуникационных портов, доступных в Raspberry Pi. Последовательности автоматизации для контроля управления и защиты системы определяются с помощью программирования релейных диаграмм в платформе разработки CodeSyS МЭК 61131-3. Пользовательский интерфейс и экраны HMI разработаны с использованием сегмента веб-визуализации CodeSyS, к которому можно получить доступ как локально, так и по проводной или беспроводной сети. Например, есть возможность снимать показания счетчика электроэнергии (например, частота, напряжение, активная мощность, коэффициент мощности, реактивная мощность, ток и т.д.). Забирать информацию с порта RS-485 в счетчике и подключению к Raspberry Pi через преобразователь RS-485-USB. Это стало возможным благодаря протоколу ModBus. В подобном проекте Raspberry Pi будет является ведущим(master), а счетчик назначаются подчиненными(slave). А после получения информации от счетчика, отправлять собранную информацию на смартфон, такой способ позволяет дистанционно следить, управлять, проводить мониторинг различных процессов.

Подход автоматизации небольших проектов надежен, удобен для пользователя с помощью Raspberry Pi. Традиционный подход к автоматизации с использованием SCADA и ПЛК очень дорогой. RPi предлагает автоматический контроль. Он также предоставляет опции подключения удаленный доступ к данным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Тидреа А. WebNavIGSS Web-Based Software Solution for IGSS SCADA Applications / А. Тидреа, А. Короди // 26-я Средиземноморская конференция по управлению и автоматизации (MED) – 2018. – С. 418-423.

2 «Руководство по программированию CoDeSys V3.3», Smart Software Solutions GmbH , 2010.

3 Берестинов А.А. Лабораторный стенд на базе одноплатного микрокомпьютера Raspberry Pi 3 / А.А. Берестинов, А.З. Кулганатов, С.И. Становов, А.Ю. Смирнов // Сборник научных статей по итогам девятой международной научной конференции, 2019. – С. 124-126.

УДК 62-503.54
Берх Александр Владимирович, студент; Berkh Alexandr Vladimirovich
Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент;
Gorkavy Alexander Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С МОДАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ

RESTRICTION OF CURRENT IN THE SYSTEM OF THE ELECTRIC DRIVE WITH THE MODAL REGULATOR

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы построения системы электропривода с модальным регулятором с возможностью формирования ограничения тока якоря за счет переменной структуры.
Abstract. Issues of construction of electric drive system with modal regulator with possibility of forming limitation of armature current due to variable structure are considered in the work.
Ключевые слова: электропривод, ограничение тока, модальный регулятор, ток якоря, переменная структура.
Keywords: electric drive, current limitation, modal regulator, armature current, variable structure.

Современные электроприводы со многими взаимосвязанными координатами являются объектами управления, которым проблематично придать требуемы высокие динамические показатели движения рабочего органа. Требуемые высокие динамические показатели движения рабочего органа простыми средствами управления в виде одной обратной связи и одного регулятора. В электроприводе высокого порядка в том числе в многомерных в большей степени применяется модальные регуляторы, которые позволяют формировать перемещение рабочего органа, соответствующее требуемым показателям качества [00]. Одним из недостатков модального управления является сложность формирования токоограничения, поскольку чаще всего отдельно настроенный контур тока отсутствует [0]. В данной работе рассматриваются возможности формирования токоограничения за счет изменения структуры, в частности ее реверса, что обеспечивает движение электропривода в «обратную сторону» с последующим возвратом в «прямое движение». Фактически организуется скольжение по линии ограничения тока. Решение поставленной задачи производилось в работе на примере электропривода ТП-Д (Рисунок 1) [0].

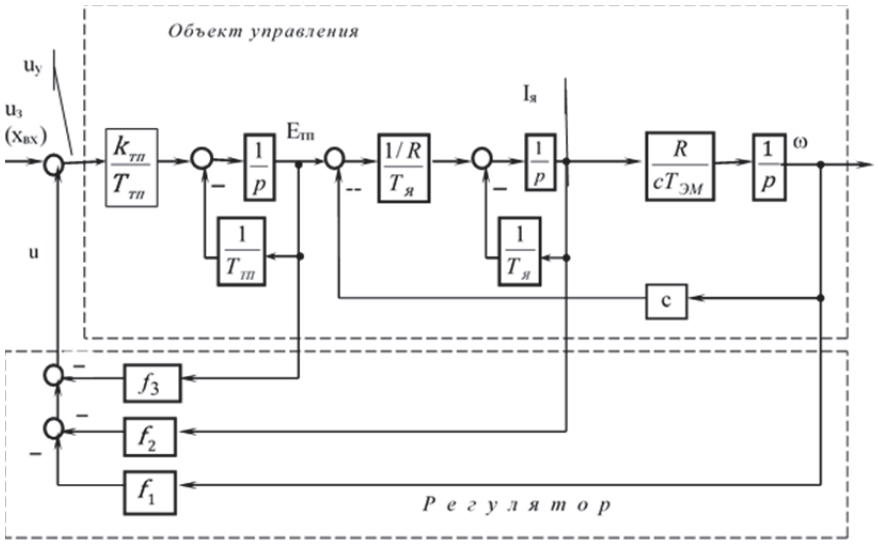


Рисунок 1 - Система управления с модальным регулятором

Если в системе отсутствует токоограничение, то значение тока может значительно превышать допустимые значения как показано на рисунке 2. На рисунке 3 представлена система с переменной структурой, в которой за счет переключение знака задающего сигнала по команде датчика тока формируется скольжение по линии ограничения тока, как на рисунке 4.

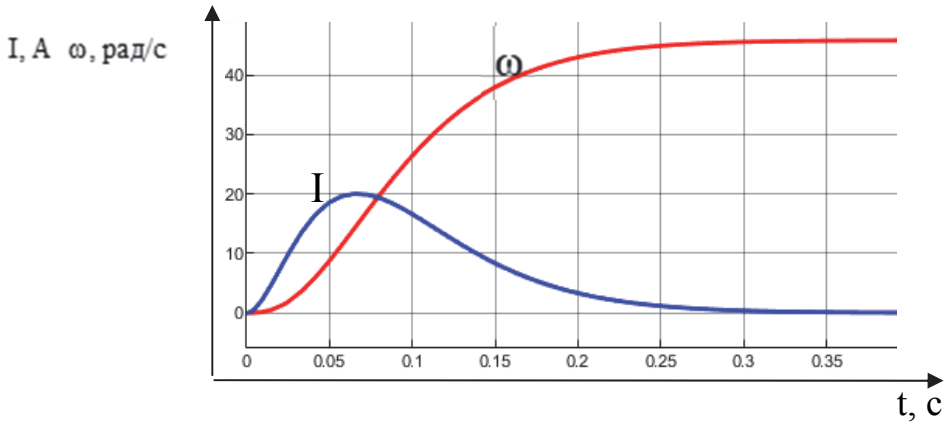


Рисунок 2 - Изменение скорости и тока якоря в электроприводе

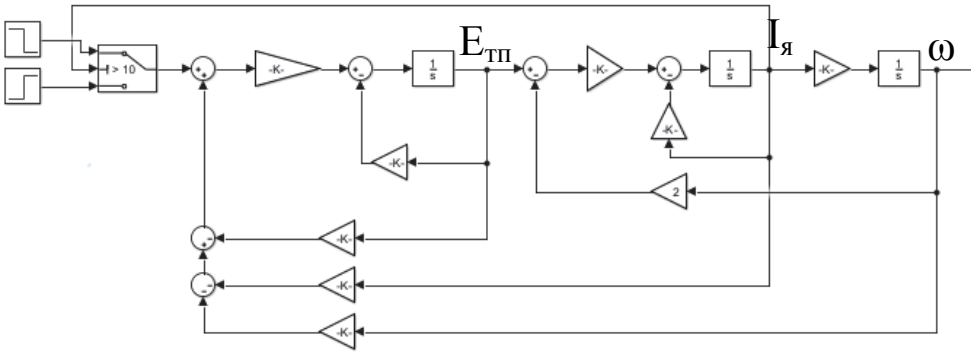


Рисунок 3 - Схема модального регулирования с ограничением тока

Таким образом, сформированная система с переменной структурой дает возможность ограничивать ток в системе электропривода с модальным регулятором.

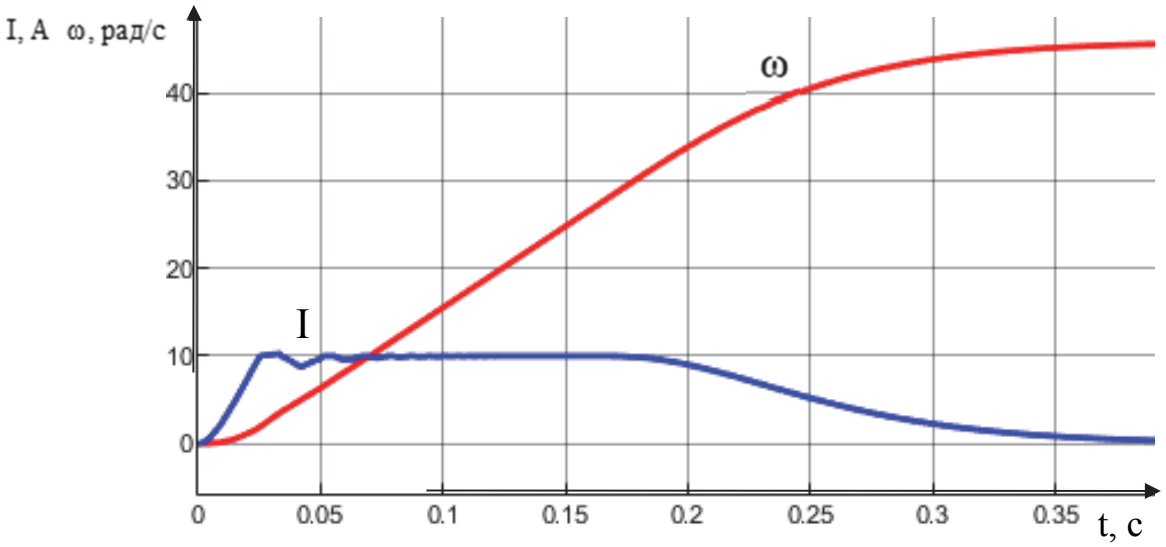


Рисунок 4 - Изменение тока и скорости в системе с ограничением

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Терехов, В.М. Система управления электроприводов: учебник / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова. – М.: Академия, 2005. – 304 с.

2 Горькавый, А.И. Математические основы элементов, систем и процессов управления / А.И. Горькавый, М.А. Горькавый. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2016. – 70 с.

3 Кузовков, Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков. – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.

4 Мирошник, И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы / И.В. Мирошник. – СПб.: Питер, 2005. – 336 с

УДК 621.86

Бессонов Марк Александрович, студент; Bessonov Mark Aleksandrovich
Мешков Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент; Meshkov Alexander Sergeevich
Тетерин Виктор Владимирович, студент; Teterin Viktor Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В МЕХАНИЗМАХ ПОДЪЕМА ГРУЗОВ

ANALYSIS OF ELECTRIC DRIVE SYSTEMS OF LOAD LIFTING MECHANISMS

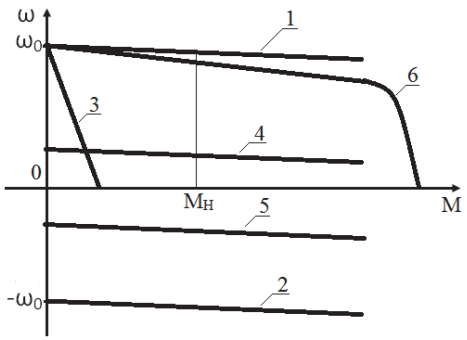
Аннотация. Статья посвящена анализу, используемых в механизмах подъема грузов, систем электропривода. Рассматриваются основные требования к работе подъемных (крановых) механизмов, с позиции которых оцениваются возможности применения разнообразных систем электропривода. Также представлены типичные механические характеристики электроприводов крановых механизмов, которые также влияют на выбор системы электропривода для подобных механизмов.

Abstract. The article is devoted to the analysis of electric drive systems of load lifting mechanisms. The basic requirements for the operation of lifting (crane) mechanisms are considered, from the position of which the possibilities of using various electric drive systems are evaluated. Typical mechanical characteristics of electric drives of crane mechanisms are also presented, which also affect the choice of an electric drive system for such mechanisms.
Ключевые слова: система электропривода, крановые механизмы, частотное управление, подъем грузов, скалярное управление, векторное управление.
Keywords: electric drive system, crane mechanisms, frequency control, lifting of goods, scalar control, vector control.

Перемещение грузов является одной из основных технологических операций на производстве. Чаще всего для подъема грузов на производстве используется различное крановое оборудование. Первоначально в роли привода выступала мускульная сила либо человека, либо животных. В дальнейшем силу мышц заменил гидравлический, пневматический и электрический привод. Существуют и активно используются решения привода от двигателя внутреннего сгорания [1,2].

Рассмотрим характеристики технологического процесса подъема грузов. Крановые механизмы относятся к механизмам циклического действия, работа которых характеризуется повторно-кратковременным режимом работы при большом числе включений в час. Специфика использования предполагает работу в пыльных помещениях, при повышенной влажности. Соответственно применяемый привод должен быть способен удовлетворить эти требования [3,4].

Выбираемая система электропривода кранового механизма должна удовлетворять предъявляемым требованиям к его механическим характеристикам, каждая из которых зависит от типа технологической операции. На рис. 1 представлены механические характеристики электроприводов крановых механизмов.



1 – подъем груза с высокой скоростью; 2 – спуск груза с высокой скоростью; 3 –плавный пуск (промежуточная скорость); 4 – доводка груза; 5 – спуск грузов с малой скоростью в тормозных режимах; 6 – механизмы, работающие с возможной резкой перегрузкой

Рисунок 1 – Механические характеристики электроприводов крановых механизмов

Соответственный набор характеристик определяет тип используемого электропривода. Немаловажными факторами также являются скорость перемещения груза, точность позиционирования, диапазон регулирования скорости перемещения [5].

В крановом электроприводе находят все большее применение асинхронные двигателя переменного тока. Электропривод постоянного тока даёт возможность глубокого плавного регулирования скорости, а также системы управления подобным электроприводом просты в реализации. Однако двигатели постоянного тока имеют ограниченное применения из-за ненадежности щеточно-коллекторного узла. При работе происходит искрение щеток, под воздействием электроэрозии изнашивается коллектор. Такой электродвигатель не может использоваться в запыленной и взрывоопасной среде. Частотный преобразователь в комплекте с асинхронным электродвигателем позволяет заменить электропривод постоянного тока. Однако управлять скоростью вращения вала асинхронного двигателя не так просто, как в случае с двигателем постоянного тока. На практике часто используются традиционные способы регулирования скорости вращения: изменение величины питающего напряжения, введение дополнительных сопротивлений в цепь обмоток. Подобные способы управления скоростью имеют не высокий КПД и не всегда позволяют сформировать оптимальный переходной процесс [6].

Использование системы автоматического регулирования на базе принципов частотного управления позволяет улучшить энергетические показатели и сформировать оптимальный переходной процесс. Существуют следующие принципы частотного управления: скалярный и векторный.

Наибольшее распространение получили асинхронные электроприводы со скалярным управлением. Подобный принцип управления позволяет сохранить постоянную перегрузочную способность двигателя, независимо от частоты напряжения. Также системы управления, основанные на этом принципе, технически просты в реализации и имеют варианты построения разомкнутых систем управления скоростью. Однако регулировка скорости и момента в таких системах технически осложнена электромагнитными процессами, протекающими в двигателе [6].

Системы управления, основанные на векторном принципе управления, позволяют управлять двигателем, как в статических, так и в динамических режимах. Подобные системы характеризуются высоким уровнем точности регулирования скорости, а также быстрым реагированием на возможные колебания нагрузки. Немаловажно и увеличение КПД двигателя за счет снижения потерь намагничивания и нагрева. Несмотря на очевидные преимущества, метод векторного управления имеет и определенные недостатки – большая сложность вычислений, для работы необходимо знание параметров двигателя и механизма [6].

Для выбора системы электропривода необходимо четко представлять себе технологические требования к приводу того механизма, для которого он выбирается. Установление таких требований облегчает выбор опти-

мальной системы электропривода, т. е. такой, которая наиболее проста и дешева из всех систем, обеспечивающих желаемые эксплуатационные показатели механизма.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мужичков, В.И. Грузоподъёмные краны на железнодорожном ходу: учебник для тех. школ ж.-д. транспорта / В.И. Мужичков, В.А. Редников. – М.: Транспорт, 1978. – 433 с.

2 Строительные краны: справочник / под общ. ред. В.П. Станевского. – К.: Будівельник, 1984. – 240 с.

3 Паргаманик, И.М. Грузоподъёмные краны стрелового типа: справ. пособие / И.М. Паргаманик. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 141 с.

4 Вайнсон, А. А. Подъемно-транспортные машины: учеб. пособие / А. А. Вайнсон – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.

5 Горюнов, Н. Н. Строительные машины / М.: Машиностроение, 1978. – 237 с.

6 Терехов, В. М. Система управления электроприводов / В. М.: Машиностроение, 2005. – 299 с.

УДК 621.86

Бессонов Марк Александрович, студент; Bessonov Mark Aleksandrovich
Мешков Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;
Meshkov Alexander Sergeevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СКАЛЯРНОГО И ВЕКТОРНОГО МЕТОДОВ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЁМА ГРУЗОВ

COMPARATIVE EVALUATION OF SCALAR AND VECTOR METHODS OF FREQUENCY CONTROL IN ELECTRIC DRIVE SYSTEMS FOR LIFTING LOADS

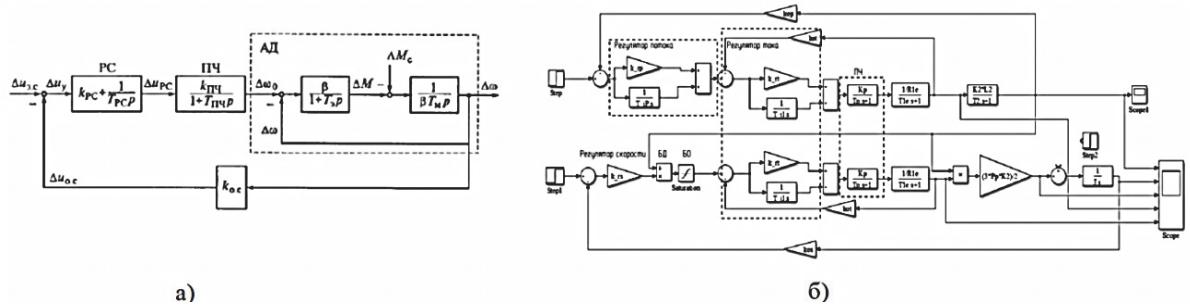
Аннотация. В данной статье рассматриваются системы автоматического регулирования скорости двигателя переменного тока на базе скалярного и векторного частотного управления с позиции применения их в системах электропривода подъема грузов. Реализованы математические модели в среде MATLAB Simulink, представлены графики переходных процессов.

Abstract. This article discusses systems for automatically controlling the speed of an AC motor based on scalar and vector frequency control from the standpoint of their use in electric drive systems for lifting loads. Mathematical models are implemented in the MATLAB Simulink environment, transient graphs are presented.

Ключевые слова: частотное управление, подъем грузов, системы автоматического регулирования, скалярное управление, векторное управление.
Keywords: frequency control, cargo lifting, automatic control systems, scalar control, vector control.

Для транспортировки грузов на производстве широко применяется различное крановое оборудование, где основной используемый привод – электрический, чаще всего асинхронный переменного тока. Это связано с особенностями технологического процесса подъема грузов: кратковременный режим работы с частыми включениями, широкий диапазон скоростей и постоянно возникающие значительные перегрузки при разгоне и торможении механизмов [1,2].

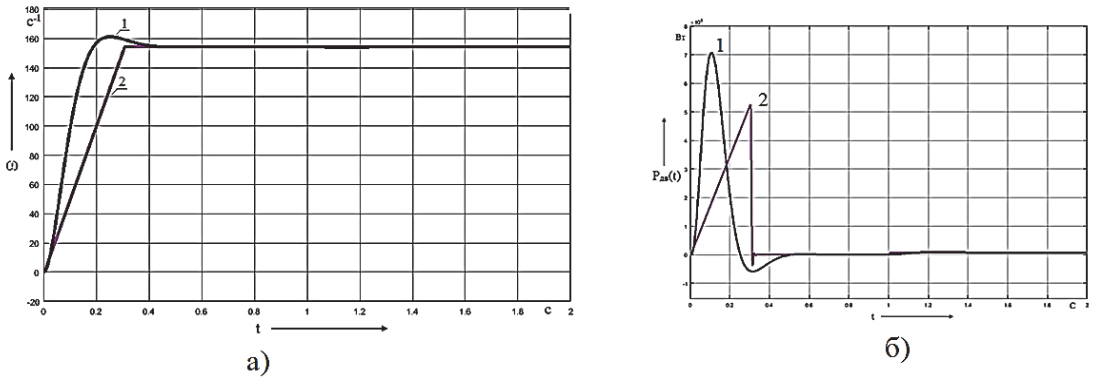
Для управления скоростью и моментом асинхронного двигателя существует множество технических решений. Наиболее экономичны методы частотного управления: скалярный и векторный. Рассмотрим характеристики систем автоматического регулирования на базе различных методов частотного управления. На рис. 1 а представлена структурная схема замкнутой системы автоматического регулирования с обратной связью по скорости [3]. На рис. 1 б показана структурная схема замкнутой системы автоматического регулирования с прямой ориентацией по вектору потокосцепления ротора. Расчет параметров каждой из систем представлен в работах [3,4]. Параметры двигателя указаны в [5]. Сравним динамические характеристики каждой из систем.



а) б)

Рисунок 1 – Структурная схема системы САР: а – на базе скалярного управления; б – на базе векторного управления

Рассмотрим поведение систем со стороны энергоэффективности, а именно потребления активной мощности. Для этого попробуем снять переходной процесс мгновенной активной мощности при работе систем с номинальной скоростью и моментом нагрузки двигателя (рис. 2). Динамические показатели переходного процесса следующие. Динамическая ошибка в векторной САР существенно выше, чем в скалярной САР. Однако при появлении возмущения векторная САР реагирует быстрее, в то время как скалярная САР имеет большую просадку в момент подачи возмущения.



а) б)

1 – САР на основе скалярного принципа;
2 – САР на основе векторного принципа

Рисунок 2 – Переходной процесс: а – скорости, б – активной мощности

Полученные результаты показывают, что система с векторным принципом регулирования отрабатывает номинальный сигнал задания с меньшим временем переходного процесса и перерегулированием. Характер кривой 2, изображенной на рис. 2 а, описывается наличием блока ограничения БО, предназначенного для ограничения сигнала в цепи регулятора скорости [3]. Характер кривой 2 наиболее предпочтительнее, т.к. при работе системы по такой характеристике, есть возможность избежать перегрузок оборудования. САР на основе скалярного управления более медлительна в плане реакции на возникающую нагрузку. В тоже время, САР с векторным управлением, реагирует почти мгновенно.

Сравним количественно потребление мгновенной активной мощности электроприводом при управлении различными САР. Активную мощность будем определять согласно следующей формуле:

$$P_{\text{ном}}(t) = M_{\text{ном}}(t) \cdot \omega_{\text{ном}}(t)$$

Полученный график показывает разницу в потреблении каждой из САР. Наименее «экономична» САР со скалярным управлением. Максимальное значение мгновенной активной мощности

$$P_{\text{скал.}MAX}(t) = 7 \cdot 10^6 \text{ Вт},$$
$$P_{\text{вект.}MAX}(t) = 5.3 \cdot 10^6 \text{ Вт}$$

Возвращаясь к технологической операции транспортировки грузов, можно заключить, что системы со скалярным принципом управления достаточны для управления электроприводом подъема грузов. Чаще всего не требуется высокая точность и мгновенная реакция на управляющие воздействия. В системах электропривода подъема грузов часто используются устройства плавного пуска или устройства ограничения ускорения (задатчик интенсивности). Скалярная САР при правильном расчете параметров регулятора, а также подборе двигателя способна обеспечить достаточные показатели регулирования. Что касается экономичности – это не высокая плата за простоту использования и эксплуатации. Однако если к системе электропривода подъема грузов выдвигаются высокие требования по точности, то стоит рассмотреть целесообразность использования векторной САР.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Вайнсон, А. А. Подъемно-транспортные машины: учеб. пособие / А. А. Вайнсон – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.

2 Горюнов, Н. Н. Строительные машины / Н. Н. Горюнов. – М.: Машиностроение, 1978. – 237 с.

3 Терехов, В. М. Система управления электроприводов / В. М. Терехов. – М.: Машиностроение, 2005. – 299 с.

4 Черных, И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink / И.В. Черных. – СПб.: Питер, 2008. – 288 с.

5 Классификация крановых электроприводов [Электронный ресурс]: сайт содержит сведения о разновидностях крановых электроприводов. – Режим доступа: http://electricalschool.info/, свободный. − Загл. с экрана. Яз. англ.

УДК 681.183

Биткина Анастасия Александровна, магистрант;
Bitkina Anastasia Alexandrovna
Копытов Сергей Михайлович, канд. тех. наук, доцент;
Kopytov Sergey Mihailovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА УЧЕБНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СТЕНДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

DEVELOPMENT OF TRAINING ROBOTIZED STANDS USING MACHINE VISION

Аннотация. Описана практическая реализация учебного стенда, рекомендованного компанией National Instruments для изучения основ машинного зрения. Для расширения возможностей сортировки объектов предложен роботизированный сортировщик на основе планшетного позиционера. Предусмотрено распознавание объектов по нескольким признакам. Для управления стендом использована среда LabVIEW с модулем NI Vision Assistant для анализа изображения.

Abstract. The practical implementation of the educational stand recommended by National Instruments for studying the basics of machine vision is described. To expand the ability to sort objects, a robotic sorter based on a tablet positioner is proposed. Recognition of objects on several grounds is provided. To control the stand, the LabVIEW environment with the NI Vision Assistant module for image analysis was used.

Ключевые слова: машинное зрение, NI Vision Assistant, планшетный позиционер, шаговый двигатель, LabVIEW, сортировка деталей.

Keywords: machine vision, NI Vision Assistant, tablet positioner, stepper motor, LabVIEW, sorting of parts.

В настоящее время неэффективный ручной труд все чаще замещают роботизированными комплексами. Дополнительными возможностями обладают комплексы, использующие машинное зрение. В работе реализован учебный пример сортировки объектов по цвету, рекомендованный компанией National Instruments [1], и предложен роботизированный сортировщик объектов с помощью планшетного позиционера.

Учебный стенд управляется устройством myRIO с подключенной USB веб-камерой. Стенд представляет собой наклоненный щит с воронкой для разноцветных шариков одинакового диаметра в верхней части. Поворачивающийся захват в виде диска с выемкой, расположенный под воронкой, имеет возможность получать из горловины воронки по одному шарику, запирая выход для остальных. После приема шарика захват может поворачиваться по часовой или против часовой стрелки и сбрасывать шарик вниз на коромысло распределителя,которое в свою очередь тоже может поворачиваться, образуя направляющую для скатывания шарика в выбранный контейнер, расположенный в нижней части щита. Шарики окрашены в шесть разных цветов, соответственно предусмотрено шесть контейнеров. MyRIO получает изображение очередного шарика с веб-камеры, анализирует его, осуществляет управление захватом и распределителем с помощью двух серводвигателей.

В среде LabVIEW реализовано программное обеспечение для работы с камерой, обработки изображения, а также для управления серводвигателями.

Для расширения возможностей сортировки объектов, размещенных на горизонтальной поверхности или на ленточном конвейере разработан роботизированный сортировщик объектов, способный на основании с размерами порядка 300x400 мм находить и сортировать объекты, отличающиеся теми или иными свойствами. Размеры основания ограничены рабочим полем двухкоординатного графопостроителя, используемого в качестве устройства перемещения объектов, а также максимальным разрешением веб-камеры, состовляющим 2032x1102 точек. В случае сортировки по размеру объектов одинаковой формы при таких параметрах минимальное фиксируемое отличие в размерах составляет примерно 0,3 мм.

В качестве объектов сортировки выбраны российские монеты разного номинала. В качестве параметров для идентификации можно использовать диаметр, массу, магнитные свойства, цвет, отражательную способность света, рисунок чеканки. В качестве устройств захвата объекта могут быть использованы вакуумный захват или электромагнит. На первом этапе реализован захват с помощью электромагнита, поскольку замечено, что большинство монет обладает ферромагнитными свойствами.

Особенностью графопостроителя является общий ремень для привода головки захвата, который приводится в движение двумя биполярными

шаговыми двигателями. Поэтому движение головки вдоль длинной стороны основания требует одновременного вращения двигателей в одном направлении, а движение поперек длинной стороны выполняется при одновременном вращении двигателей в противоположных направлениях.

Для движения головки по прямой между двумя произвольными точками использован алгоритм DDA-линии, который последовательно вычисляет целочисленные координаты точек отрезка прямой между двумя заданными точками, используя вычисления в числах с плавающей запятой. Разница координат текущей и предыдущей точек используется в качестве условия цикла For выбора соответствующего окна с фрагментом программы формирования управляющих импульсов для шаговых двигателей.

Для начального позиционирования головки и предотвращения ее аварийного ухода за пределы рабочего поля предусмотрены концевые датчики. На головке смонтированы два серводвигателя: первый позволяет опускать захват на объект и поднимать его при транспортировке, а второй способен поворачивать электромагнит или присоску с объектом на 180° для получения возможности подробно рассмотреть объект с обратной стороны. Реализация данной функции требует дополнительной камеры, установленной вблизи поверхности основания на периферии рабочей области.

Взвешивание объектов производится чувствительной тензобалкой. Контейнеры для объектов расположены вдоль одной из сторон основания.

Рабочая программа на LabVIEW выполняет следующие действия:

1) устанавливает захват в начальное положение;

2) получает и анализирует изображение для распознавания объектов, определения их координат и количества;

3) управляет захватом очередного объекта и перемещением его в соотвествующий контейнер. Если задано, производит взвешивание объектов, распознавание подробного изображения с дополнительной камеры.

При программировании в среде LabVIEW для анализа изображения используется модуль NI Vision Assistant. Получаемое с камеры изображение имеет искажения, вызванные в том числе разным удалением от камеры точек рабочего поля. Для восстановления ортогональности и геометрии объектов, а также их выделения на окружающем фоне использованы следующие функции NI Vision Assistant:

1) Original Image (получение изображения):

2) Color Plane Extraction (преобразование исходного цветного 32- битного изображения в 8-битное черно-белое;

3) Image Calibration 1(автоматическая калибровка изображения по тестовой сетке);

4) Image Correction 1 (коррекция искажений формы объектов);

5) Image Mask 1 (выделение рабочего поля);

6) Threshold 1 (бинаризация изображения по уровню);

7) Basic Morphology 1 (удаление морфологических дефектов формы типа внешних «выступов» объекта);

8) Adv. Morphology 1 (удаление морфологических дефектов формы типа внутренних пустот объекта);

9) Circle Detection 1 (нахождение объектов в виде кружков, координат их центров, радиусов).

Разработанный стенд может быть использован при изучении основ машинного зрения, среды LabVIEW и основ работы роботизированных комплексов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доуринг, Эд. NI myRIO. Основы машинного зрения. [Электронный ресурс] / Эд Доуринг: сайт Центра технологий National Instruments – Режим доступа: Режим доступа http://nitec.nstu.ru/library/translations /material.php

2. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision / Ю.В. Визильтер [и др.]. – М.: ДМК Пресс. – 2008.– 464 с.

УДК 62-83

Бобохонов Шодмонджон Абдусаломович, студент;
Bobokhonov Shodmondzhon Abdusalomovich
Мешков Александр Сергеевич к.т.н., доцент; Meshkov Alexander Sergeevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЭЛЕКТРОПРИВОД КАНАТНОЙ ДОРОГИ

ELECTRIC DRIVE OF THE CABLEWAY

Аннотация. В статье рассматривается электропривод двух канатной дороги маятникового типа. Представлена структурная схема системы электропривода и приведены графики переходных процессов основных координат электропривода. Описаны особенности работы канатной дороги, как средства транспортировки руды в горной промышленности.

Abstract. The article discusses the electric drive of the two cableway pendulum type. The block diagram of the electric drive system is presented and graphs of transients of the main coordinates of the electric drive are given. The features of the cableway, as a means of transporting ore in the mining industry are described.

Ключевые слова: канатные дороги, тяговый канат, электропривод, частотное управление, подчиненное регулирование, структура.

Keywords: ropeways, traction rope, electric drive, frequency control, subordinate regulation, structure.

Вопрос энергосберегающего управления электроприводами транспортных механизмов в горной промышленности в настоящее время является актуальным, а развитие частотно-регулируемого электропривода при-

вело к его интенсивному использованию во всех отраслях и вытеснению им приводов постоянного тока и двигателей с фазным ротором.[1]

Для транспортировки руды в горной промышленности зачастую используется двух канатная дорога маятникового типа. У нее имеется два вида канатов: несущие канаты, по которым катятся ходовые колеса вагонеток, и тяговый канат, с помощью которого производится движение вагонеток. При маятниковом движении на каждой линии имеется по одной вагонетке, совершающих реверсивное движение вперед и назад по одной линии между конечными пунктами дороги.

Отличительной особенностью рассматриваемого технологического комплекса является то, что в процессе работы канатной дороги жесткость тягового троса изменяется в зависимости от местоположения груженой вагонетки на линии, поэтому как в динамических, так и в статических режимах скорость вращения двигателя и движения вагонетки различные, что усложняет управление вагонетками, влияет на точность позиционирования при погрузочных операциях.

Один из концов канатов с помощью муфты и анкерной плиты закрепляется в специальном фундаменте или непосредственно в конструкции станции противоположные концы несущих канатов натягиваются на другой станции свободно висящими натяжными грузами. На протяжении между станциями несущие канаты поддерживаются отдельно стоящими опорами, на которых канаты лежат свободно без закрепления.[2]

Благодаря этому натяжные груза регулируют натяжение несущих канатов и поддерживают его постоянным и одинаковым по всей линии дороги вне зависимости от изменения величины провесов в отдельных пролетах, так как всякое изменение длины каната на линии компенсируется ходом противовеса.

Тяговый канат, служащий для передвижения вагонеток едет параллельно несущим канатам, под ними. На погрузочной и разгрузочной станциях канат огибает конечные блоки, а на опорах удерживается роликами, концы тягового каната сплетены, таким образом образуется замкнутый канат.

Тяговый канат имеет также натяжное устройство, для этой цели один из блоков на станции устанавливается на тележку и оттягивается с помощью каната специальным натяжным грузом.[2]

Привод состоит из приводного блока, вращаемого асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором через редуктор с передаточным числом ip.

При движении вагонеток по линии контролируется движение вагонетки по линии. Контролируется движение груженой вагонетки. При заходе груженой вагонетки на разгрузочную станцию разгрузка происходит автоматически, при помощи специального приспособления осуществляющего автоматическую разгрузку вагонетки. При этом срабатывает конечный выключатель, который обнуляет показания датчика положения и переключает САУ на управление той тележкой, которая находится на погрузочной станции. Погрузка порожней вагонетки осуществляется на погрузочной

площадке в момент остановки вагонетки. Погрузка осуществляется автоматизированными погрузчиками или кранами.

В качестве приводного двигателя используется асинхронный электро-двигатель общего назначения, управляемый от преобразователя частоты с векторным управлением.[3]

Моделирование как метод анализа проводится с целью оценки показателей качества разрабатываемой САР и выполнено по структурной схеме, представленной на рисунке 1 в среде MATLAB Simulink. На рисунках 2 и 3 представлены графики переходных процессов тока и скорости системы электропривода.[3]

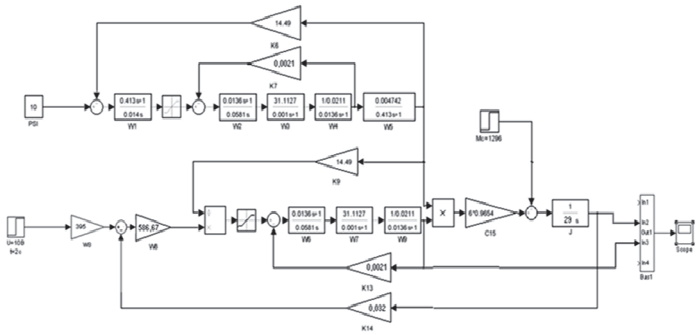


Рисунок 1 – Структурная схема ПЧ-АД

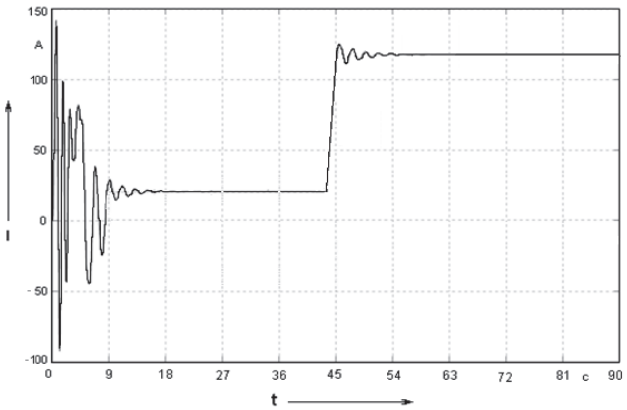


Рисунок 2 - График переходного процесса тока при изменении нагрузки

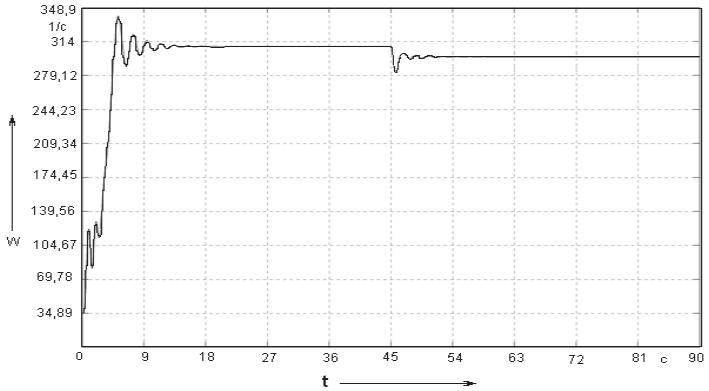


Рисунок 3 - График переходного процесса скорости
при изменении нагрузки

Из анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы:

- время переходного процесса составляет 9 секунд;
- величина перерегулирования по скорости менее 5%;
- при изменении задающего воздействия реакция САР по скорости не зависит от параметров объекта и её быстродействие характеризуется временем достижения максимума момента при максимальной скорости и максимума скорости при минимальной скорости;
- максимальные значения тока ротора и электромагнитного момента прямо пропорциональны моменту инерции механической части и обратно пропорциональны выбранной величине некомпенсированной постоянной времени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Вешеневский С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе / С. Н. Вешеневский. - 7-е изд., исправленное. М: Энергия, 1987. - 432 с.

2 Беркман М. Б., Бовский Г. Н., Куйбида Г.Г., Леонтьев Ю.С. Подвесные канатные дороги - М.: Машиностроение, 1984. - 264 с.

3 Борцов Ю. А., Соколовский Г. Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями / Энергоатомиздат, 1998. - 288 с.

УДК 62-6:62-69

Болдырев Владислав Вячеславович, аспирант;
Boldyrev Vladislav Vyacheslavovich
Горькавый Михаил Александрович, к.т.н.; Gorky Mikhail Alexandrovich
Егорова Валерия Павловна, аспирант; Egorova Valeria Pavlovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА, НАПРАВЛЕННОГО НА ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В МЕСТНЫХ СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ, РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ

TECHNICAL AND ECONOMIC SUBSTANTIATION OF THE DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE PRODUCT AIMED AT THE APPLICATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN LOCAL HEATING SYSTEMS LOCATED IN THE KHABAR TERRITORY

Аннотация. В работе приведена технологическая карта нового гибридного преобразователя электромагнитного излучения в тепло и произведено вычисление срока окупаемости местной системы отопления, сопряженной с системой новых преобразователей.

Abstract. The work contains a flow chart of a new hybrid converter of electromagnetic radiation into heat and calculates the payback period of a local heating system, coupled with a system of new converters.
Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, энергосбережение, технико-экономическое обоснование, продукт, управление техническими системами.
Keywords: renewable energy sources, energy saving, feasibility study, product, management of technical systems.

Для обеспечения оптимального функционирования гелиосистемы в климатических условиях характерных для территории Хабаровского края, необходимо ориентироваться на следующие критерии: уровень инсоляции территории, мощность преобразователя, количество преобразователей на 100 кв.м., норма теплопотери теплоносителем, длинна теплотрассы, продолжительность воздействия источника электромагнитного излучения на рабочую поверхность преобразователя, эксплуатационный срок преобразователя, стоимость преобразователя, температура окружающей среды, доступность преобразователя для устранения воздействия осадков. Поэтому оптимизация работы системы энергообеспечения подразумевает применение программно-аппаратного комплекса, поддерживающего алгоритмическое программное обеспечение, обрабатывающего массивы входных данных.

Одним из критериев применимости решения, является стоимость её аппаратной части. В работе приведено технико-экономическое обоснование адаптируемого к положению естественного источника инфракрасного излучения (солнца) держателя рабочей поверхности солнечного коллектора с автоматизированным интеллектуальным модулем управления, поддерживающим принятие решения о направление рабочей поверхности на источник инфракрасного излучения с оптимальными параметрами.

Преобразователь с программно-аппаратным комплексом относится к гелиотехническим устройствам, предназначенным для повышения эффективности гелиосистем, за счет улучшения работы по преобразованию, путем обеспечения автономной ориентации его рабочей поверхности на источник с оптимальным инфракрасным излучением. Аппаратная часть выполняет корректирующие действия, синтезированные алгоритмическим программным обеспечением. Алгоритм является составляющей системы помощи принятия решений. Предназначен для обработки данных от распределенной системы измерительных устройств с целью формирования решения, выраженного командой для исполнительного механизма, изменяющего положение рабочей поверхности солнечного коллектора. Программная часть ориентирована на работу с процессами по преобразованию энергии через полупроводники в результате фотоэдс, положение которых корректируется шаговыми исполнительными механизмами. Модуль управления позволяет: сформировать массив данных, отображающий состояние измерительных устройств проанализировать их на интегрированной имитационной модели и привести управляющий сигнал для исполнительного механизма. Кроме того, поддерживается вывод рекомендации на

естественном языке по изменению положения рабочей в случае регистрации неустранимых автоматических последний от внешних факторов.

Работа системы будет эффективной в случае обеспечения выработки 0.0654 Гкал/ кв.м в сутки и сроком окупаемости ниже эксплуатационного срока службы системы. Такую мощность может обеспечить гелиосистема средней производительности, при учете соблюдения нормативов к теплотрассе и монтажу [1]. Стоимость системы в среднем составляет 967 480 руб. Данная система имеет потенциал применимости, но способна выполнять норматив только в условиях 8-часового светового дня при уровне инсоляции от 4 кВтч/м2 в день. При этом уменьшение возможного тепла - приблизительно 1 % для каждого 1 градуса отклонения от угла с прямым попаданием инфракрасного излучения Солнца. Следовательно, применение гелиосистемы на территории с характерными для Хабаровского края параметрами будет определяться стоимостью стандартной гелиосистемы с

В таблице 1 приведена ориентировочная технологическая карта гелиосистемы с программно-аппаратным комплексом управления оптимальными режимами работы.

Таблица 1 – Карта себестоимости гибридного солнечного коллектора

Наименование комплектующих	Розничная стоимость
0,5 листа алюминия марки АМг2м;	1168 руб.
15 вакуумных трубок общей площадью 3 м^2	17340 руб.
4 Солнечных панели общей площадью 1,05 м^2	9090 руб.
2/2 исполнительных механизма/подпорка с шарниром;	13156
32 крепёжные единицы;	470
2 трубки теплообмена;	1200
8 Оптических датчиков;	2800
4 м. шлангов (разной толщины);	532
8 л. теплоносителя.	550
Себестоимость по комплектующим	46306

На рисунке 1 приведена визуализация, разрабатываемого гибридного преобразователя электромагнитного излучения в тепло, установленного в бойлерной системе отопления.

Система с указными в таблице комплектующими, будет стоить 967 480 руб. для помещения расположенного на территории Хабаровского края с толщиной стен соответствующей ГОСТ24594-81 (из них 463 060 руб. – система из 9 гибридных преобразователей, остальная стоимость это составляющие бойлерной системы отопления). Для помещения 100 кв.м. с толщиной внешней стены 640 мм, находящегося на территории с температурой воздуха минус 32 С, уровнем инсоляции 3,5 кВтч/м^2 в течении 6 часов (неизменяемого прямого воздействия на рабочую поверхность коллектора с теплоносителем, не твердеющим при минус 32С). В соответствии с нормами потребления на 100 кв.м требуется 6,54 Гкал/сут. на протяжении отопительного сезона равного 240 дням (около 8 месяцев). При стоимости 1 Гкал = 2972,21 руб. затраты на тепловую энергию в отопительный сезон составят 155 506,027 руб., следовательно, срок окупаемости при указанной

стоимости системы составит 6,2 года при минимальном эксплуатационного сроке равном 10 годам. Срок окупаемости может быть пропорционально сокращён в зависимости от стоимости 1 Гкал, при использовании транспортируемых видов топлива (газ, углеводород, уголь и др.).

Рисунок 1 – Визуализация, разрабатываемого продукта

Предложенная технологическая карта, сформирована из розничных цен комплектующих будущего продукта. Финальная себестоимость будет скорректирована с учетом объема производства в сторону сокращения. Таким образом по текущим данным можно сделать вывод о том, что средний срок окупаемости местно системы отопления с предложенными преобразователями, будет значительно ниже среднего срока эксплуатации. Разработка продукта экономически обоснована и имеет экономическое обоснования для его вывода на рынок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1«Designing an adaptive software and hardware Complex for converting solar energy», V.V. Boldyrev ; M.A. Gorkavyy ; Denis B. Solovev., Published in: 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934085;

2«Адаптируемый к положению естественного источника инфракрасного излучения (солнца) держатель рабочей поверхности солнечного коллектора»; Авторы: Болдырев Владислав Вячеславович ,Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Комсомольский-на-Амуре государственный университет" (ФГБОУ ВО "КнАГУ"), 2019, № Охранного документа 0002693968;

3«Conceptual model of intelligent system supporting situation evaluation, forecast and control at power grid companies», Gorkavyy, M.A., Gorkavyy, A.I., Solovyev, V.A., 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 – Proceedings

4«Исследование зависимости потенциала солнечной энергетики на территориях пониженных температур от типа реализации гелиоустановки» Болдырев В.В. В сборнике: Производственные технологии будущего: от

создания к внедрению Материалы Международной научно-практической конференции. 2019. С. 40-43.

5«Интеллектуальная система оценки эффективности инновационного проекта в электросетевойкомпании», БолдыревВ.В.,ГорькавыйМ.А. В сборнике: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов Материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов. Ответственный редактор Э.А. Дмитриева. 2017. С. 144-147.

6«Солнечный коллектор В - 50С» Болдырев В.В. В сборнике: Молодые ученые - Хабаровскому краю материалы XIX краевого конкурса молодых ученых и аспирантов. 2017. С. 160-163.

7«Расчет систем управления солнечными коллекторами при наличии тепловых потерь в магистралях теплоносителя», И.А. Болдырев, Б.С. Пузиков. Альтернативная энергетика и экология. -2013. -№ 16. -С. 24-26.

8«Анализ экономической эффективности использования солнечной энергии в процессах выработки электрической и тепловой энергии с использованием паровой турбины на территории Российской Федерации», Рахматулин И.Р., Кирпичникова И.М. Вестник Череповецкого государственного университета. 2017. № 4 (79). С. 34-39.

9«Разработка алгоритма управления системой отопления и горячего водоснабжения с использованием возобновляемых источников энергии», Процишен А.А., Улицкая Е.О. Автоматизация технологических и бизнес-процессов. 2017. Т. 9. № 4. С. 26-37.

10 «Метод учета тепловой проводимости абсорбера в плоском солнечном коллекторе», Кныш Л.И. International Scientific Journal Life and Ecology. 2014. № 2. С. 21.

УДК 621.314.5
Бублейко Владимир Владимирович, студент;
Bublejko Vladimir Vladimirovich
Васильченко Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Vasilchenko Sergey Aleksandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

УПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ С ПОНИЖЕННЫМ ПОТРЕБЛЕНИЕМ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

CONTROLLED RECTIFIER WITH REDUCED REACTIVE POWER CONSUMPTION

Аннотация. В работе показано снижение потребляемой из сети реактивной мощности нагрузками постоянного тока путем применения двухмостового тиристорного выпрямителя с четырехзонным согласно-встречным регулированием выпрямленного напряжения при поочередном управлении тиристорами вентильных комплектов.

Abstract. The paper shows a reduction in the reactive power consumed from the network by DC loads by using a two-bridge thyristor rectifier with four-zone according-to-counter regulation of the rectified voltage when alternately controlling the thyristors of valve sets.
Ключевые слова: реактивная мощность, тиристорный преобразователь, согласно-встречное регулирование, поочередное управление, четырехзонное.
Keywords: reactive power, thyristor Converter, according-counter regulation, alternate control, four-zone.

Для повышения энергетической эффективности электрических сетей необходимо добиваться снижения в них потерь электрической мощности и электрической энергии. Разгрузка электрооборудования сетей по потребляемой реакивной мощности обеспечит снижение токов в сетевом электрооборудовании и уменьшение потерь активной мощности и энергии от передачи реактивной.

Для питания обмоток якоря мощных регулируемых электроприводов постоянного тока, вместо одномостовых трехфазных тиристорных управляемых выпрямителей, можно использовать рассмотренные в [1] трехфазные двухмостовые тиристорные управляемые выпрямители с двухзонным согласно-встречным регулированием выпрямленного напряжения при поочередном управлении тиристорами мостов. Применение таких преобразователей вместо одномостовых тиристорых выпрямителей позволяет снизить потребление реактивной мощности в середине диапазона регулирования угловой частоты вращения электродвигателя примерно в 1,7 раза.

Дальнейшее снижение (примерно в 2 раза) максимальной реактивной мощности потребляемой электроприводами постоянного тока, питаемыми от двухмостовых выпрямителей, может быть достигнуто путем более сложного способа поочередного управления тиристорами вентильных комплектов, использующего четыре зоны изменения углов отпирания тиристоров. Схема такого преобразователя приведена на рисунке 1, графики потреблямых из сети реактивных мощностей приведены на рисунке 2.

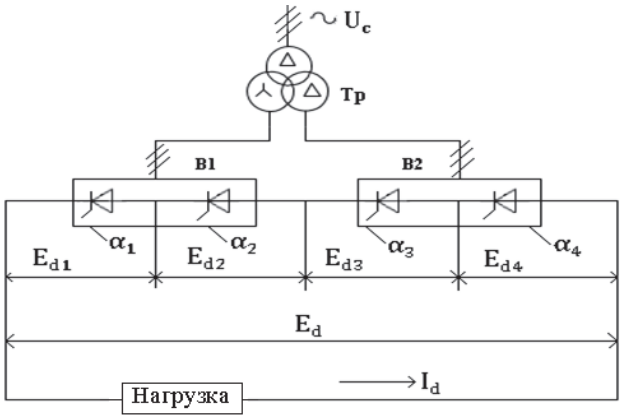


Рисунок 1 – Схема преобразователя с четырехзонным управлением

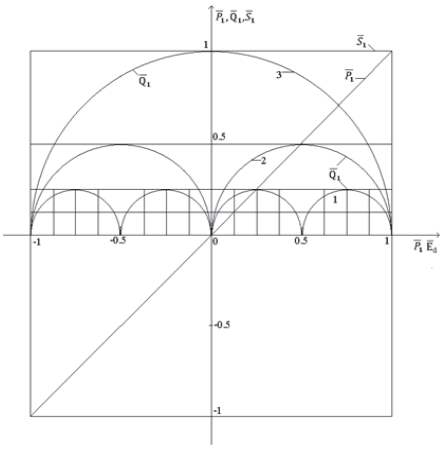


Рисунок 2 – Графики потребляемых мощностей

Используемые на рисунке 1 и рисунке 2 обозначения физических величин и электрических устройств соответствуют общеприятым в электротехнике.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Перельмутер, В.М. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока / В.М. Перельмутер, В.А. Сидоренко. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 304.

УДК 681.5.01:658.5

Бузикаева Алина Валерьевна, аспирантка; Buzikaeva Alina Valerevna
Даудов Тимур Гаммаевич, студент; Daudov Timur Gammaevich
Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент;
Cherny Sergey Petrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

TECHNOLOGY OF INTELLECTUAL CONTROL OF SYSTEMS OF DC AND AC

Аннотация. В работе представлена методика моделирования многокаскадных систем управления электроприводами постоянного и переменного тока. Такой подход позволяет расширить интеллектуальные возможности системы регулирования сложными технологическими объектами и реализовывать законы управления любого уровня сложности, а также приводит к повышению быстродействия и при этом не снижает динамическую точность интеллектуальной системы автоматического регулирования.

Abstract. The paper presents a methodology for modeling multi-stage control systems for AC and DC electric drives. This approach allows you to expand the intellectual capabilities of the regulatory system with complex technological objects and implement control laws of any level of complexity, and also leads to increased performance and at the same time does not reduce the dynamic accuracy of the intelligent automatic control system.
Ключевые слова: электропривод постоянного и переменного тока, многокаскадный нечеткий логический регулятор, интеллектуальная система управления.
Keywords: electric drive of direct and alternating current, multi-stage fuzzy logic controller, intelligent control system.

Традиционные и общепринятые методики настройки систем автоматического регулирования с применением теории нечеткой логики дают хороший результат при реализации классических законов управления (ПИ- или ПИД-). Для развитых слабоструктурированных объектов регулирования необходима реализация законов управления с более сложным наполнением. Решение таких задач может быть реализовано путем применения теории нейронных сетей, но наряду с их широким диапазоном возможностей, существует и ряд недостатков, которыми сопровождается решение сложных, многофакторных и многокритериальных задач. Внедрение интеллектуальных регуляторов в сложные технологические объекты позволит реализовать автоматическое регулирование для систем электроприводов не только постоянного, но и переменного тока, учитывая неполноту и противоречивость исходных данных, а также все особенности и взаимосвязи между координатами в сложном объекте регулирования.

Предложенная в работе методика, основанная на технологии многокаскадного управления, позволяет значительно повысить интеллектуальные свойства регулятора, а также существенно расширить возможности такого подхода и сократить трудоемкость при реализации систем автоматического регулирования, основанных на теории мягких вычислений. Для синтеза интеллектуальной системы управления в качестве объекта регулирования применяются рассчитанные модели электропривода постоянного и переменного тока. В процессе моделирования классический регулятор системы заменяется нечетким, на который накладываются определенные правила и требования. Анализ графиков, полученных в процессе моделирования системы с нечетким логическим регулятором, показывает, что основными достоинствами таких систем является отсутствие перерегулирования и незначительное увеличение быстродействия. Сложность реализации многокаскадной нечеткой системы для электропривода переменного тока обусловлена наличием таких проблем, как достаточно большое количество контуров регулирования, а также высокий порядок объекта управления [1].

Основным отличием при настройке интеллектуального модуля системы автоматического управления электроприводом переменного тока

от постоянного является изменение области распределения функций принадлежности в блоке фаззификации. Применение такого подхода повышает точность, адаптивность и гибкость системы, а также придает ей робастные свойства.

Приведенная методика моделирования интеллектуальных систем управления позволяет построить модель, адекватную реальности без использования громоздких вычислительных процедур, характерных для классического метода управления. Нечеткое управление предоставляет более гибкие механизмы, по сравнению с возможностями, реализуемыми при общепринятых классических алгоритмах управления [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Соловьев В.А., Черный С.П. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами / В.А. Соловьев, С.П. Черный; - Владивосток: «Дальнаука», 2010. – 280 с.

2 Cherniy S. P. Fuzzy Multi-Cascade AC Drive Control System / A. V. Buzikayeva, A. S. Gudim // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). DOI: 10.1109/FarEastCon.2018.8602930.

УДК 621.8.024.6

Буровская Ольга Максимовна, студентка; Burovskaya Olga Maksimovna
Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор;
Kudelko Anatoly Romanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АДАПТАЦИИ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ К УПРАВЛЕНИЮ ПРОТЕЗОМ

HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR ADAPTATION OF PEOPLE WITH LIMITED OPPORTUNITIES FOR MANAGEMENT OF DENTISTRY

Аннотация. Работа посвящена исследованию принципов управления протезом с использованием датчиков, считывающих потенциал с мышц конечности с помощью электродов, а также сигналы нейронов спинного или головного мозга.

Abstract. The work is devoted to the study of the principles of prosthesis control using sensors that read potential from limb muscles using electrodes, as well as signals of neurons of the spinal cord or brain.

Ключевые слова: протез, датчики, люди с ограниченными возможностями, работоспособность, функциональность.
Keywords: prosthesis, sensors, people with disabilities, performance, functionality.

Управление протезом «силой мысли» – довольно трудоёмкий процесс, к этому нужно привыкнуть, адаптироваться, на что может уйти немало времени. Если подключить протез к недостающей конечности, не умея им управлять, то может быть велика вероятность повреждения устройства. С невысокой точностью выполнения движений работоспособность человека понижена. Например, мелкая моторика очень сложна в исполнении протезом.

Нельзя не принять во внимание частые случаи травм на производстве, из-за чего количество работников уменьшается, иногда уходят и ценные специалисты. Также в организации с численностью работников, например, более 100 человек – от 2 до 4 процентов среднесписочной численности должны составлять люди с ограниченными возможностями, в организации с численностью работников от 35 до 100 человек - не выше 3 процентов среднесписочной численности.

По данным пенсионного фонда РФ в крае на 1 января 2019 численность инвалидов трудоспособного возраста составляет 23 144 человека. Из них осуществляют трудовую деятельность 5 424 человека или 23,44 процента от общего числа инвалидов трудоспособного возраста. Данный показатель в среднем по Дальневосточному федеральному округу (ДФО) составляет 24,19 процента, и по дальневосточным регионам он также не очень отличается, что показывает общность такой проблемы, – рассказала председатель комитета Думы по социальной защите населения и здравоохранению.

Так как проблема возникает из-за недостаточного выполнения объёмов работ, возложенных на людей с инвалидностью, нужно увеличить показатель работоспособности, проще говоря, сделать так, чтобы функции протеза были максимально приближены к функциям настоящей человеческой конечности. Для этого требуется не только хороший протез, но и умение хорошо им управлять. На решение этой проблемы направлено создание программно-аппаратного комплекса для адаптации людей с ограниченными возможностями управлению протезом. Комплекс должен хотя бы частично решить проблему занятости населения с ограниченными возможностями путём их беспрепятственного трудоустройства.

Комплекс должен работать следующим образом: на пользователя надеваются очки виртуальной реальности, подключаются датчики к недостающей части тела или же к голове. Сигналы, передаваемые датчиками в приложение, будут обеспечивать движение виртуального протеза. Например, при ампутации руки до плеча или чуть выше локтя будут соединяться спинальные двигательные нейроны, отвечающие за управление рукой, с неподвижными мышцами в теле – грудной мышцей или бицепсом руки. Для считывания сигналов используются мио-датчики, они состоят из чувствительных электродов и обеспечивают корректное считывание электри-

ческого потенциала. Считываемый сигнал передаётся в микропроцессор, мозг всего протеза, который совершает обработку полученной информации при помощи соответствующих компьютерных алгоритмов. Микропроцессор, опираясь на полученный сигнал, за доли секунды формирует команды и направляет их в двигатели (моторы), которые и приводят в движение активные части протеза.

Блок-схема программно-аппаратного комплекса представлена на рисунке 1. Датчики должны быть подключены к тем мышцам, от которых зависит движение утерянной конечности человека. Относительно получаемых сигналов будет происходить движение виртуального протеза, человек сможет видеть его на экране шлема виртуальной реальности.

Рисунок 1 – Блок-схема программно-аппаратного комплекса для адаптации людей с ограниченными возможностями к управлению протезом

Датчики осуществляют преобразование исходной информации (сигналы мышечной и мозговой активности и т.д.) в системе в электрический сигнал аналоговой формы. Прием аналогового сигнала и преобразование его в цифровой, а также сравнение с достижением поставленной цели производится микроконтроллером, который, в свою очередь, управляет движениями виртуального протеза и синхронизирует его с приложением в шлеме виртуальной реальности.

В качестве целевых индикаторов (показателей) можно считать:

- освоение управления протезом до его получения, предотвращение неосторожного обращения с устройством и поломки;
- повышение работоспособности, следовательно, повышается и процент выполнения рабочих планов организации/предприятия.

В рамках проекта возможна ориентация на группу конкретных потенциальных потребителей. В таких групп могут выступать, например, медицинские и реабилитационные центры. После потери конечности или утраты контроля над ней, человек, находясь в специализированном медицинском учреждении, получает возможность опробовать управление протезом до его покупки за определённую плату, установленную учреждением. Курс обучения может длиться от двух недель до месяца. Полученные за курс деньги могут уйти на развитие специализированных реабилитационных центров и развитие технологий протезирования.

Рисунок 2 – Примерное изображение программно-аппаратного комплекса

Рассматриваемые технологии и оборудование для адаптации людей с ограниченными возможностями к управлению протезами способны обеспечить решение проблемы с трудоустройством и самим процессом работы, увеличить процент занятости населения региона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. «3D NEWS» [Электронный ресурс] / URL: https://3dnews.ru/981950 (Дата обращения 28.04.2020).

2. «Супер моторика» [Электронный ресурс] / URL: https://motorica.org/bionicheskij-protez (Дата обращения 26.04.2020).

3. DVHAB.RU [Электронный ресурс] / URL: https://www.dvnovosti.ru/khab/2019/03/12/96469/ (Дата обращения 23.03.2020).

4. Консультант Плюс [Электронный ресурс] / URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8559/931d581bb4ce535d15414800fc6070219c7deefd/ (Дата обращения 26.03.2020).

УДК 621.314

Гаскаров Алмаз Ильфатович, студент; Gaskarov Almaz Ilfatovich
Мухаметдинов Артур Марсельевич, студент;
Mukhametdinov Artur Marselevich
Сафиуллин Рузил Ахнафович, к.ф.-м.н., доцент; Safiullin Ruzil Akhnafovich
Башкирский государственный университет (Нефтекамский филиал)

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

MATHEMATICAL MODELING OF THE OPERATION OF AN ELECTROMECHANICAL CONVERTER

Аннотация. Путем построения и решения математической модели в работе проведен расчет основных метрологических параметров электромеханического преобразователя. Измерительный датчик выполнен из резино

- металлокордного композита, которая найдет применение в виброметрии и энергетическом машиностроении.

Abstract. By constructing and solving a mathematical model, the calculation of the basic metrological parameters of the electromechanical converter is carried out. The measuring sensor is made of rubber-metal-cord composite, which will be used in vibrometry and power engineering.

Ключевые слова: математическая модель, накопитель энергии, резино-металлокордный композит, электромеханика, виброметрия.

Keywords: mathematical model, energy storage, rubber-metal-cord composite, electromechanics, vibrometry.

Устройства электромеханического преобразования механической энергии в электрическую, представляют такие электрические аппараты, в основе которых лежат различные физические явления. Такие вибрационные электрические устройства с различными чувствительными элементами активно используются в приборостроении как датчики виброускорений, в бытовых устройствах - как электроконвертеры энергии, в машиностроении – как акселерометры и т.п. [1-3].

Рассмотрим чертеж электромеханического композитного преобразователя (ЭМКП) (рис.1). При механических движениях (перемещении, ускорении, пульсации) исследуемой поверхности тела возникают упругие колебания чувствительного композитного элемента во внешнем магнитном поле и в ней возникают токи действия сторонних сил ЭДС, соответствующие упругой силе $F_{упр} = k \cdot l_q$.

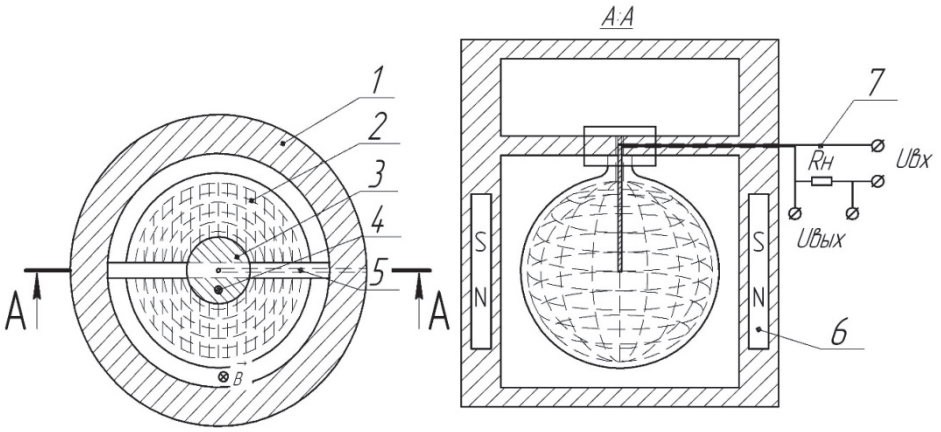


Рисунок 1 – Конструкция ЭМКП: 1- корпус; 2- упругий композитный чувствительный элемент с металлокордом; 3 – крышка; 4 – отверстие; 5- штанга; 6 – внешние магниты; 7 – электроклеммы.

Вибрации эластичной композитной оболочки в магнитном поле подчиняются закону сохранения энергии и имеют вид [2,3]

$$\begin{cases} \dfrac{1}{r^2}\dfrac{\partial}{\partial r}\left(r^2\dfrac{\partial l_q}{\partial r}\right)+\dfrac{1}{r^2\sin\theta}\dfrac{\partial}{\partial\theta}\left(\sin\theta\dfrac{\partial l_q}{\partial\theta}\right)=\rho\dfrac{1-\mu^2}{E_{el}}\dfrac{\partial l_q}{\partial t^2}, \\ \dfrac{\partial^2 l_q}{\partial t^2}+2\eta\zeta\dfrac{\partial l_q}{\partial t}+{\omega_0}^2 l_q=-2\pi A_{BX}\sin(\omega t)\sum\limits_{q=1}^{N} l_q(1;1;1), \\ l_q\big|_{r_q=r_0}=0,\quad l_q\big|_{r_q=R_0}=1,\quad E_q(t)=B_0 l_q\dfrac{\partial l_q}{\partial t}, \end{cases} \tag{1}$$

где все обозначения величин представлены в данных работах.

В системе (1) представлены: уравнение Лапласа для композитной оболочки, уравнение колебаний под действием внешней силы, уравнение скорости изменения ЭДС, начальные и граничные условия. Они являются математической моделью ЭМКП с армированной оболочкой как накопителем механической энергии и выражают ее метрологические данные. Они решаются методом разделения переменных [4] и описывают циклические колебания поверхности оболочки, под воздействием внешней силы и имеют вид

$$\vartheta_q(t)=\frac{\omega}{2\pi\omega_0^2}\frac{F_{вх}\cdot l_q(1;1;1)}{\sqrt{\left(1-\left(\dfrac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2\right)^2+4\dfrac{n^2\varsigma^2}{\omega_0^2}\times\left(\dfrac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)}}\cos(\omega t-\alpha_0), \tag{2}$$

Построим график функции скорости распространения колебаний по поверхности армированной оболочки под действием внешней периодической силы в ПО Mathlab. Подставляя все физические параметры данной колебательной системы в формулу (2) для армированной оболочки (при $\omega \neq \omega_0$) получим график функции $\vartheta_q=\vartheta(l_q,t)$, представленную на рис. 2.

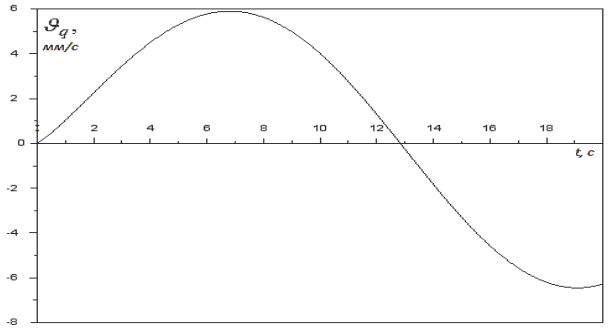


Рисунок 2 - Колебания поверхности армированной оболочки

Как видно из рис. 2 форма колебаний поверхности армированной оболочки синфазно повторяет периодические возмущения внешней силы или вибрации внешней поверхности исследуемого объекта. За счет данных вибраций в армированной катушке возникает ток индукции, которая фиксируется на основе соединения датчика вибраций с измерительным прибором - виброизмерителем VP 102 или серийными приборами: ВШВ -003, ВМ-1, ВШИЛ 0,1. Полученный электрический сигнал выводился на индикатор измерительного прибора и обрабатывался через АЦП ADAM-4520 на ЭВМ. Численные экспериментальные испытания показали, что

заявляемый датчик вибраций позволяет определить характеристики вибрации, измерить ускорение и скорость, размах виброперемещения, повысить чувствительность для диагностики малых амплитуд и низких частотах вибраций с 10 до 100 Гц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глазырин А.С. Математическое моделирование электромеханических систем. Аналитические методы: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. 216 с.

2. Сафиуллин Р.А., Галеев Р.Ф., Мухаметзянов И.А. Инженерный расчёт характеристик электромеханического преобразователя с композитным вторичным элементом // В сборнике: Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов. Материалы IX международной научно-технической конференции. Благовещенск: РИО АмГУ, 2019. С. 71- 76.

3. Сафиуллин Р.А. Численный расчёт характеристик композитного электромеханического датчика вибраций //XXIII Международная научно-практическая конференция «Техника и технология: новые перспективы развития. Москва: Изд-во «Спутник+», 2016. С. 23-31.

4. Минькова Р.М. Методы математической физики: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2013. 87 с.

УДК 631.171:631.589.2:631.588.5

Грабарь Даниил Михайлович, студент; Grabar Daniil Mikhailovich
Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор;
Kudelko Anatoly Romanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКТОВ ПЧЕЛОВОДСТВА

THE USE OF INTELLIGENT TECHNOLOGIES TO INCREASE THE EFFICIENCY OF PRODUCTION OF VEEKEEPING PRODUCT

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию принципов и подходов использования интеллектуальных технологий в области пчеловодства. Занятие пчеловодством подразумевает наличие ряда проблем, которые затрагивают как пчеловода, так и пчелиные семьи. Эти проблемы часто приводят к ошибкам начинающих пчеловодов. Они же определяют снижение урожая продуктов пчеловодства, а также возможные потерь пчелиных семей. Причина всему этому сложные условия поддержания благоприятных

условий внутри улья и отсутствие опыта. Для поддержания благоприятного состояния в улье необходим постоянный контроль разных внешних факторов: температуры, влажности в улье, наличия за насекомых-вредителей, наличия и состояния пчеломатки, а также контроль количества и состояния расплода. Для того, чтобы увеличить порог вхождения в пчеловодство, и ориентированы предлагаемые интеллектуальные технологии в улье.

Abstract. This work is devoted to the study of the principles and approaches of using intelligent technologies in the field of beekeeping. Beekeeping involves a number of problems that affect both the beekeeper and bee families. These problems often lead to mistakes of beginning beekeepers. They also determine a decrease in the yield of beekeeping products, as well as possible losses of bee colonies. The reason for all this is the difficult conditions for maintaining favorable conditions inside the hive and the lack of experience. To maintain a favorable state in the hive, constant monitoring of various external factors is necessary: temperature, humidity in the hive, the presence of insect pests, the presence and condition of the bee, as well as control the number and condition of the brood. In order to increase the threshold for entry into beekeeping, the proposed intelligent technologies in the hive are oriented.

Ключевые слова: пчеловодство, интеллектуальные технологии, улей.
Keywords: beekeeping, intelligent technologies, beehive.

Пчеловодство – отрасль сельского хозяйства, занимающаяся разведением, содержанием и использованием пчёл для производства продуктов пчеловодства, а также опыления энтомофильных растений. Стоимость дополнительной продукции, получаемой производителями в результате опыления растений пчёлами, часто в 10-12 раз превышает доходы, получаемые от реализации прямой продукции пчеловодства. При этом, пчеловодство является одной из наиболее сложных видов деятельности в сельском хозяйстве.

С давних времён жилищами пчёл являлись пещеры, камни, дупла деревьев. Все эти жилища состоят из материалов, которые обладают хорошей электропроводимостью и низким сопротивлением. В естественных жилищах электропроводимость наивысшая после металлов. Как известно, электрическое поле внутри проводника отсутствует, даже если оно имеет свой заряд. Гнезда пчёл также расположены внутри проводящего объёма. В результате получается клетка Фарадея, которая защищает пчёл от внешнего электрического поля. Ульи изготовлены, как правило, из сухой древесины. Они не имеют защиты от электромагнитных излучений. А.А. Аливердиев и ряд других учёных в 1977 определили, что при прямом облучении весеннего пчелиного расплода вне семьи электромагнитными волнами ультравысокой частоты длиной порядка 7,5 метров медицинским аппаратом УВЧ-66 мощностью 70 Вт с напряжением 4 вольта и экспозицией до 30 минут весь расплод погибает. Наименьшую устойчивость, к воздействию этих волн проявляют личинки, которые погибают, при облучении полем мощностью 20 Вт с напряжением 2 вольта и экспозицией 10 минут. Результаты представленного исследования определяют возможность создания такой интеллектуальной

системы, которая при отправке соответствующих данных сможет нанести минимальный вред пчелиной семье.

Интеллектуальная система, структурная блок-схема которой представлена на рисунке 1, состоит из двух независимых блоков: блока улья и блока web-сервиса и отправки СМС уведомлений. Блок улья представляет собой пластиковый или деревянный корпус, в котором размещён ряд датчиков. Блок web-сервиса располагается на микрокомпьютере. Все данные сохраняются в базе данных под руководство MySQL сервера и отсылаются СМС сообщением. Управление ульем выполняется микроконтроллером ESP-8266, который управляется благодаря языку программирования C++. В улье установлен ряд датчиков для определения упомянутых ранее внутренних факторов. Все полученные данные отправляются на MySQL сервер. Управление блоком web-сервера выполняется благодаря языку программирования Python. Все данные загружаются с MySQL сервера. Следует отметить, что GSM модуль позволяет отправлять информацию, полученную из базы данных. Одновременно данный модуль позволяет установить сеть в глухом лесу.

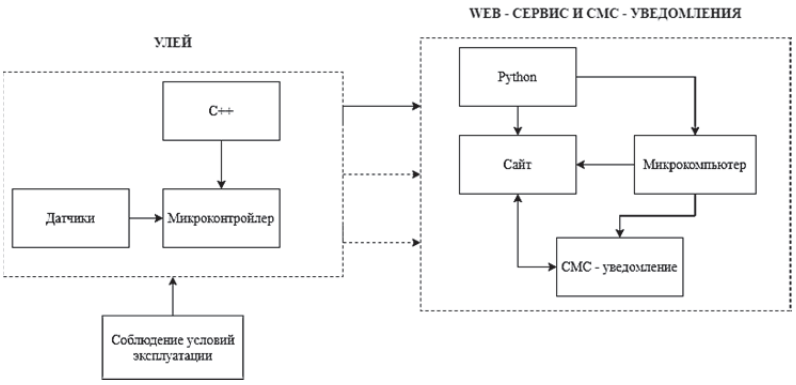


Рисунок 1 - Структурная блок-схема интеллектуальной системы улья

При написании программы для микроконтроллера было учтено время работы устройства, которое равно 3 минутам. За это время микроконтроллер успевает собрать всю необходимую информацию с датчиков и отправить её в базу данных, после чего устройство уходит в глубокий сон на 1 час. Данный режим работы позволяет минимизировать электромагнитные волны внутри улья.

Интеллектуальная система ориентирована на следующие группы лиц:

- Физические лица – для установки ульев в приусадебных участках. Устройство должно привлечь молодых людей, заниматься пчеловодством.
- Юридические лица – для установки на пасеках. Данное нововведение позволит улучшить наблюдение за ульем, что, в свою очередь, увеличит объёмы производства продуктов пчеловодства.

Основной целью интеллектуальной системы является привлечение молодых кадров в область пчеловодства, так как в настоящее время средний возраст пчеловода составляет 45 – 65 лет. В случае отсутствия заинтересованности молодёжи данной сферой деятельности существует вероятность, что через 1-2 поколения в пчеловодстве просто некому будет работать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ
1. Краусп, В. Р. Пасечное электрооборудование. / В.Р. Краусп. // Пчеловодство. – 2007. – № 2. – С. 39 – 41.
2. «ЯндексДзен» [Электронный ресурс] / URL https://zen.yandex.ru/media/ostanin1966/kak-zascitit-pchel-ot-pagubnogo-vozdeistviia-elektromagnitnyh-polei-5dfde04cecfb8000adf83a91 (дата обращения 20.04.2020).

УДК 615.471
Грибалев Андрей Владимирович, студент; Gribalev Andrey Vladimirovich
Ульянов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Ulyanov Alexander Vladimirovich
Шибеко Роман Владимирович, старший преподаватель;
Shibeko Roman Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

УСТРОЙСТВО ПОМОЩИ БОЛЬНЫМ ЭПИЛЕПСИЕЙ

DEVICE HELP FOR PATIENTS WITH EPILEPSY

Аннотация. В статье описывается устройство помощи больным эпилепсией. Задача устройства распознавать приближающийся или начавшийся приступ эпилепсии и предупреждать пользователя самостоятельно и через смартфон.
Abstract. The article describes the device for helping patients with epilepsy. The device's task is to recognize an approaching or an onset of an epilepsy attack and alert the user independently and through a smartphone.
Ключевые слова: эпилепсия, приступ, гироскоп, акселерометр, генератор тока, микроконтроллер.
Keywords: epilepsy, seizure, gyroscope, accelerometer, current generator, microcontroller.

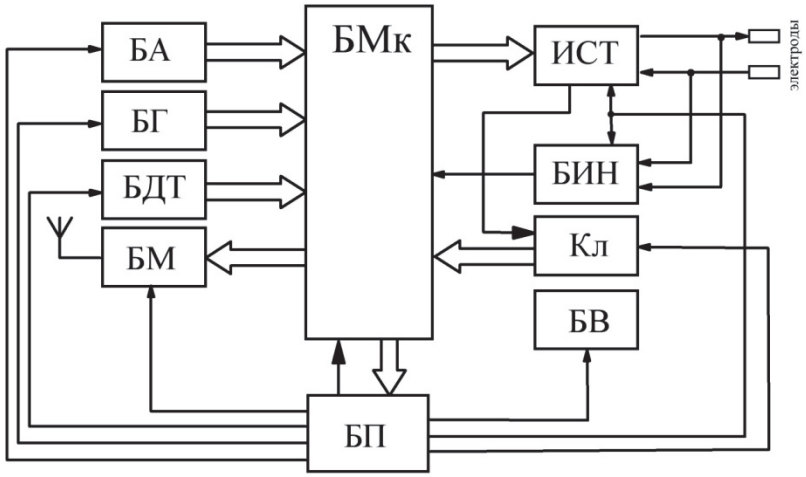
Rosalind Picard из Massachusetts Institute of Technology пришла к выводу [1] что изменение кожно–гальванической реакции наступает раньше чем сам приступ эпилепсии приблизительно на 15 минут, а также что смерть в результате эпилептического припадка наступает позже самого припадка (синдром внезапной смерти при эпилепсии) поэтому есть время для оказания медицинской помощи. Проектируемое устройство призвано распознать приступ эпилепсии (по возможности заранее) и сообщить об этом пользователю и доверенным лицам (родственники, друзья и т.д.). Устройство состоит из браслета, надеваемого на запястье руки или лодыжку ноги, и модуля, закрепляемого на поясе. Браслет оборудован датчиком температуры, гироскопом, акселерометром, электродами и с устройством соединен проводной связью. Устройство по каналу Bluetooth связано со смартфоном пользователя (смарт–устройство). На смартфон возложены задачи отображения температуры тела пользователя, определения географических координат пользователя, посылка смс пользователю и доверен-

ным лицам с сообщением о проблеме и месте нахождения пользователя, ведение статистики приступов, сообщение о разряде источников питания в устройстве.

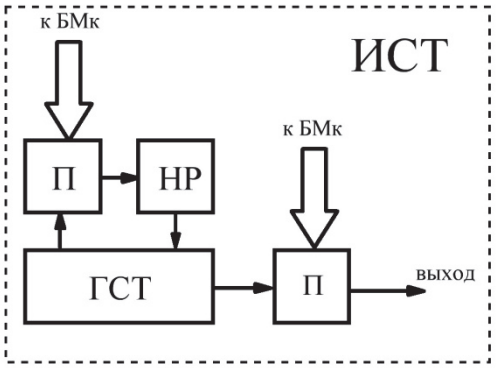
Клавиатура устройства позволяет включить/выключить устройство, дать команду смартфону послать смс доверенным лицам о потребности помощи и своем местоположении, откалибровать гироскоп и акселерометр, произвести тест устройства.

В устройстве присутствует вибросигнализация, которая сообщает пользователю о восприятии нажатия клавиши, некритическом и критическом разряде источников питания, приближающимся приступе.

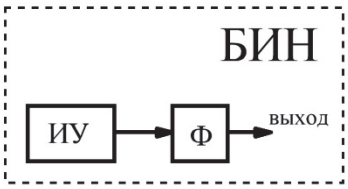
а)



б)



в)



БМк – блок микроконтроллера; БА – блок акселерометра;
БГ – блок гироскопа; БДТ – блок датчика температуры;
БМ– модуль Bluetooth; БП – блок питания; ИСТ – источник стабильного тока;
БИН – блок измерения напряжения; Кл – клавиатура; БВ – блок вибрации;
П – переключатель; НР – набор резисторов; ГСТ – генератор стабильного тока;
ИУ – измерительный усилитель; Ф – фильтр.

Рисунок 1 – Структура устройства: а – полная структурная схема устройства; б – структура источника стабильного тока; в – структура блока измерения напряжения

Структурная схема устройства показана на рисунке 1а. Центральным звеном является микроконтроллер. Блок датчика температуры измеряет температуру тела. Блок акселерометра предназначен для измерения уско-

рения по трем осям. Блок гироскопа измеряет положение тела по трем осям. Совместно с акселерометром и датчиком температуры гироскоп помогает вычислить поправки для измерения проводимости кожи, а также распознать уже начавшийся приступ эпилепсии.

Источник стабильного тока и блок измерения напряжения образуют схему измерения кожно–гальванической реакции. Клавиатура и блок вибрации информационно связывают пользователя с устройством. Блок питания является элементом энергопитания для всех блоков устройства. Связь микроконтроллера и смартфона осуществляется через Bluetooth–канал.

В устройстве для измерения сопротивления кожи используется генератор тока, что целесообразнее, чем использование генератора напряжения [2]. Характер сигнала – переменный [3] и представляет собой прямоугольные биполярные импульсы частотой 0.5 Гц. На каждой полуволне устройство производит по 10 измерений и вычисляет среднее значение за период, уменьшая тем самым погрешность измерения.

Амплитуда тока (1 мкА, 5 мкА, 10 мкА, 15 мкА, 20 мкА) настраивается подключением соответствующего резистора при помощи управляемого переключателя (см. рисунок 1б) для заполнения не менее ¾ шкалы внутреннего АЦП микроконтроллера. На вход АЦП поступает сигнал, усиленный измерительным усилителем и отфильтрованным фильтром низких частот с частотой среза 15 Гц для выделения тонической составляющей (см. рисунок 1в). Другой переключатель осуществляет смену полярности токового сигнала подаваемого на электроды. Микроконтроллер опрашивает датчики раз в 5 минут. Для экономии энергии блоки устройства подключаются к блоку питания по мере необходимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Embrace. Умные часы для предупреждения эпилепсии [Электронный ресурс]: российское интернет–издание Zdrav.Expert – Режим доступа: zdrav.expert/index.php/npoAVKT: Embrace chasy–dlya–epileptikov (12.03.2020)

2. Суходоев, В.В. Модифицированная методика измерений и оценки кожно-гальванических реакций человека [Электронный ресурс] / В.В. Суходеев: российское интернет–издание Института психологии РАН – Режим доступа: http://www.ipras.ru/cntnt/rus/media/on-layn-bibliote/otdelnie-statis/publikacii /stati _sotr/vvsuhodeev.html (15.03.2020)

3. Жбанков, Д.С. Система контроля психофизического состояния человека как инструмент управления процессом адаптации в спорте и учебном процессе [Электронный ресурс] / О.В. Жбанков, Д.С. Петров, В.А. Головина: научно-теоритический интернет журнал «Теория и практика физической культуры» – Режим доступа: http://sportlib.info/Press/TPFK/2003N2 /p20-23.htm (15.03.2020).

УДК 65.011.56
Егорова Валерия Павловна, аспирант; Egorova Valeria Pavlovna
Олиферова Ольга Сергеевна; Oliferova Olga Sergeyevna
Горькавый Михаил Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Gorkavyy Mikhail Aleksandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ РЕШЕНИЙ, ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ

FEATURES OF NEURAL NETWORK DECISIONS ADVANTAGES AND DISADVANTAGES, PROSPECTS FOR APPLICATION

Аннотация. В работе представлены достоинства и недостатки двух наиболее перспективных методов создания интеллектуальных систем управления автоматизированными технологическими процессами: нечеткой логики и нейронных сетей. В результате анализа выявлено высокая эффективность их применения в технологических процессах широкого профиля. Сделанны выводы о наличии высокого потенциала эффективности при разработке гибридных автоматизированных систем на базе одновременного использования математического аппарата нейронных сетей и нечеткой логики.
Abstract. The paper presents the advantages and disadvantages of the two most promising methods for creating intelligent control systems for automated technological processes: fuzzy logic and neural networks. The analysis revealed the high efficiency of their use in technological processes of a wide profile. Conclusions are drawn about the presence of a high efficiency potential in the development of hybrid automated systems based on the simultaneous use of the mathematical apparatus of neural networks and fuzzy logic.
Ключевые слова: нейронная сеть, автоматизация, искусственный интеллект, преимущества и недостатки нейронных сетей, технологический процесс, интеллектуальные системы, нечеткие системы.
Keywords: neural network, automation, artificial intelligence, advantages and disadvantages of neural networks, technological process, intelligent system, fuzzy systems.

При динамичном развитии технологических процессов и быстрорастущей конкуренции предприятий необходимо учитывать современные подходы при проектирования элементов систем управления технологический процессов. На текущей момент управленческие решения на предприятиях должны основываться на достоверных, непротиворечивых и адекватных данных. Необходимо не только систематизировать информацию с использованием новейших разработок алгоритмического и программного обеспечения, но и обеспечить реализацию вывода управленческого решения на ее основе. Целью данной работы является исследование применения методов нечеткой логики и частично нейронных сетей, в задач поиска их критических достоинств и недостатков.

Известные до этого математические методы, использовавшие классическую теорию множеств, не позволяли решать сложные алгоритмические, многозначные и имеющие неточных характер задачи. В результате американским математиком Лютфи (Лотфи) Заде (Lotfi A. Zadeh) [1], создателем теории нечетких множеств, основанной на нечеткой логики, был создан раздел многозначной логики, основанный на обобщении классической логики и теории нечетких множеств.

Практический опыт разработки нечетких систем показывает, что время и стоимость их проектирования значительно ниже, чем при использовании традиционных математических инструментов при обеспечении требуемых уровней качества. В настоящее время существует огромное разнообразие систем, основанных на методах, использующих элементы искусственного интеллекта (ИИ).

Нечеткая логика формирует организацию логического вывода в условиях неопределенности. Например для создания экспертной системы реализующих тиражирование опыта ведущих специалистов конкретной области. В системах созданных на базе нечеткой логики существует возможность формирования объяснений принятого решения в отличие от систем созданных на базе нейронных сетей, в которых декомпозицию причинно следственных связей реализовать невозможно [2, 3].

Задачи, которые решают нейронные сети, связаны с обучением. Нейросетевой аппарат используется в таких областях, как прогназирование, моделирование, оценка рисков, принятие решений, распознование образов, оптимизация, анализ данных, организация роботизированных процессов [4, 5].

На основе анализа опыта работ в области нейронных сетей были выявлены преимущества и недостатки данного инструмента, что позволит в дальнейшем повысить эффективность функционирования интеллектуальных систем на базе нейросетевых технологий. Ниже в таблице 1 представлены основные преимущества нейронных сетей.

Аппарат нечеткой логики [6, 7, 8] и нейронных сетей являются перспективными областями информационных технологий. Несмотря на описанные выше недостатки, нейронная сеть остается мощным инструментом, который при правильном применении может решать проблемы, которые не могут быть решены с помощью классических программных средств, при этом нечеткие алгоритмы обладают преимуществом при создании экспертных систем.

Наиболее перспективным видится разработка гибридных интеллектуальных систем, базирующихся одновременно на математическом аппарате нечеткой логики и нейронных сетей. Данный симбиоз позволяет классифицировать управленческие решения и реализовать их логический вывод, используя наиболее подходящий при текущих параметров метод, например, использования для обработки большого массива данных нейросетевых технологий, а для задач формирования объяснения нечеткой логики.

Такой подход открывает широкие возможности для оптимизации производственных задач и может быть использован для повышения эффективности автоматизированных систем управления технологическим процессом широкого профиля.

Таблица 1 – Основные преимущества нейронных сетей

Преимущества нейронных сетей		
№	Преимущество	Характеристика
1	Эффективная фильтрация шума	После обучения искусственные нейронные сети могут обрабатывать только ту информацию, которая им нужна, игнорируя посторонние шумы.
2	Адаптация	Возможность адаптации искусственных нейронных сетей к изменениям входных данных позволяет им постоянно работать в адекватном режиме.
3	Непрерывное самообучение	Возможность непрерывного самообучения.
4	Отказоустойчивость	Если часть нейронов выходит из строя, остальные нейроны остаются функциональными. При снижение точности, ответы поврежденной искусственной нейронной сети остаются логичными и правильными.
5	Скорость работы	Каждый из нейронов по сути является микропроцессором, но поскольку искусственная нейронная сеть состоит из тысяч таких нейронов, среди которых проблема распределена, ее решение - намного быстрее, чем использование традиционных алгоритмов для ее решения.
Недостатки нейронных сетей		
№	Недостатки	Характеристика
1	Проблема переподготовки	Проблема заключается в том, что модули «запоминают» ответы вместо отображения шаблонов во входных данных.
2	Черный ящик	Проблема с модулями заключается в том, что они по сути являются черными ящиками. Другими словами, в дополнение к результату, вы не можете получить информацию от модулей, даже статистику. Это очень затрудняет понимание того, как модули принимают решения.
3	Забывчивость	Искусственные нейронные сети отличаются от своих биологических собратьев своей неспособностью «запоминать» прошлые навыки при изучении новой задачи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. – М.: Мир, 1976.

2. регистр Trusov R.E., Gorkavyy M.A., Soloviev V.A. Creation of fuzzy hierar-chical output of automated modules for industrial control of electric grid companies / R.E. Trusov, M.A. Gorkavyy, V.A. Soloviev // Informatika i sistemy upravleniya. - 2017.

3. Горькавый М.А., Соловьев В.А. Нечеткий подход к оценке компетентности технического персонала промышленного предприятия (Научная статья) Печ. Вестник ТОГУ. – 2010. - № 3. Хабаровск, 2010, с 63-72.10/7.

4. Риски Круглов труд В. В., Дли М. И., сроки Голунов опцион Р. Ю. спор Нечеткая диск логика и рубль искусственные валюта нейронные микс сети. треть М.: служб законФизматлит, микс 2001. тариф 221 с.

5. Микс M.A. Gorkavyy, A.S. Gudim, A.Y. Efimov and Denis B. Solovev, “Intelligent System for Prognostication and Optimization of Power Expenses of Techno-logical Processes at Robotized Productions”, International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), 2018.

6. A. Y. Efimov, M. A. Gorkavyy, V.P. Egorova and D. B. Solovev, Design of intelligent decision support system for robotized welding technological processes optimization 2019 International Science and Technology Conference "FarEastCon - 2019", Vladivostok, Russia, 2019. DOI: .1109/FarEastCon.2019.8933908, Scopus.

7. V.P. Egorova ; M.A. Gorkavyy ; A. Y. Efimov; Denis B. Solovev «Synthesis of an Adaptive System for Diagnosing the Quality of Automated Welding Products» 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon) Vladivostok, Russia, Russia, 2019, DOI: 0.1109/FarEastCon.2019.8934286, Scopus.

8. Conceptual model of intelligent system supporting situation evaluation, forecast and control at power grid companies Gorkavyy M.A., Gorkavyy A.I., Solovyev V.A. В сборнике: 2017 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2017 - Proceedings electronic edition. 2017. С. 8076136.

УДК 681.5.01

Енин Эмиль Демьянович, студент; Enin Emil Demyanovich
Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент;
Cherniy Sergey Petrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПОРЯДКА АЛГОРИТМА СУГЕНО

MODELING OF INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS FOR ELECTRIC DRIVES WHEN CHANGING THE ORDER OF THE SUGENO ALGORITHM

Аннотация. В работе представлен анализ нечетких систем управления при изменении порядка алгоритма вывода Сугено. В качестве объекта управления был выбран вентильно-индукторный электропривод. Показаны возможности применяемой технологии управления и исследованы возможные напраления ее развития. Кроме того выявлены основные достоинсва предлагаемой интеллектуальной системы.

Abstract. The paper presents an analysis of fuzzy control systems when changing the order of the Sugeno output algorithm. A valve-inductor electric drive was selected as the control object. The possibilities of the applied control technology are shown and possible directions of its development are investigated. In addition, the main advantages of the proposed intellectual system are revealed.
Ключевые слова: интелектуальная система, алгоритм Сугено, вентильно-индукторный электропривод, моделирование сиситм управления, основные показатели.
Keywords: intelligent system, Sugeno algorithm, valve-inductor electric drive, simulation of control systems, main indicators.

Структура вентильно-индукторного электропривода имеет 3 контура регулирования: быстродействующий контур регулирования тока и контур регулирования скорости, и независимо в структуре управления реализован контур поддержания тока в обмотке возбуждения (ОВ). Контур тока осуществляет регулирование момента [2]. Все выше приведенные особенности определяют сложность реализации процедур управления таким объектом.

Для реализации системы управления таким сложным объектом возможны два подхода [1]. Первый заключается в том чтобы синтезировать нечеткие регуляторы для каждого из контуров, при этом существует возможность некоторой несограсованности выполнения самих процедур управления. Второй подход может быть организован на основе нечеткого контроллера, имеющего на своем выходе три лингвистические переменные и единую базу продукционных правил, позволяющую синтезировать процедуры управления с учетом их взаимного влияния [3].

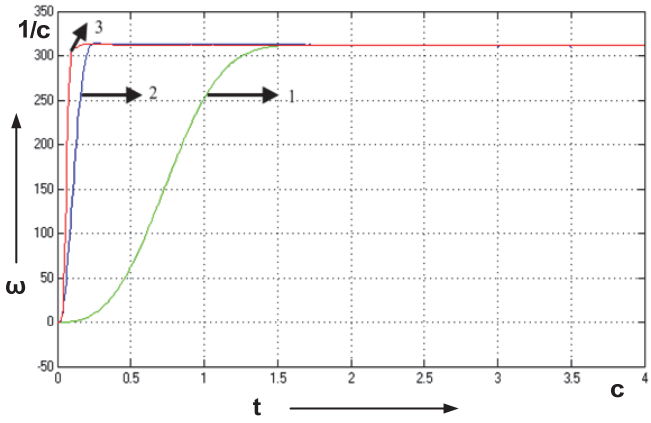


Рисунок 1 – Переходные процессы по скорости в системах:
1 - с классическими ПИ-регуляторами; 2 - с нечеткими регуляторами;
3 - с нечетким контроллером

Необходимо отметить, что независимо от реализации интеллектуальной системы управления ей будет присущ ряд определенных свойств. Она будет «слабочувствительна» к неточности математического описания объекта регулирования, к вариациям его параметров, а также к подаче недетерминированных возмущений. Кроме того, такая система обладает возможностями по интерпретации качественных и количественных характе-

ристик и параметров регулирования. Возможности для повышение интеллектуальных свойств системы будут заключастся в увеличении порядка алгоритма нечеткого логического вывода и приведет к существенному увеличению ее быстродействия без снижения динамической точности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Соловьев В.А. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами / В.А. Соловьев, С.П. Черный - Учебное пособие, Владивосток, «Дальнаука», 2010

2 Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0: учебное пособие/ С. Г. Герман-Галкин – СПб.: КОРОНА принт, 2001. -320 с.

3 Cherniy S.P. Modeling Multi-Cascade Fuzzy Controller with Integrated Implementation of Various Control Laws / S.P. Cherniy, V.I. Susdorf ; A.V. Buzikayeva - 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). DOI: 10.1109/URALCON.2019.8877652.

УДК 615.47

Епанчинов Артем Николаевич, студент; Epanchinov Artem Nikolaevich
Шибеко Роман Владимирович, старший преподаватель;
Shibeko Roman Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА АКТИВНОГО НЕИНВАЗИВНОГО НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА С РАСПОЗНАВАНИЕМ ЭПИЛЕПТИФОРМНОЙ АКТИВНОСТИ

DEVELOPMENT OF AN ACTIVE NON–INVASIVE NEUROCOMPUTER INTERFACE WITH RECOGNITION EPILEPTIFORM ACTIVITY

Аннотация. Статья посвящена обзору классификации нейрокомпьютерных интерфейсов (НКИ), а также описанию возможности распознавания эпилетиформной активности. В работе предложена структурная схема разрабатываемого НКИ и описаны функциональные возможности данного прибора.

Abstract. The article is devoted to a review of the classification of neurocomputer interfaces (NCIs), as well as a description of the possibility of recognizing epilethiform activity. The work proposes a structural diagram of the developed NKI and describes the functionality of this device.

Ключевые слова: нейроинтерфейс, электроэнцефалография, интерфейс мозг–компьютер.

Keyworlds: neurointerface, electroencephalography, brain–computer interface.

Нейрокомпьютерный интерфейс (НКИ, прямой нейронный интерфейс, мозговой интерфейс, интерфейс «мозг – компьютер») – программно–аппаратный комплекс для регистрации активности различных участков головного мозга пользователя. Разрабатываемый НКИ является активным – комплекс считывает и анализирует состояние пользователя, а также позволяют ему распознавать инициацию осознанной мозговой активности, которую можно интерпретировать в команды управления. Разрабатываемый НКИ позволит регистрировать изменения нормальной активности в различных областях головного мозга, а также распознавать эпилептиформную активность, используя электроэнцефалографию (ЭЭГ) для детектирования сигналов, исходящих от мозга пользователя. ЭЭГ позволяет различать целый ряд ритмов, называемых буквами греческого алфавита (альфа (α) – 8–13 Гц, амплитудой 5–100 мкВ; бета (β) – 14–40 Гц, амплитудой 3–7 мкВ; тета (θ) – 4–8 Гц, амплитудой от 20 до 100 мкВ и др.»[1]. Особенности в изменении каждого ритма можно связать с изменением состояния пользователя (переутомлением, чрезмерно возбужденном состоянием и т.д), а также как ответ на внешние раздражители (звуковые, световые и т.д).

Для анализа и мониторинга лучше всего подходят α, β, и θ – волны.

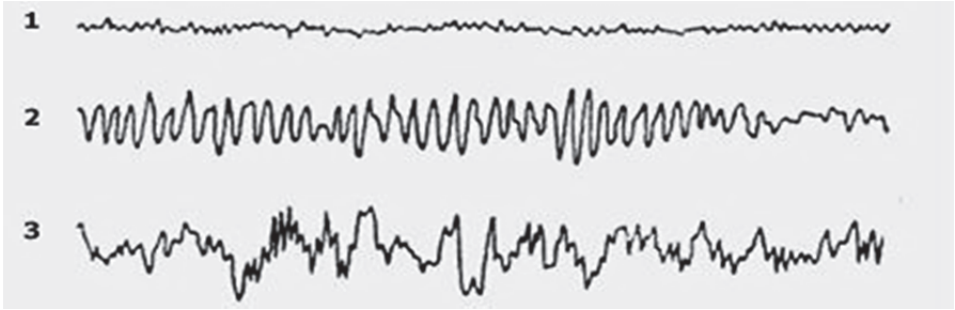


Рисунок 1 – Основные волны ЭЭГ, фиксируемые НКИ: 1 – β–волна; 2 – α–волна; 3 – θ–волна

Эпилептиформная активность, в свою очередь, представляет собой резкие и относительно легко детектируемые нарушения ритмов мозговых волн (в виде пиков, острых волн, комбинации пиков и т.д). Эти изменения неоднородны: они могут отличаться друг от друга периодом, формой, амплитудой, регулярностью, синхронностью, распределением, реактивностью, частотой и ритмичностью [2]. Эпилептиформная активность может возникать в мозге у здоровых людей, но чаще всего она присуща людям, имеющим заболевания головного мозга; в подавляющем большинстве случаев это заболевание – эпилепсия. Проявление такой активности при эпилепсии может сигнализировать о скором наступлении эпилептического приступа. Разрабатываемый НКИ может использоваться для сигнализирования о появлении эпилептиформной активности и риске наступления приступа пользователю, его родственникам, либо медицинскому персоналу.

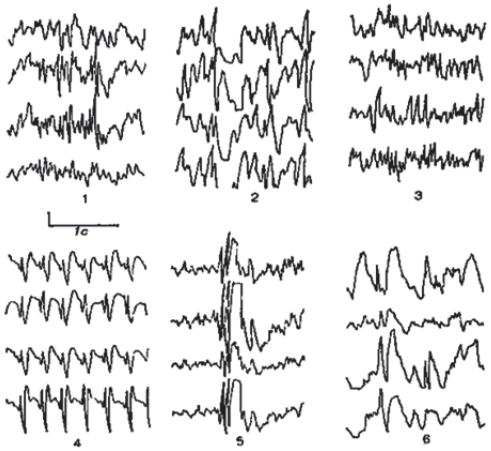


Рисунок 2 – Виды эпилептиформной активности: 1,2 – для α–волн; 3,4 – для β–волн; 5,6 – для θ–волн

Разрабатываемый НКИ состоит из набора датчиков для регистрации мозговых волн (Э1 – Э3), операционного усилителя ОУ с коэффициентом усиления $К_U$ не менее 1000, полосовых фильтров (ПФ1 – ПФ3) для вычленения каждой волны, микроконтроллера (МК) для управления, постобработки сигнала и детектирования нарушения ритмов, а также осуществление связи с компьютером по интерфейсу связи (ИС), и системы индикации состояния устройства (Инд.).

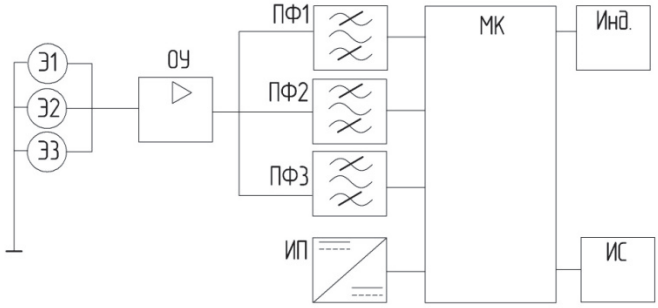


Рисунок 3 – Структурная схема разрабатываемого НКИ

Конечное устройство является носимым на голове, поэтому должно иметь небольшие габариты и легко одеваться на пользователя. Питание устройства должно быть выполнено от аккумулятора с платой защиты от перезаряда и глубокого разряда. Напряжение питания устройства – в пределах от 5 до 12 В; ток, потребляемый устройством – 40–60 мА. Тип используемых электродов – пассивные, сухие. Наконец, НКИ будет использовать соединение с компьютером как с помощью проводного интерфейса (USB), так и с помощью беспроводной связи (Bluetooth, Wi–Fi).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электроэнцефалограмма [Электронный ресурс] : Материал из Википедии – свободной энциклопедии: Версия 97804644, сохранённая в 14:07 UTC 30 января 2019 / Авторы Википедии // Википедия, свободная энцик-

лопедия. – Электрон. дан. – Сан–Франциско: Фонд Викимедиа, 2019. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/?oldid=97804644

2. Глухова, Л.Ю. Клиническое значение эпилептиформной активности на электроэнцефалограмме // Л.Ю. Глухова, Русский журнал детской неврологии. 2016. №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/klinicheskoe–znachenie–epileptiformnoy–aktivnosti–na–elektroentsefalogramme

3. Zander TO, Kothe C. Towards passive brain–computer interfaces: applying brain–computer interface technology to human–machine systems in general. J Neural Eng. 2011 Apr;8(2):025005. doi: 10.1088/1741–2560/8/2/025005. Epub 2011 Mar 24. Review. PubMed PMID: 21436512.

УДК 621.37

Ерёмкина Лариса Евгеньевна, студентка; EremkinaLarisaEvgenevna
Марущенко Сергей Григорьевич, канд. тех. наук, доцент;
Marushchenko Sergey Grigorevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ ДЛЯ ЛАБОРОТОРНОГО ПРАКТИКУМА В СРЕДЕ LABVIEW

DEVELOPMENT OF VIRTUAL DEVICES FOR LABORATORY PRACTICE IN THE ENVIRONMENT LABVIEW

Аннотация. Статья посвящена программной реализации генератора радиочастот в среде LabView с использованием аппаратной платформы VirtualBench. Генератор позволяет получать амплитудно-модулированные и частотно-модулированные сигналы. Рассмотрены блок-диаграммы программ генератора в среде LabView. С помощью осциллографа, встроенного в платформу прибора VirtualBench, приведены осциллограммы полученных радиосигналов.

Abstract. The article is devoted to the software implementation of the radio frequency generator in the LabView environment using the VirtualBench hardware platform. The generator allows you to receive amplitude-modulated and frequency-modulated signals. Block diagrams of generator programs in the LabView environment are considered. Using the oscilloscope built into the platform of the VirtualBench instrument, the oscillograms of the received radio signals are shown.

Ключевые слова: сигнал, генератор, модуляция.
Keyworlds: signal, generator, modulation.

При выполнении лабораторных работ на стендах типа KL-900C возникла необходимость в специализированном генераторе радиосигналов.

Данный генератор должен обеспечивать на своем выходе два типа сигналов – сигнал с амплитудной модуляцией (АМ-сигнал) и сигнал с частотной модуляцией (ЧМ-сигнал). В качестве аппаратной платформы для реализации данного генератора был выбран универсальный измерительный прибор VirtualBench. Аппаратные средства VirtualBench позволяют программно сконфигурировать некоторые измерительные приборы, используя графическую среду разработки приложений LabVIEW.

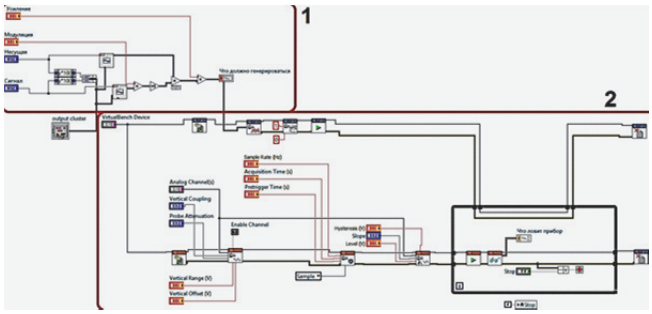
Ранее разработанный вариант генератора АМ- и ЧМ-сигналов с использованием циклических конструкций не позволил достичь необходимого диапазона рабочих частот, ввиду ограниченного времени выполнения цикла [1].

Для того чтобы реализовать диапазон несущих (от 1 до 10 МГц) и модулирующих (от 1 до 10 кГц) частот, было предложено использовать программную конструкцию, исключающую цикл и генерирующую сигнал по образцу с использованием блока FGENConfigureArbitraryWaveform (VI).

Блок-диаграмма АМ-генератора, синтезированная в графической среде разработки приложений LabView, представлена на рисунке 1.

Мгновенное значение АМ-сигнала выражается по формуле [2]:

$$U_{\text{AM}}(t) = U_m * (1 + Mcos\Omega t) * cosw_0 t, \quad (1)$$



1 – модуль вычисления сигнала, 2 – модуль генерации сигнала

Рисунок 1 – Блок-диаграмма программы АМ-генератора

Программная реализация генератора состоит из двух частей: вычисление массива данных АМ-сигнала (1) и непосредственная генерация сигнала по полученному массиву данных (2).

В верхнем блоке программы вычисляются отсчетные значения сигнала по формуле (1) с помощью модуля генератора синуса (SineWaveformVI), для которого задается амплитуда и частота исходного сигнала, а также частота дискретизации. Окончательная генерация АМ-сигнала выполняется с помощью блока FGENConfigureArbitraryWaveform (VI). Данный блок позволяет в реальном масштабе времени генерировать АМ-сигналы высокой частоты, используя в качестве шаблона полученный массив данных.

Результат генерации АМ-сигнала с заданными параметрами отображается на панели осциллографа, встроенного в VirtualBench и представлен на рисунке 2.

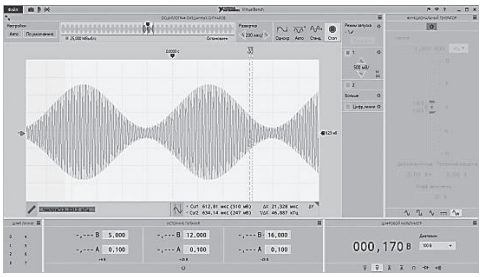
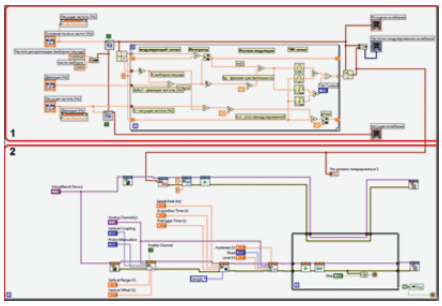


Рисунок 2 – Осциллограмма АМ-сигнала на панели VirtualBench

С использованием подобного алгоритма была реализована программа генерации ЧМ-сигнала. Мгновенное значение ЧМ-сигнала описывается выражением[2]:

$$U_{\text{ЧМ}}(t) = U_m * cos(w_0 t + m * sin\Omega t), \quad (2)$$

где m – индекс однотональной угловой модуляции.
Блок-диаграмма программы ЧМ-генератора представлена на рисунке 3.



1 – модуль вычисления сигнала, 2 – модуль генерации сигнала
Рисунок 3 – Блок-диаграмма ЧМ-генератора

Вычисление матрицы отсчетов ЧМ-сигнала, согласно выражению (2), осуществляется в первом модуле программы. Окончательная генерация ЧМ-сигнала выполняется во втором модуле программы, также с помощью блока FGENConfigureArbitraryWaveform (VI), использующего полученный массив отсчетных значений сигнала в качестве шаблона.

Результат генерации ЧМ-сигнала с заданными параметрами отображается на панели осциллографа, встроенного в VirtualBench и представлен на рисунке 4.

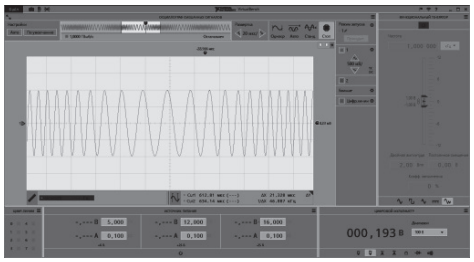


Рисунок 4 – Осциллограмма ЧМ-сигнала на панели VirtualBench

Таким образом, разработанные программы позволили реализовать генератор радиочастот на платформе универсального измерительного прибора VirtualBench для выполнения лабораторного практикума по радиоприемным и радиопередающим устройствам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Русова, Л.Е. Разработка лабораторного стенда на базе оборудования KL-900C и NI VirtualBench для исследования приемопередающих устройств авионики / Л.Е. Русова, С.Г. Марущенко. – Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : материалы II Всерос. нац. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. : в 4 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2019. – Ч. 1. – 403 с.

2. Баскаков, С.И. Радиотехнические цепи и сигналы / С.И. Баскаков. – М.: Высшая школа, 2000. – 201 с.

3. Садомовский, А.С. Приемо-передающие устройства и системы связи / А.С. Садомовский. – Ульяновск: УлГТУ, 2007. – 243 с.

УДК 004.04

Ефимов Алексей Юрьевич; Efimov Alexey Yurievich
Горькавый Михаил Александрович; Gorkavyy Michael Alexandrovich
Егорова Валерия Павловна; Egorova Valeria Pavlovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОБОТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

FORECASTING AND MEASURING VALUES OF A ROBOTIC PROCESS INDIVIDUAL PARAMETERS

Аннотация. В настоящей работе описан процесс регистрации значений силы тока в процессе выполнения управляющей программы промышленным роботом. Представлена принципиальная схема измерительного устройства, описаны компоненты устройства и их назначение. Представлен программный код, реализующий функции регистрации значений силы тока и их запись на ЭВМ.

Abstract. This paper describes the process of registering current values during the execution of a control program by an industrial robot. A schematic diagram of the measuring device is presented; the device components and their purpose are described. The program code that implements the functions of registering current values and recording them on a computer is presented.

Ключевые слова: автоматизация, робототехника, измерительные устройства, энергосбережение.

Keywords: automation, robotics, measuring devices, energy saving.

В настоящее время большинство промышленных предприятий по всему миру стремится к внедрению промышленных роботов [1,2]. Это обусловлено высокой производительностью труда, высокими показателями повторяемости и точности движений манипулятора и др. [3,4]. При этом промышленный робот, как правило, выступает в роли средства оптимизации технологических процессов и редко рассматривается как объект оптимизации [5,6]. Учитывая тот факт, что большую часть суммарной стоимости владения промышленным роботом составляют затраты на обеспечение оборудования электрической энергией, одним из наиболее перспективных направлений оптимизации является энергопотребление.

В ходе проведения исследований [7,8] было установлено, что мощность, потребляемая промышленным роботом в ходе выполнения различных задач, зависит от расположения его рабочего инструмента в пространстве. В связи с этим, в работе [7] были предложены пути реализации потенциала энергосбережения за счет прогнозирования оптимального положения изделия (заготовки) в рабочем пространстве. Для того, чтобы с достаточной точностью прогнозировать энергозатраты отдельных управляющих программ, необходимо иметь адекватную модель потребления энергии роботом, т.е. измеренный или полученный в результате моделирования массив данных, содержащий значения мощности в конкретных точках рабочего пространства робота. В связи с этим, возникает необходимость использования специализированного и одновременно простого измерительного оборудования, способного регистрировать значения тока в трехфазной сети с достаточно высокой частотой дискретизации (3 или более раз в секунду) и записывать значения в файл.

Рынок измерительных приборов предоставляет достаточно широкий выбор устройств, но большинство из них нацелены на широкий сегмент решаемых задач и обладают множеством функций, что влечет за собой достаточно высокую стоимость устройств. При этом трехфазные счетчики, как правило, не сильно распространены и применяются, в основном, в промышленности. Часто такие приборы имеют очень высокую точность и обладают еще большей стоимостью. Именно поэтому было принято решение о создании устройства, функционал которого был бы направлен на решение конкретной задачи – регистрация и запись в файл значений мощности в ходе выполнения управляющей программы промышленным роботом KUKA серии KR. В ходе изучения возможных вариантов решения поставленной задачи, было принято решение об упрощении функционала устройства до регистрации значений тока, так как значение напряжения в сети подключения промышленного робота достаточно стабильно, отклонения не превышают значения 5 В. В результате были определены основные компоненты устройства – токовые трансформаторы и плата Arduino Nano.

Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 1.

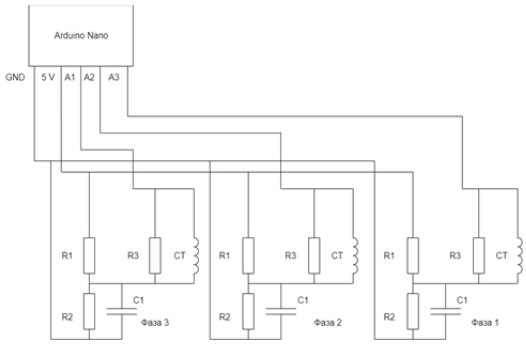


Рисунок 1 – Принципиальная схема измерительного устройства

В качестве токового трансформатора был выбран датчик производителя Talema, модель AC1030. Номинальный поддерживаемый ток – 30 А, максимальное значение – до 75 А. Выбор датчика обусловлен тем, что нагрузка на каждую из фаз не превышает 5 кВт.

Для преобразования тока в опорное напряжение используется нагрузочный резистор R3. Расчет сопротивления нагрузочного резистора выполнялся по закону Ома исходя из значений силы тока вторичной обмотки и аналогового опорного напряжения. Учитывая, что значение вторичного тока данного трансформатора порядка 0,04 А и аналоговое опорное напряжение Arduino 2,5 В, был выбран наиболее подходящий резистор с сопротивлением 56 Ом. В схеме также используются 2 разделительных резистора по 100 кОм для получения опорного напряжения 2,5 В. Конечный вид устройства показан на рисунке 2.

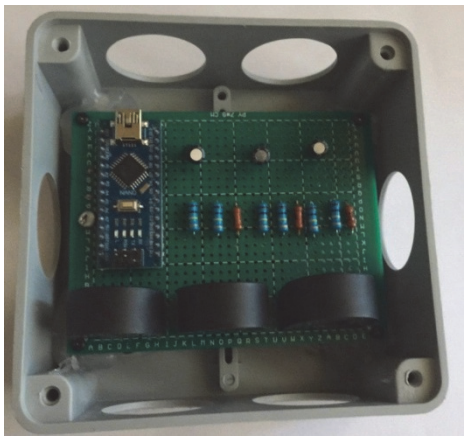


Рисунок 2 – Внешний вид устройства

Программный код, использованный для реализации функций регистрации значений и передачи данных на ПК, показан на рисунке 3. Была использована библиотека EmonLib, специально разработанная для создания устройств, связанных с мониторингом параметров электрических сетей. Частота регистрации значений установлена порядка 3 значений каждые 3 секунды.

В результате калибровки устройства был получен коэффициент масштабирования значений. Для калибровки использовалась нагрузка с заранее известным достоверным значением силы тока.

Устройство подключается в разрыв силового кабеля питания. Схема подключения устройства показана на рисунке 4.

В результате проведения исследований при помощи представленного измерительного устройства, был сформирован массив P={x,y,z,P}, где x=[1:1:10], y=[1:1:10], z=[1:1:10], P – значение мощности в конкретном сегменте рабочего пространства. Данный массив позволит составить модель энергопотребления робота в зависимости от положения рабочего инстру-

мента в пространстве. Преимущества устройства – высокая частота фиксации значений тока, сравнительно небольшая стоимость и простота изготовления, что обеспечит простоту и точность последующих измерений.

```
sketch_oct28b §
#include "EmonLib.h"

EnergyMonitor emon1;
EnergyMonitor emon2;
EnergyMonitor emon3;
void setup()
{ Serial.begin(9600);
emon1.current(1, 22.5);
Serial.begin(9600);
emon2.current(4, 22.5);
Serial.begin(9600);
emon3.current(6, 22.5);}
void loop()
{ double Irms1 = emon1.calcIrms(1480);
double Irms2 = emon2.calcIrms(1480);
double Irms3 = emon3.calcIrms(1480);
Serial.print(Irms1);
Serial.print(" ");
Serial.print(Irms2);
Serial.print(" ");
Serial.print(Irms3);
Serial.print(" ");
Serial.println("");
}
```

Рисунок 3 – Программный код

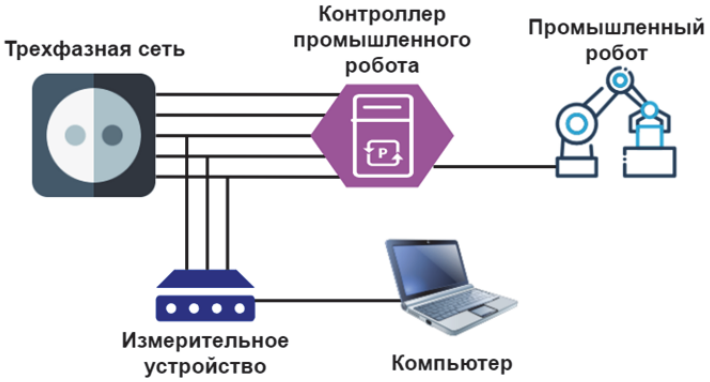


Рисунок 4 – Схема подключения устройства

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Kenichi Y. The future vision of industrial robot // 29th International Symposium on Power Semiconductor Devices and IC's (ISPSD). – 2017.

2 Efimov A.Y., Gorkavyy M.A., Gorkavyy A.I., Solovev D.B. Improving the Efficiency of Automated Precision Robotics-Enabled Positioning and Welding // International Science and Technology Conference (EastConf), 2019.

3 Ефимов А.Ю., Горькавый М.А. К вопросу создания интеллектуальной системы прогнозирования и оптимизации энергетических затрат роботизированного участка // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. 2017. С. 88-90.

4 Ефимов А.Ю., Горькавый М.А. Концептуальный анализ направлений оптимизации роботизированных технологических процессов // Гагаринские чтения - 2018. 2018. С. 311-312.

5 Efimov A.Y., Gorkavyy M.A., Egorova V.P., Solovev D.B. Design of Intelligent Decision Support System for Robotized Welding Technological Processes Optimization // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – 2019.

6 Egorova V.P., Efimov A.Y., Gorkavyy M.A., Solovev D.B. Synthesis of an Adaptive System for Diagnosing the Quality of Automated Welding Products // International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). – 2019.

7 Gorkavyy M.A., Efimov A.Y., Gudim A.S., Solovev D.B. Intelligent System for Prognostication and Optimization of Power Expenses of Technological Processes at Robotized Productions // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, 2018, pp. 1-4.

8 Gorkavyy M.A., Efimov A.Y., Soloviev V.A., Solovev D.B. Algorithmization and Principles of Construction of Information Support of the Automated Module for Energy Outlays Optimization of Technological Processes at Robotized Productions // 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies, 2018, pp. 1-4.

9 Chemnitz M., Schreck G., Kruger J. Analyzing energy consumption of industrial robots. Emerging Technologies and Factory Automation, 2011, pp. 8-13.

10 Siar M.V.S., Fakharian A. Energy efficiency in the robot arm using genetic algorithm. 8th Conference of AI & Robotics and 10th RoboCup Iranopen International Symposium (IRANOPEN), 2018, pp. 14-20.

УДК 621.9:519.8

Жидов Андрей Юрьевич, студент; Zhidov Andrei Yurievich
Соловьёв Вячеслав Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Soloviyov Vyacheslav Alekseevich
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ САМОДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАТФОРМЫ

DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR AUTONOMOUS AGROTECHNICAL SELF-MOVING PLATFORM

Аннотация. Данная работа посвящена разработке алгоритмов перемещения и позиционирования автономной агротехнической самодвижущейся платформы (ААСП). Проанализированы современные системы определения местоположения по двум критериям (точность, дороговизна). Сделан выбор подходящей системы определения местоположения ААСП.

Abstract. This work is devoted to the development of algorithms for moving and positioning an autonomous agrotechnical self-propelled platform (AASP). Analyzed modern positioning systems according to two criteria (accuracy, high cost). A selection of an appropriate AASP location system has been made.

Ключевые слова: системы определения местоположения, энергосбережение, самодвижущаяся платформа.

Keywords: the global positioning system, energy saving, self-propelled platform.

Опорой машин и механизмов, применяемых в земледелии, как известно, служит сам объект обработки – почва, которая по физическим показателям является средой неоднородной [2].

Современные системы сельскохозяйственных машин не обеспечивают выполнения параметров, предусмотренных технологиями, энергозатратные и с малым КПД. Интенсивность обработок, использование мощных и тяжелых машин приводит к уплотнению и распылению почв, к развитию эрозионных процессов, потере значительных площадей сельскохозяйственных угодий.

Наиболее оптимальным вариантом снижения негативного воздействия на почву, точного выполнения агротехнических параметров, снижения энергозатрат и повышение производительности труда является мостовая система земледелия [4].

Вопросами создания оптимальных условий возделывания сельскохозяйственных культур в КнАГУ занимается факультет «Кадастра и строительство». Ими была предложена концепция создания автономной платформы для точного возделывания сельскохозяйственных культур защищенная патентом № 2636472 [3]. Детальная проработка к проектированию системы навигации ААСП посвящён предлагаемый доклад.

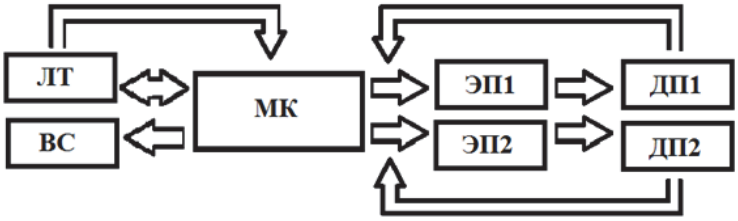
Для успешной навигации в пространстве система ААСП должна уметь строить маршрут, управлять параметрами движения, правильно рассматривать сведения об окружающем мире, получаемые от датчиков, и постоянно следить за собственными координатами.

Системы определения координат подвижного объекта – система приборов, алгоритмов и программного обеспечения, которая позволяет произвести ориентирование объекта в пространстве (осуществить навигацию) [1].

Навигационные системы должны обеспечивать: распознавание контролируемых объектов; требуемую точность позиционирования; заданную периодичность опроса. А также важными условиями являются: радиус действия; помехоустойчивость; устойчивость к многолучевому затуханию; стоимость решений и многое другое.

Автоматизированная агротехническая самодвижущаяся платформа (ААСП) передвигается по бетонным опорам, уложенных на гравийные подушки, что обеспечивает точное выполнение технологических норм, возможность своевременного выполнения технологических операций, максимальное использование времени, снижение энергозатрат, использование энергоресурсов и высокую экологичность земледелия [4, с. 67].

ААСП представляет собой совокупность функциональных узлов (рисунок 1), которые позволяют осуществлять все необходимые технологические операции. Высокая степень механизации и автоматизации автоматизированной агротехнической самодвижущейся платформы обусловлена необходимостью обеспечения нужных результатов, максимально возможного исключения человеческого фактора [4, с. 68].



МК – микроконтроллер МК 1887ВЕ7Т; ДР – датчик расстояния;
ЛТ – лазерный трекер; ВС – базовая станция системы Wi-Fi;
ЭП1 – электропривод подъема; ЭП2 – электропривод перемещения;
ДП1- датчик положения электропривода подъема;
ДП2- датчик положения электропривода перемещения
Рисунок 1 – Функциональная схема системы

Лазерный трекер (ЛТ) определяет положение платформы, которая находится вне поля, фиксирует погрешность и передает эту информацию в микроконтроллер (МК) (погрешность будет учитываться при работе механизмов платформы). Микроконтроллер отправляет сигнал на перемещение электропривода балки (ЭП1). Балка начинает своё перемещение на поле, а при достижении необходимой длины вытяжки срабатывает датчик положения (ДП1) и привод остановится. Микроконтроллер (МК) сравнивает положение платформы с помощью данных, поступающих базовых станций системы Wi-Fi (ВС), и если оно подтверждается, механизмы платформы начинают свою работу.

В составе ААСП проектируются две системы управляемых электроприводов, которые обеспечивают передвижение автономной платформы по полю в заданном направлении для реализации агротехнических мероприятий:

Электропривод подъема автоматизированной агротехнической платформы, который выполняет функцию подъема автономной платформы для перемещения её на новую позицию по бетонным опорам, что обеспечивает гарантированную проходимость независимо от состояния почвы;

Электропривод перемещения ААСП, который обеспечивает функцию перемещение двутавровых балок и, после опускания платформы на бетонные опоры, перемещение самой автономной платформы по двутавровым балкам для выполнения своих агротехнических операций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бобровский, С. Н. Навигация мобильных роботов / С. Н. Бобровский. // Журнал «PC Week». – 2004. - №9. – С. 60-63.

2 Жалнин, Э. В. История развития и перспективы внедрения мостового растениеводства / Э. В. Жалнин, Р. С. Муфтеев // Тракторы и с.-х машины. -2002. - №5. – 30 с.

3 Чернышев Н. И, Автоматизированная агротехническая самодвижущаяся платформа (ААСП) Патент на изобретение № 2636472 от 23.11.2017 / Чернышов Н. И., Сысоев О. Е., Есипов М. С. // Заявка 2016149701 Приоритет от 16.12.2016 (РОСПАТЕНТ) – 35 с.

4 Чернышев, Н. И. Мостовая система как основа реализации точечного земледелия / Н. И. Чернышев, О. Е. Сысоев // Ученые записки. – Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет. – 2011. - № 1-1. – 118 с.

УДК 621.9:519.8
Жидов Андрей Юрьевич, студент; Zhidov Andrei Yurievich
Соловьёв Вячеслав Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Soloviyov Vyacheslav Alekseevich
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ АВТОНОМНОЙ АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ САМОДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАТФОРМЫ

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR MOVING AND POSITION OF AUTONOMOUS AGROTECHNICAL SELF-MOVING PLATFORM

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию особенностей расчета и проектирования систем управления автоматизированным автономным аграрным комплексом, разработке алгоритмов перемещения и позиционирования автономной агротехнической самодвижущейся платформы (ААСП).
Abstract. This work is devoted to the investigation of features of calculation and design of automated control systems for autonomous agricultural complex, to the development of algorithms for moving and positioning an autonomous agrotechnical self-propelled platform (AASP).
Ключевые слова: мостовая система, самодвижущаяся платформа, точное земледелие, энергосбережение.
Keywords: bridge system, self-propelled platform, precision agriculture, energy saving.

Факультетом «Кадастра и строительство» была предложена концепция создания автономной платформы для точного возделывания сельскохозяйственных культур, защищенная патентом № 2636472 [2]. Детальные проработки алгоритмов перемещения и позиционирования ААСП посвящен предлагаемый доклад.

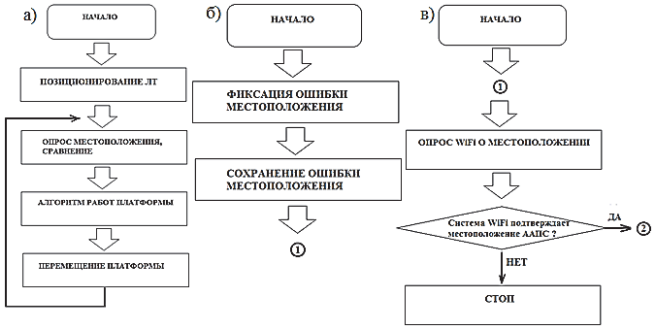
В качестве предпочтительного варианта всех механизмов перемещения и подъема платформы целесообразно выбирать управляемый асинхронный электропривод [1], так как платформа работает круглосуточно в поле, где постоянно пыль, грязь и многое другое, а к преимуществам электропривода данного типа, относятся простота обслуживания и отсутствие подвижных контактов.

В ходе проектирования был выполнен подробный расчет систем частотно-регулируемых электроприводов подъёма и перемещения автономной платформы для точного возделывания сельскохозяйственных культур.

Для унификации и повышения энергоэффективности автономной платформы для точного возделывания сельскохозяйственных культур была

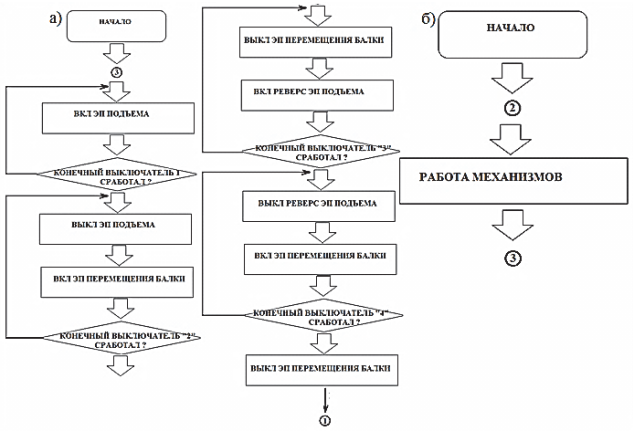
разработана единая система электроснабжения, которая представляет собой комплексное решение.

Принцип работы ААСП представлен в виде блок-схем на рисунках 1 – 2.



а – Блок-схема системы; б – Блок-схема «Позиционирование лазерного трекера»; в – Блок-схема «Опрос местоположения. Сравнение»

Рисунок 1 – Алгоритмы перемещения и позиционирования ААСП



а – Блок-схема «Перемещение ААСП по опорам»;

б – Блок-схема «Работа механизмов ААСП по обработке участка»

Рисунок 2 - Алгоритмы перемещения и позиционирования ААСП

Для перемещения платформы на поле с точностью в 1см и дальностью 200 см, рассчитаем необходимую разрядность микроконтроллера по формуле:

$$\mathrm{N} = 2^{\mathrm{n}},$$

где N – диапазон измерения, см;

n – разрядность микроконтроллера.

$$n = \log_2 N\,;$$

$$n = \log_2 200 = 7.644.$$

Для решения поставленной технической задачи подходит 8-разрядный МК. ATmega128, ATmega128L – это восьмиразрядный AVR-микроконтроллер с внутрисистемной программируемой флеш-памятью емкостью 128 Кбайт. По составленным блок- схемам и распределенным значениям портов и их разрядов, составили фрагмент основной программы управления механизмов платформы используя язык программирования AVR-assembler (рисунок 3).

```
RABOTA:

  JUMP RABOTA1                  - перемещение на подпрограмму RABOTA1
  RET                           - возвращение с подпрограммы RABOTA1
  JUMP UP                       - перемещение на подпрограмму UP

UP:
  SBI PORTA,00000001            - первый разряд PORTA на вывод
  IN R20, PORT A                - сохранение PORTA в регистр R20
  IN R21, PORT B                - сохранение PORTB в регистр R21
  CP R21, R20                   - сравнение R21 и R20
  BRNE UP                       - если разность не равна 0, переход на подпрограмму UP
  BREQ RIGHT                    - разность отлична от нуля, переход на подпрограмму RIGHT

RIGHT
  SBI PORTA, 00000010           - второй разряд PORTA на ввод
  CP R21, R20                   - сравнение R21 и R20
  BRNE RIGHT                    - если разность не равна 0, переход на подпрограмму RIGHT
  BREQ DOWN                     - разность отлична от нуля, переход на подпрограмму DOWN

DOWN:
  SBI PORTA,00000100            - третий разряд PORTA на вывод
  CP R21, R20                   - сравнение R21 и R20
  BRNE DOWN                     - если разность не равна 0, переход на подпрограмму DOWN
  BREQ UP2                      - разность отлична от нуля, переход на подпрограмму UP2

UP2:
  SBI PORTA,00000001            - первый разряд PORTA на вывод
  CP R21, R20                   - сравнение R21 и R20
  BRNE UP2                      - если разность не равна 0, переход на подпрограмму UP2
  INC R18
  BREQ AGAIN                    - переход на подпрограмму AGAIN
```

Рисунок 3 – Программа «Перемещение ААСП по опорам»

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Соловьев, В.А. Системы управления электроприводами. Ч. 1: Учеб, пособие/ В.А. Соловьёв - Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КнАГТУ», 2004. -153 с.

2 Чернышев Н. И, Автоматизированная агротехническая самодвижущаяся платформа (ААСП) Патент на изобретение № 2636472 от 23.11.2017 / Чернышов Н. И., Сысоев О. Е., Есипов М. С. // Заявка 2016149701 Приоритет от 16.12.2016 (РОСПАТЕНТ) – 35 с.

УДК 65.011.56

Жуков Марк Владимирович; Zhukov Mark Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПРОЦЕССОВ АВИАСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

DEVELOPMENT OF ALGORITHMIC SUPPORT FOR THE AUTOMATED SYSTEM FOR EVALUATING PROPOSALS FOR IMPROVEMENT OF PROCESSES OF THE AIRCRAFT MANUFACTURING ENTERPRISE

Аннотация. В настоящей работе описан сценарий работы нечеткой логики по выбору предложения по улучшению в области технологий внедрения алгоритмического обеспечения оценки предложений по улучшению в модуль автоматизированной информационной системы подачи предложений по улучшению производственных процессов в филиал ПАО «Компания «Сухой» «КнААЗ им. Ю.А. Гагарина». Приведены критерии оценки эффективности предложения по улучшению созданные для электронной базы АИС ППУ, эффективной действующей на постоянной основе комплексной схемы автоматизированной системы подачи и реализации рационализаторских предложений, направленных на улучшение производственных процессов на предприятии.

Abstract. This paper describes the scenario of the fuzzy logic for selecting proposals for improvement in the field of implementation of algorithmic algorithms for evaluating proposals for improvement in the module of the automated information system for submitting proposals for improving production processes in the branch of PJSC “Company“Sukhoi ”“ KnAAZ im. Yu.A. Gagarin. " Criteria for assessing the effectiveness of improvement proposals created for the AIS PPU electronic database, which is an effective and ongoing integrated system of an automated system for submitting and implementing rationalization proposals aimed at improving production processes at an enterprise, are presented.
Ключевые слова: автоматизированная информационная система, рационализация, оценка предложений по улучшению, показатели эффективности.
Keywords: automated information system, rationalization, evaluation of proposals for improvement, measures of efficiency.

Настоящая автоматизированная информационная система (далее – база данных, БД) предназначена для автоматизированной регистрации, обработки, сопровождения и хранения предложений по улучшению (далее – предложения по улучшению производства, ППУ) [1]. Для более полного управления данными предложений по улучшению, необходимо реализовать инструмент, позволяющий комплексно оценить прямые и косвенные показатели эффективности, а также учитывать ежегодный экономический эффект этих ППУ весь срок, в течение которого они используются. Для решения данной проблемы необходимо реализовать программный инструмент, позволяющий выполнять автоматическое формирование отчетов, по комплексной оценке, предложения используя данные, вносимые в обязательном порядке при расчете экономического эффекта [2].

Основная задача интеллектуального модуля — это оценка предложений по улучшению, который будет рассчитан на основе входных показателей эффективности предложения применимых к определённым условиям реализации по экономической эффективности производства в целом. Для реализации этой задачи воспользуемся интерактивной средой MATLAB которая предназначена для программирования, численных расчетов и визуализации результатов.

С помощью MATLAB можно анализировать данные, разрабатывать алгоритмы, создавать модели и приложения. В частности, структура Fuzzy Logic Toolbox включает интерактивный модуль с пользовательским интерфейсом, эти модули обеспечивают удобную среду для проектирования, исследования и внедрения систем на основе нечеткого логического вывода. Для запуска интерактивных модулей достаточно напечатать имя модуля в командной строке, что значительно ускоряет процесс обучения базы знаний.

Fuzzy - основной редактор нечёткого логического ввода. Позволяет создавать и редактировать нечеткий логический ввод двух типов - Мамдани и Сугэно, обеспечивает визуализацию процедуры нечеткого логического вывода и поверхностей “входы-выход”. Для решения поставленной задачи применим нечеткий логический ввод Маманди, так как входом будет численное значение (экономический показатель), метод ввода Сугэно не

применим к решению поставленной задачи, т.к. вход не удовлетворяет требованиям задачи. К примеру, если по методу ввода Маманди исходный набор правил представляется, как: если X есть A, то Z есть B, если предложение имеет низкую годовую эффективность менее 1000р в год есть неэффективный показатель, то коэффициент количества участников внедрения более 5 мест есть эффективный показатель.

Кроме того, MATLAB позволяет работать в среде Simulink т.е. даст возможность в графическом виде собрать цепочку сравнения ресурсов с помощью блоков традиционной и нечеткой логики, таким образом сформируется структура модуля. Структура интеллектуального модуля будет состоять из сценария определения эффективного предложения и ресурсов необходимых для реализации такого алгоритма.

Анализ предложений по улучшению по экономическим признакам проводят путем сравнения показателей эффективности предложений для отсева наименее эффективных, отсев это метод исключения, что означает возможность применения закона исключения третьего. В данной работе приведен сценарий выбора предложения по трем показателям эффективности: годовой экономический эффект, коэффициент расчета вознаграждения, дифференцирующая доплата. Минимальное количество сравниваемых показателей позволяет максимально быстро оценить экономическую эффективность предложения и способствует снижению трудозатрат на подготовку вводимых данных. Поскольку данный процесс является частью системы ввод данных о всех показателях эффективности не требуется, т.к. конечное сформированное знание синтезируется из трех процессов, рассматривающих различные атрибуты предложения [3].

Для выполнения алгоритма необходим ввод данных, характеризующих состояние производства на текущий момент. Вводимые данные отображают коэффициент количества участников внедрения, коэффициент масштабируемости предложения, коэффициент сложности решенной технической задачи, коэффициент достигнутого положительного эффекта, коэффициент объема использования. В алгоритме отсутствуют обратные связи, следовательно, отсеянные предложения не допускаются к повторному анализу.

Сценарий оценки предложений по улучшению производства состоит из нескольких разных видов работ и из разных видов ресурсов, объединенная информация в таблице 1 поможет понять структуру из чего состоит сценарий оценки предложения по улучшению.

Таблица 1 - Классификация показателей

Классификация показателей	
Косвенные показатели (Технические показатели)	Коэффициент количества участников внедрения
	Коэффициент масштабируемости предложения
	Коэффициент сложности решенной технической задачи
	Коэффициент достигнутого положительного эффекта
	Коэффициент объема использования
Прямые (Экономические показатели)	Годовой экономический эффект
	Коэффициент расчета вознаграждения
	Дифференцирующая доплата

Сформулированные критерии предполагает создание экспертной системы оценки на основе базы знаний, создаваемой методом объектно-ориентированного подхода. Исследуемый инструмент подхода при практическом применении позволил определить формальную модель для анализа БЗ любой предметной области, следовательно, исследования проведенное в данной работе можно считать основой способствующей решению основной проблемы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Внедрение бережливого производства в Компании «Сухой»: Итоги 2015 [Электронный ресурс] / URL: http://www.up-pro.ru/library/production_management/lean/sukhoi-2015.html (дата обращения: 25.04.2020)

2 Лихачева Л.Б. Применение принципов и методов анализа риска при планировании процесса «Управления идеями» / Лихачева Л.Б., Шевцова Н.В. // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2015. №2 (10). С. 101-104.

3 Лихачева, Л.Б. Разработка показателей для оценки работы системы подачи предложений по улучшениям от сотрудников / Лихачева, Л.Б. Шевцова Н.В. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 1. С. 249-253.

УДК 681.586

Зимин Сергей Иванович; Zimin Sergey Ivanovich
Ульянов Александр Владимирович, канд. технических наук, доцент;
Ulyanov Alexander Vladimirovich
Шибеко Роман Владимирович, старший преподаватель;
Shibeko Roman Vladimirovich
Комсомольский–на–Амуре государственный университет

УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КАМЕРЕ СИСТЕМЫ ВЫПУСКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

CAMERA TEMPERATURE MEASUREMENT DEVICE EXHAUST GAS SYSTEMS

Аннотация. Приводится устройство измерения температуры картерных газов. Показаны структурная схема устройства, функциональная и принципиальная схемы прототипа. Пояснены компоненты. Так же приведена плата прототипа.

Abstract. A device for measuring the temperature of crankcase gases is provided. The structural diagram of the device, the functional and fundamental schemes of the prototype are shown. Explained components. The prototype board is also shown.

Ключевые слова: термопара, диагностика, температура, выхлопная система, автомобиль.

Keywords: thermocouple, diagnostics, temperature, exhaust system, car.

Устройство предназначено для измерения температуры выхлопных газов. Основным элементом устройства является датчик температуры. Датчик устанавливается после выпускного коллектора двигателя и до катализатора, что позволяет замерять температуру сразу после камер сгорания.

Слишком бедная или богатая смесь приведёт к понижению показателей температуры выхлопных газов. По температуре газов можно судить о качестве топливно-воздушной смеси и процессе ее сгорания или детонации. Высокая температура выхлопных газов может свидетельствовать о неисправности системы зажигания, системы управления двигателем и, что главное, позволяет предупредить о выходе из строя либо уже полной неисправности катализатора. Низкая температура также показывает о возможной неисправности системы зажигания. Таким образом, наличие в автомобиле этого устройства снижает риск повреждения двигателя, и может заранее предупредить пользователя о неисправности деталей.

Структурная схема устройства показана на рисунке 1. Блоки уже имеющиеся в схеме (прототипе) показаны сплошной линией. Блоки, добавляемые в устройство для модернизации и повышения функциональности, показаны пунктиром. Центральным управляющим звеном устройства является микроконтроллер, который информационно связан со всеми блоками. Измерение температуры производится термопарой. Преобразователь сигнала термопары усиливает и нормирует сигнал до состояния необходимого микроконтроллеру.

Устройство имеет дисплей, который используется для информирования пользователя о текущей температуре выхлопных газов, о максимальной и минимальной температуре за период работы двигателя при данном включении. Для запоминания результатов измерения предназначена встроенная память. Для подключения дополнительных устройств и программирования устройства предназначен интерфейс USB, который формируется преобразователем UART/USB. Устройство может быть модернизировано путем добавления радиомодуля для связи с персональным компьютером пользователя, а также CAN-контроллера для формирования CAN-интерфейса и соединения устройства с компьютером автомобиля.

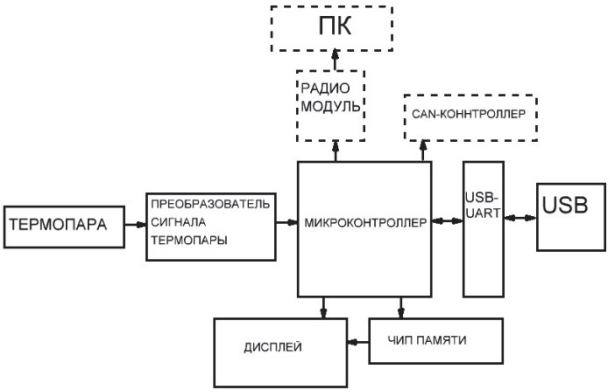


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

Функциональная схема прототипа представлена на рисунке 2. Показаны информационные связи между блоками устройства.

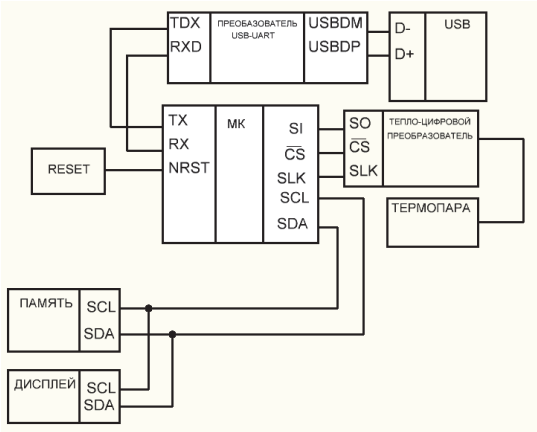


Рисунок 2 – Функциональная схема прототипа

Принципиальная схема прототипа представлена на рисунке 3. Плата прототипа показана на рисунке 4.

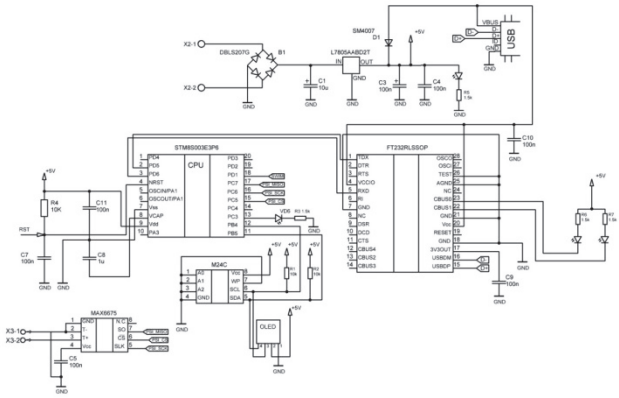


Рисунок 3 – Принципиальная схема прототипа

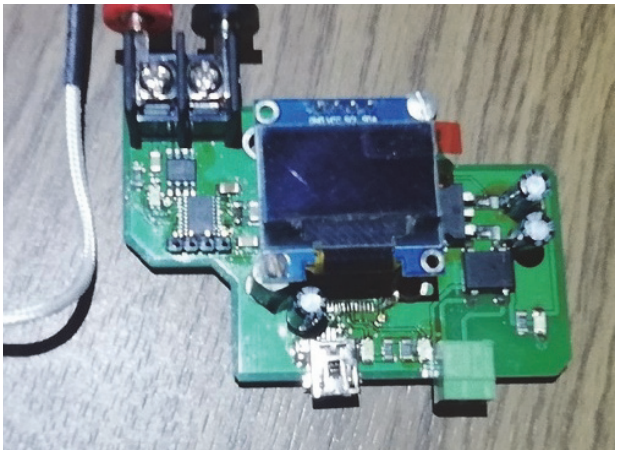


Рисунок 4 – Плата прототипа

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы современного автомобиля [Электронный ресурс]: персональный сайт © Суслинникова Александра – Режим доступа: http://systemsauto.ru/ (25.04.2020)

2. Устройство и ремонт автомобиля [Электронный ресурс]: сайт «АвтоЕзда» – Режим доступа: https://www.autoezda.com/ (25.04.2020)

УДК 004.85
Иванова Татьяна Игоревна, магистрант; Ivanova Tatyana Igorevna
Иванов Юрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;
Ivanov Yuriy Sergeevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ В МОРЕ НА ОСНОВЕ ПРАВИЛ COLREG

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR AUTOMATIC PREVENTION OF COLLISIONS IN THE SEA BASED ON THE COLREG RULES

Аннотация. В работе предлагается алгоритм автоматической навигации для морских транспортных средств с использованием нечеткой логики в соответствии с рекомендациями COLREG. Особенностью предлагаемого подхода является возможность учитывать результат распознавания образов на изображениях, полученных с камеры безэкипажного катера. Результатом работы алгоритма являются команды для изменения курса и скорости судна. Проведено имитационное моделирование.
Abstract. The paper proposes an automatic navigation algorithm for marine vehicles using fuzzy logic in accordance with the recommendations of COLREG. A feature of the proposed approach is the ability to take into account the result of pattern recognition on images obtained from a camera of a USV. The result of the algorithm are commands to change the course and speed of the vessel. The simulation was carried out.
Ключевые слова: безэкипажный катер, распознавание образов, нейронные сети, нечеткая логика.
Keywords: USV, pattern recognition, neural networks, fuzzy logic.

Задача принятия решения судоводителем оказывается достаточно сложной в силу ряда причин, основными из которых являются: необходимость учета значительного числа факторов (условий плавания, динамических характеристик судна, характера выполняемой задачи, уровня подготовки и степени слаженности действия экипажа, состояние машин и механизмов и др.), имеющих различную природу, и случайный характер.

В работе приведен нечеткий алгоритм принятия решения согласно правилам COLREG [3]. Для разработки алгоритма управления USV необходимо формализовать параметры и правила. Наилучшую формализованную модель судна предложили авторы [3]. Их нечеткая модель состоит из 4 предпосылок, 2 следствий и 200 правил. Под предпосылками авторы понимают относительную ориентацию и курс судов, расстояние между ними и соотношение их скоростей. Пеленг [0°, 360°] главного (собственного) судна делится на 10 секторов. Относительный курс [0°, 360°] судна k делится на 8 секторов.

Совокупность расстояний из трех наборов, представляющих радиусы R_a R_b и R_{vd} вокруг собственного судна. R_{vd} – это область, в которую не может войти другое судно. R_a и R_b – область в которой обнаружены другие суда, причем если судно обнаружено в R_a , то собственное судно обязано уступить дорогу, а если в R_b, то собственное судно должно предпринять соответствующие действия, чтобы избежать столкновения из-за отсутствия действий от целевого судна *k*. $R_{i(k)}$ представляет собой дальность до судна *k* в данный момент. Для расчета скоростей использовались отношения υ^k/υ и оценивается как <1, ≈ 1, >1. Данная формализация описывается рисунком 1. Предлагается за основу принять данную формализацию, однако модифицировать правила.

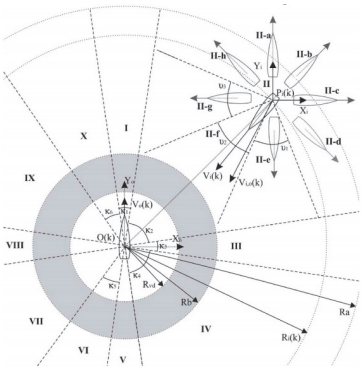


Рисунок 1 – Формализация параметров USV

Предлагаемый в данной работе вариант использования нечёткой модели для расчета изменения собственных курса и скорости основан на алгоритме Мамдани. Структура нечеткого алгоритма представлена на рисунке 2 и состоит из 4-х входных переменных: домен собственного судна; домен судна k; скорость собственного судна; скорость судна k и 3-х выходных переменных: изменение курса собственного судна; изменение скорости собственного судна; уровень риска.

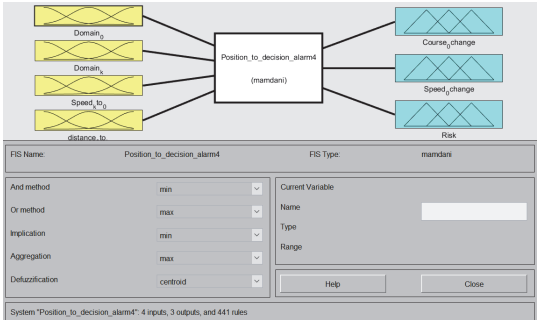


Рисунок 2 – Структура нечеткого алгоритма

Алгоритм реализован в системе Matlab и состоит из 440 правил. Данные о судне k обрабатываются системой распознвания образов на основе нейронных сетей [1].

Промоделируем работу системы при различных входных данных. Пеленг судна k 45 градусов – это II домен. Пеленг нашего судна по отно-

шению к судну k находится в домене e (укажем 170 градусов), отношение скорости судна k к скорости собственного судна 2 и расстояние от собственного судна до судна k 3 км. На выходе получили команду об изменении собственного курса на 0.0286 влево и команду об изменении собственной скорости на 6.06 узлов. При этом, риск является средним (рисунок 3).

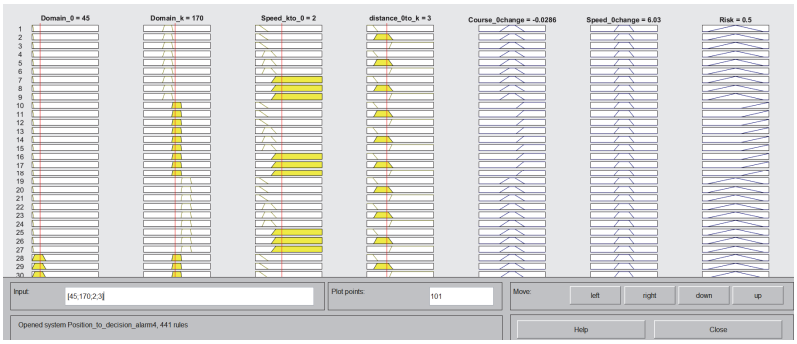


Рисунок 3 – Моделирование работы при входных данных [45, 170, 2, 3]

Результаты тестирования показали, что синтезированная нечёткая система позволяет в рассмотренных модельных ситуациях определять риск ситуаций взаимодействия собственного и иного судов и принять решение о его минимизации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Амосов, О.С. Локализация человека в кадре видеопотока с использованием алго-ритма на основе растущего нейронного газа и нечеткого вывода / О. С. Амосов, Ю. С. Иванов, С. В. Жиганов // Компьютерная оптика. – Т. 41. – № 1. – 2017. – С. 46-5.

2. International Maritime Organization, Convention on the International Regulations for Preventing Collisions at Sea, 1972 (COLREGs), URL: http:// www.imo.org/en/About/conventions/listofconventions/pages/ colreg.aspx

3. Perera, L. Intelligent ocean navigation and fuzzy-bayesian decision/action formulation / L. Perera, J. Carvalho and C. G. Soares // IEEE journal of Oceanic Engineering, vol. 37, no. 2, pp. 204-219,2012.

УДК 621.314.5

Йе Мин Тху, аспирант; Ye Min Thu
Климаш Владимир Степанович, доктор технических наук, профессор;
Klimash Vladimir Stepanovich

СХЕМА ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ АЭРОДРОМА

SCHEME LIGHTING SYSTEM RUNWAY AIRPORT

Аннотация. В качестве объекта применения унифицированных преобразователей в данной работе рассмотрена электротехническая система энергообеспечения аэродромного оборудования. Представлена система освещения взлетно–посадочной полосы аэродрома, которая устраняет существующие недостатки. Она обеспечивает равномерность освещения по

всей длине полосы, предотвращает перегорание ламп при перенапряжениях в сети и создает удобство при эксплуатации и ремонте.

Abstract. As an object of application of unified converters, in this paper we consider the electrical system of energy supply of airfield equipment. The dissertation developed a lighting system for the runway of the airfield, which eliminates existing shortcomings. It ensures uniform illumination along the entire length of the strip, prevents burnout of lamps during overvoltage in the network and creates convenience during operation and repair.

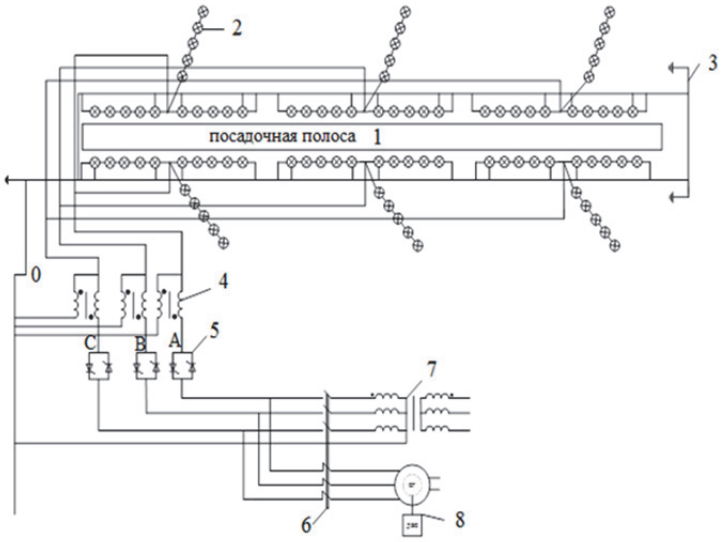
Ключевые слова: трехфазный регулятор переменного напряжения, взлётно-посадочной полосы, однофазные вольтодобавочные трансформаторы.

Keywords: three-phase AC voltage regulator, runway, single–phase boost transformers.

Предлагаемая для аэродрома осветительная система с автотрансформаторами и тиристорным регулятором напряжения приведена на рисунке 1. Условия для равномерного освещения взлётно-посадочной полосы:

$$U_{\text{СА}} = U_{\text{СВ}} = U_{\text{СС}};$$
$$U_{\text{ПА}} < U_{\text{ПВ}} < U_{\text{ПС}};$$
$$U_{ЛА} = U_{ЛВ} = U_{ЛС},$$

где $U_{\text{СА}}$ – напряжение трехфазной сети, $U_{\text{ПА}}$ – напряжение источника питания, $U_{ЛА}$ – напряжение на лампах.



1– взлётно-посадочная полоса; 2 – галогеновые лампы; 3 – трехфазные источники с нулевым проводом; 4 – однофазные вольтодобавочные трансформаторы; 5 – трехфазный регулятор переменного напряжения с нулевым проводом; 6 – реверсивный контактор; 7 – силовой трансформатор подстанции; 8 – дизель–генераторная установка.

Рисунок 1– Схема электрических соединений осветительной системы взлётно–посадочной полосы

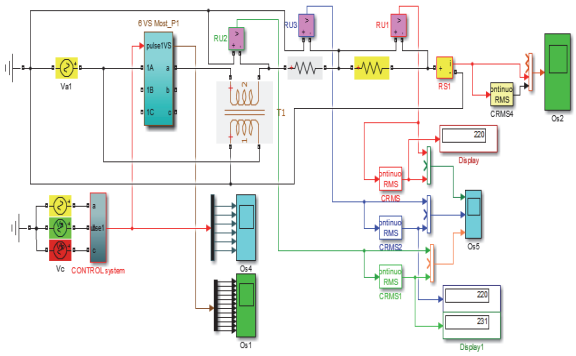
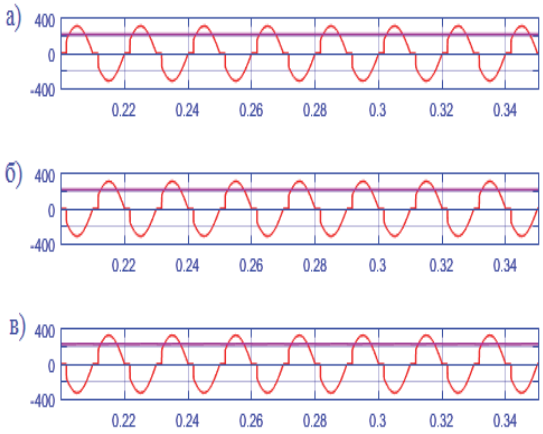


Рисунок 2 – Модель для одного сектора системы освещения взлётно–посадочной полосы аэродрома в среде MatLab



Модель одного сектора осветительной системы взлётно–посадочной полосы аэродрома в среде Matlab приведена на рисунке 2. Она содержит тиристорный модуль с блоком системы управления, блок вольтодобавочного трансформатора, включенный по схеме автотрансформатора и сопротивления проводов и ламп. Результаты моделирования представлены на рисунке 3.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Свидетельство РФ № 2016617861 о регистрации программы для ЭВМ "Программа обобщенной математической модели в среде MatLab тиристорных преобразователей, ведомых сетью для исследования физических процессов"./ Климаш В.С. (RU), Йе Мин Тху (RU) // Бюл. № 8, 20.08.2016.

2. Способ построения системы управления трехфазным мостовым выпрямителем и трехфазным регулятором переменного напряжения и устойство для его реализации: пат.2658321 Рос. Федерация: МПК: H02J 13/00 / Климаш В.С., Йе Мин Тху; заявитель и патентообладатели Комсомольский–на–Амуре гос. техн. ун–т. – № 2017121772/07; заявл. 01.06.2017; опубл. 20.06.2018, Бюл. № 6. – 1 с: ил.

3. Климаш, В.С. Обобщенное математическое описание и моделирование тиристорных преобразователей ведомых сетью / В.С. Климаш, Йе Мин Тху // Электротехнические системы и комплексы. – Магнитогорск 2016. – №4(33). – С. 78 – 86.

УДК 621.311
Камин Дмитрий Сергеевич, магистрант
Kamin Dmitry Sergeevich
Королева Татьяна Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент;
Koroleva Tatyana Gennadyevna
Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева

О МЕТОДАХ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

METHODS FOR REDUCING ENERGY LOSSES IN INDUSTRIAL ENTERPRISES

Аннотация. Данная статья посвящена анализу снижения потерь электрической энергии в результате замены недогруженных электродвигателей двигателями меньшей мощности.
Abstract. This article analyzes the reduction of electrical energy losses as a result of replacing underloaded electric motors with engines of lower power.
Ключевые слова: потери электрической энергии, асинхронный двигатель, коэффициент мощности, суммарные потери активной мощности.
Keywords: loss of electrical energy, asynchronous motor, power factor, total active power losses.

На сегодняшний день энергосбережение - одно из приоритетных направлений экономической политики многих промышленных предприятий, ориентированных на динамичное развитие и снижение затрат на энергоресурсы при производстве товаров и услуг. Эффективное использование электрической энергии на предприятии – важная и актуальная задача. Одним из основных потребителей электрической энергии на промышленных предприятиях на данный момент являются асинхронные двигатели. В связи с этим довольно часто возникает вопрос снижения потерь электрической энергии, которые возникают в ходе их эксплуатации. Одним из способов решения данной проблемы является замена незагруженных асинхронных двигателей на двигатели меньшей мощности. Такое решение может дать до 10 процентов экономии электроэнергии.

Известно, что коэффициент мощности двигателя уменьшается с ростом его загрузки. Например, у асинхронного двигателя при 100%-ной загрузке $\cos\varphi = 0{,}8$, то при снижении загрузки до 50 процентов от номинальной коэффициент мощности будет составлять около 0,65. Отсюда следует, что замена систематически мало загруженных двигателей двигателями меньшей мощности способствует повышению коэффициента мощности как отдельных промышленных электроустановок, так и в целом электрической нагрузки предприятия [1].

Рассмотрим возможные решения, которые позволят снизить потери электроэнергии, на примере ПАО «Наугорский». В советское время данное предприятие занималось выпуском сверхминиатюрных приемно-

усилительных ламп. Сейчас некоторые помещения ПАО «Наугорский» сдается в аренду, однако часть цехов не сменила профиль деятельности и занимается выпуском и ремонтом радиоэлектронной аппаратуры.

На предприятии эксплуатируется большое число асинхронных двигателей небольшой и средней мощности. В частности в приводе компрессорной установки используется асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором марки RA280S2 мощностью 75 кВт. Активная нагрузка двигателя на валу составляет всего 27 кВт, т.е. двигатель загружен на 36% от номинальной мощности и потери активной мощности при его эксплуатации составляют 4,35 кВт. Решить проблему неэффективного электропотребления и снижения потерь можно с помощью замены двигателя RA280S2 менее мощным асинхронным двигателем. Параметры эксплуатируемого в настоящее время двигателя представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры заменяемого асинхронного двигателя марки RA280S2

Марка	$P_{ном}$, кВт	cos φ	КПД	$U_н$, В	$I_{хх}$, А	$\Delta P_х$, кВт
RA280S2	75	0,89	0,94	380	27,2	1,9

Для замены было выбрано 3 асинхронных двигателя с разными характеристиками [2], их данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры предлагаемых для замены асинхронных двигателей

Марка	$P_{ном}$, кВт	cos φ	КПД	$U_н$, В	$I_{хх}$, А	$\Delta P_х$, кВт
RA200L2	30	0,9	0,915	380	11,2	0,73
RA200LB6	22	0,84	87	380	19	0,56
RA250M6	37	0,89	91	380	28	0,94

Реактивная мощность, потребляемая двигателем из сети на холостом ходу:

$$Q_х = \sqrt{3} \cdot U_н \cdot I_{хх}, \text{ квар}$$

где $U_н$ – номинальное напряжение сети, В;

$I_{хх}$ – ток холостого хода асинхронного двигателя.

Реактивная мощность в номинальном режиме:

$$Q_н = \frac{P_{ном}}{\eta} \cdot tg\varphi, \text{ квар}$$

где η – коэффициент полезного действия.

Коэффициент загрузки двигателя:

$$K_з = \frac{P}{P_{ном}}$$

где P – активная нагрузка на валу.

Расчетный коэффициент, зависящий от конструкции двигателя:

$$K_{дв} = \frac{\Delta P_х}{(100\% - \eta,\%) - \Delta P_х}$$

где $\Delta P_х$ – потери холостого хода, выраженные в процентах активной мощности, потребляемой двигателем при загрузке 100%.

Прирост потерь активной мощности при 100%-загрузке двигателя:

$$P_{а.ном} = P_{ном} \cdot \frac{1-\eta}{\eta} \cdot \frac{1}{1+K_{дв}}, \text{ кВт}$$

Суммарные потери активной мощности:

$$P_{сумм} = \left[Q_x \cdot (1-K_з^2) + K_з^2 \cdot Q_н \right] \cdot 0{,}1 + \Delta P_x + K_з^2 \cdot P_{а.ном}, \text{ кВт}$$

где 0,1 – коэффициент изменения потерь;

Результаты расчетов для трех, предлагаемых у установке двигателей представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов

Марка	Q_x, квар	$Q_н$, квар	$K_з$	$K_{дв}$	$P_{а.ном}$, кВт	$P_{сумм}$, кВт
RA280S2	17,9	36,38	0,36	0,46	3,27	4,35
RA200L2	7,37	14,3	0,9	0,094	2,55	4,1
RA200LB6	12,5	13,72	1,23	0,045	3,15	6,73
RA250M6	18,43	18,54	0,73	0,117	3,28	4,53

Диаграмма зависимости суммарных потерь активной мощности от номинальной мощности сравниваемых одинаково нагруженных двигателей, представленная на рисунке 1, наглядно показывает эффективность замены недогруженного двигателя.

Суммарные потери активной мощности исходного двигателя RA280S2 составляют 4,35 кВт. Согласно диаграмме, наиболее оптимальным вариантом при замене будет установка двигателя марки RA200L2, суммарные потери активной мощности которого составили 4,1 кВт. Следовательно, при установке нового двигателя потери можно уменьшить на 0,25 кВт.

Согласно рабочему календарю за 2019 год при 40-часовой рабочей неделе количество рабочих часов составляет 1970. Потери электроэнергии после замены двигателя за год уменьшаться на:

$$\Delta Э = \Delta P \cdot T_0 = 0{,}25 \cdot 1970 = 492{,}5 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

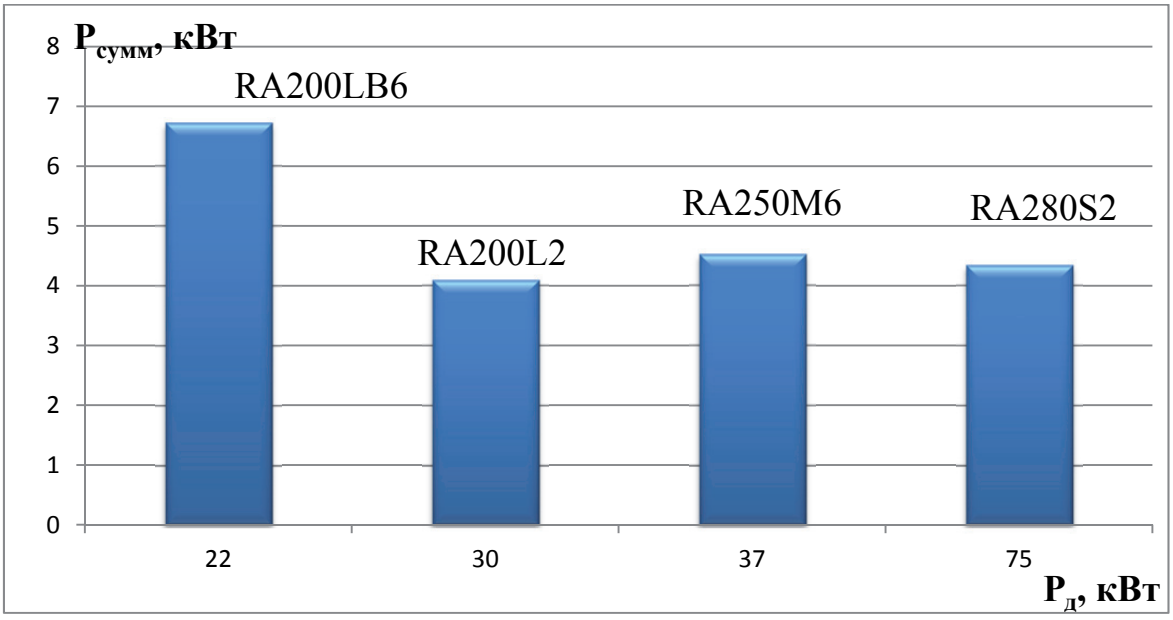


Рисунок 1 – Диаграмма зависимости суммарных потерь активной мощности от номинальной мощности двигателей при их одинаковой нагрузке

Для Орловской области в 2019 году стоимость 1 кВт·часа электрической энергии СЭ была равна 3,84 руб. В денежном эквиваленте экономия от снижения потерь электроэнергии за год составит:

$$Э = \Delta Э \cdot C_э = 492,5 \cdot 3,84 = 1891 \text{ руб}$$

Представленные расчеты подтверждают целесообразность замены незагруженных двигателей на менее мощные двигатели, у которых значение коэффициента загрузки будет близок к единице. Согласно этим расчетам, после замены одного двигателя предприятие экономит за год почти 1900 рублей. Это не очень большая сумма, поэтому стоит учесть тот фактор, что замена двигателя будет экономически целесообразной в том случае, когда экономия от снижения потерь в течении нескольких лет будет больше тех средств, которые вложены в демонтаж старого и установку нового двигателя. Заменяемый двигатель можно продать для выручки средств, или же использовать на предприятии для решения других технологических задач.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бурулько, Л.К., Электрооборудование промышленности. Ч.1 Источники, приемники и преобразователи электрической энергии: учебно-методическое пособие / Л.К. Бурулько, Ю.Н. Дементьев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 162 с.

2. Алиев, И.И. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах / И.И. Алиев – М.: ИП РадиоСофт, 2004. – 128 с.

УДК 621.382

Карсымбаева Алия Алибековна, студентка; Karsymbaeva Aliya Alibekovna
Марущенко Сергей Григорьевич, кандидат технических наук, доцент;
Marushchenko Sergey Grigorevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА КОДЕРА И ДЕКОДЕРА ИТЕРАТИВНОГО КОДА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫХ КОДОВ

DEVELOPMENT OF AN ITERATIVE CODE CODER AND DECODER FOR THE LABORATORY PRACTICE ON THE STUDY OF NOISEPROOF CODES

Аннотация. Статья посвящена разработке кодера и декодера итеративного кода в среде проектирования устройств Xilinx ISE. В работе приводятся теоретические сведения по итеративному коду, рассматриваются принципы работы кодера и декодера итеративного кода, также приведены схемы кодера и декодера данного кода.

Abstract. The article is devoted to the development of an iterative code coder and decoder in the Xilinx ISE device design environment. The work provides theoretical information on iterative code, considers principles of operation of the coder and decoder of the iterative code, also provides schemes of the coder and decoder of this code.
Ключевые слова: кодер, декодер, итеративный код.
Keywords: coder, decoder, iterative code

Цифровые устройства осуществляют передачу данных по каналам связи. При передаче информации по каналам связи возможно появление ошибок в полученных данных. Основным методом защиты и повышения надежности передаваемой информации от ошибок является использование помехозащищенных кодов, которые способны обнаруживать и исправлять ошибки [3].

Помехозащищенные коды изучаются в рамках дисциплины «Системы обработки и кодирования информации», поэтому для получения практических навыков в исследовании данных кодов было решено реализовать кодирующее и декодирующее устройства итеративного кода, который наиболее эффективен и прост в реализации. Данный код способен не только обнаруживать, но и исправлять ошибки. Он характеризуются наличием двух или более систем проверок внутри каждой кодовой комбинации. Итеративный код может применяться самостоятельно или совместно с другими помехозащищенными кодами.

Данный код строится следующим образом. Последовательность символов записывают в виде таблицы. В конце каждой строки и каждого столбца этой таблицы следует добавлять один бит проверки на четность, который является суммой по модулю два всех предыдущих элементов строки и столбца. Символ, расположенный в правом нижнем углу таблицы, получается в результате сложения по модулю два контрольных символов. Передача сообщения происходит последовательно, от первой строки таблицы к последней. Итеративный код позволяет исправить все одиночные ошибки, так как пересечение строки и столбца, содержащих ошибку, однозначно указывает ее место. Однако этим кодом не могут быть обнаружены и исправлены ошибки, четной кратности [2].

Разработанная схема реализации кодера итеративного кода в среде Xilinx ISE представлена на рисунке 1.

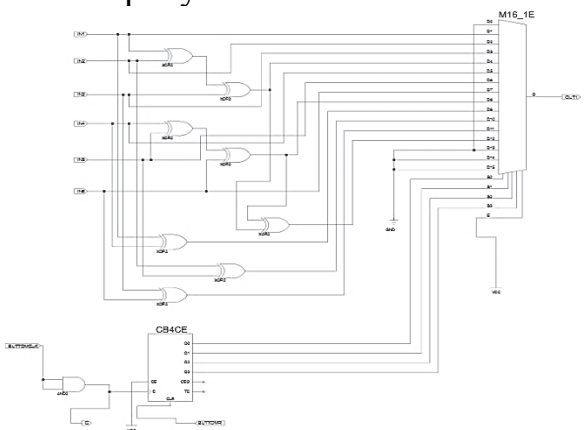


Рисунок 1 – Схема кодера итеративного кода, собранная в Xilinx ISE

На входы кодера при помощи переключателей поступает кодовая комбинация, подлежащая кодированию. Запись сообщения осуществляется подачей тактового импульса с одновибратора на вход С счетчика с использованием кнопки. Формирование контрольных символов осуществляется сумматорами по модулю два. Сформированные контрольные символы совместно с информационными поступают на вход мультиплексора, где преобразуются в последовательный код для передачи по каналу связи [1].

Схема реализации декодера в среде Xilinx ISE приведена на рисунке 2. Рассмотрим принцип работы схемы декодера итеративного кода. Данная схема требовала доработки для ввода данных. Кодовая последовательность поступает на входы декодера с использованием четырех переключателей. Поскольку сообщение состоит из двенадцати символов, а на отладочной плате нет возможности ввести их одновременно, было решено применить D-триггеры для записи каждого бита. Для этого последовательность разделили на три группы по четыре символа. Запись сообщения также осуществляется подачей тактового импульса с одновибратора на вход «С» счетчика с использованием кнопки. После каждого тактового импульса в группе из четырех D-триггеров происходит запись информации. Таким образом, записываются все двенадцать символов. Информация с выходов триггеров поступает на формирователь синдрома, состоящий из сумматоров по модулю два, в которых осуществляются проверки на четность поступивших байтов по столбцам и по строкам. При отсутствии искажений синдром ошибки должен быть нулевого порядка.

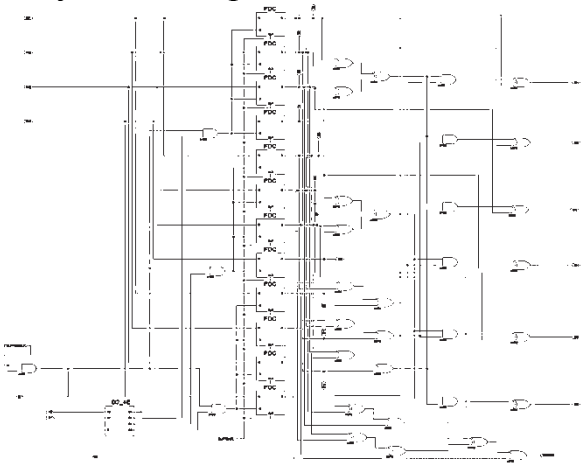


Рисунок 2 – Схема декодера итеративного кода, собранная в Xilinx ISE

При наличии одиночной ошибки на выходе соответствующих сумматоров по модулю два появляются «1», которые поступают на дешифратор синдрома, собранный на элементах «И». Дешифратор точно указывает номер искаженного символа. Единица с соответствующего элемента «И» поступает на один из входов схемы коррекции ошибки, представляющую собой сумматоры по модулю два, на второй вход которых поступают информационные символы. Информационный символ, проходя через сумматор по модулю два, складывается с «1» соответствующего элемента «И» и изменяет свое значение на противоположное [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сорока, Н. И. Телемеханика : учеб. пособие / Н. И. Сорока, Г. А. Кривченко. – Минск : Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2012. – 427 с.

2. Вернер, М. Основы кодирования / М. Вернер ; пер. с немецкого Д. К. Зигангирова ; под ред. М. Ю. Бирюков. – М. : Техносфера, 2004. – 288 с.

3. Питерсон, У. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон ; пер. с англ. Л. Е. Филиппова ; под ред. И. М. Бояринова. – М. : Мир, 1976. – 593 с.

УДК 628.94

Коваленко Андрей Александрович, магистрант;
Kovalenko Andrey Alexandrovich
Марущенко Денис Сергеевич, магистрант; Marushenko Denis Sergeevich
Ульянов Александр Владимирович, канд. тех. наук, доцент;
Ulianov Alexandr Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МАРКЕРА В MPLC – СИСТЕМЕ

DEVELOPMENT OF A STRUCTURAL DIAGRAM OF A FORMING DEVICE MARKERS IN THE MPLC SYSTEM

Аннотация. Предложена система управления светодиодным освещением, осуществляющая управление по линии электропитания осветительных приборов. Разработана структурная схема устройства. В устройстве используется выпрямитель, устройство защиты от короткого замыкания, силовой ключ и другие электронные компоненты.

Abstract. A control system for LED lighting is proposed, which controls the power supply line of lighting devices. A block diagram of the device is developed. The device uses a rectifier, a short circuit protection device, a power switch and other electronic components.

Ключевые слова: светодиодное освещение, система управления, линия электропитания.

Keywords: LED lighting, control system, power line.

Улица, производственный цех, склад, конвейер и многие другие помещения – ни один из этих объектов не сможет работать без освещения, которое в этом контексте принято называть промышленным. Светильники различных типов повышают производительность, снижают утомляемость персонала и обеспечивают безопасность трудового процесса. Соответственно, к проектированию систем освещения, и его управления на улицах, в промышленных зданиях и рабочих местах в помещении предъявляют повышенные требования надежности и функциональности.

В промышленных помещениях, цехах и на производстве применяется в основном естественное, искусственное и аварийное освещение.

Основные требования, предъявляемые к производственному и уличному освещению: экономичность, долговечность, простота монтажа, высокая степень освещенности, надежность системы управления и поддержания установленного уровня освещенности, легкость в управлении яркостью освещения. Всем перечисленным критериям удовлетворяют светодиодные светильники. Именно LED лампы отличаются долговечностью, экономичностью, высокой стойкостью к погодным и механическим воздействиям, что является для них неоспоримым преимуществом в применении их не только в помещениях, но и на улице. При реализации в производственных и других помещениях светодиодного освещения, а на улицах, при создании протяженных линий, состоящих из множества светодиодных светильников, в большинстве случаев сталкиваются с проблемами дорогостоящего монтажа, а так же дорогих технических решений, позволяющих обеспечивать регулировку яркости освещения и задания алгоритмов включения отключения светодиодного освещения.

Одним из устройств, решающих данную проблему является устройство формирования маркера в линии электропитания осветительных приборов, принцип работы которого основывается на модифицированной низкочастотной PLC – технологии (Power Line Communication). В данной технологии информация передается по самой линии электроснабжения на частоте сетевого напряжения. Для ограничения влияния передаваемой информации на форму сетевого напряжения, в качестве маркеров используются полуволны сетевого напряжения, уменьшенные по амплитуде.

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1. В качестве устройства защиты применяется дифференциальный автомат, на соответствующий ток нагрузки. В качестве выпрямителя применяется диодный мост. Оптопара симисторная, с формированием импульса при переходе сети через ноль. Силовой ключ выполнен на тиристоре для малых токов нагрузки и на электромагнитном пускателе для больших токов нагрузки. В качестве гасящего элемента применяется полевой транзистор.

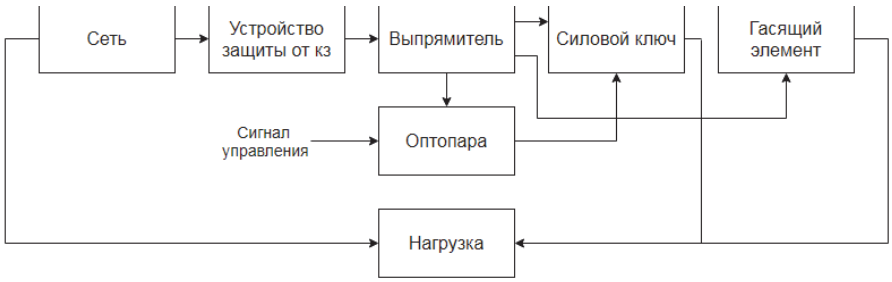


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Копытов, С.М. Коммутатор сетевого напряжения для управления светодиодными осветительными приборами с помощью низкочастотной PLC технологии / С.М. Копытов, А.В. Ульянов, Р.В. Шибеко // Вестник Иркутского государственного технического университета – 2018. – Т. 22. – №9. – С. 152 – 161.

2. Копытов, С.М. Контроллер для управления светодиодными осветительными сетями по линии электроснабжения / С.М. Копытов, А.В. Ульянов // Электротехнические и информационные комплексы и системы – 2019. – Т. 15. – №1. – С. 52 – 59.

УДК 621
Кодиров Сайфулло Гаффорович, студент; Kodirov Sayfullo Gafforovich
Стельмащук Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент;
Stelmashchuk Sergey Valerevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF ELECTRIC DRIVERS FOR WATER PUMPS

Аннотация. Рассматриваются основные пути повышения энергоэффективности в системах водоснабжения.
Abstract.. Discusses the main ways to improve energy efficiency in water supply systems.
Ключевые слова: насосы, насосное оборудование, повышение эффективность, снижение энергопотребление.
Keywords: pumps, pumping equipment, increasing energy efficiency, reducing energy consumption.

При использовании энергоэффективного насосного оборудования важную роль играет согласованная работа с сетью. Характеристики насоса и системы трубопроводов водоснабжения, где установлен насос, определяют рабочую точку эффективной работы [1].

Характеристики системы трубопроводов и графики их изменения определяют эффективность различных способов регулирования электропривода насоса. В каждом из способов регулирования необходимо учитывать конкретные особенности условий эксплуатации системы водоснабжения.

Частотный пуск управляемого двигателя обеспечивает его плавный без повышенных пусковых токов и механических ударов разгон, что снижает нагрузку на двигатель и связанные с ним передаточные механизмы, увеличивает срок их эксплуатации. При этом появляется возможность по условиям пуска снижения мощности приводных двигателей нагруженных механизмов. В качестве приводного двигателя используется асинхронный электродвигатель общего назначения, управляемый от преобразователя частоты с векторным управлением [2].

Моделирование как метод анализа проводится с целью оценки показателей качества разрабатываемой САР и выполнено по структурной схеме, представленной на рисунке 1 в среде MATLAB Simulink. На рисунках 2 представлены график переходных процессов скорости системы электропривода [3].

В состав структурной схемы системы регулирования входят основные звенья с передаточными функциями:

Wрп, Wрт, Wрс – регуляторы потока, тока и скорости;

$\frac{k_П}{T_П p+1}$ – передаточная функция преобразователя частоты;

$\frac{1/R_{1Э}}{T_{1Э} p+1}$ - передаточная функция двигателя, характеризующая статор;

$\frac{k_2 \cdot L_2}{T_2 p+1}$ - передаточная функция двигателя, характеризующая ротор;

$\frac{1}{Jp}$ - передаточная функция двигателя, характеризующая нагрузку на валу двигателя;

Коп, Кот, Кос – коэффициенты обратной связи по потоку, току и скорости.

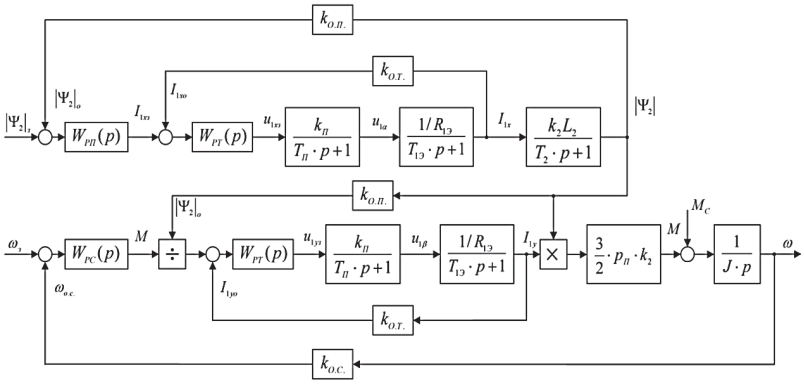


Рисунок 1 – Структурная схема ПЧ-АД

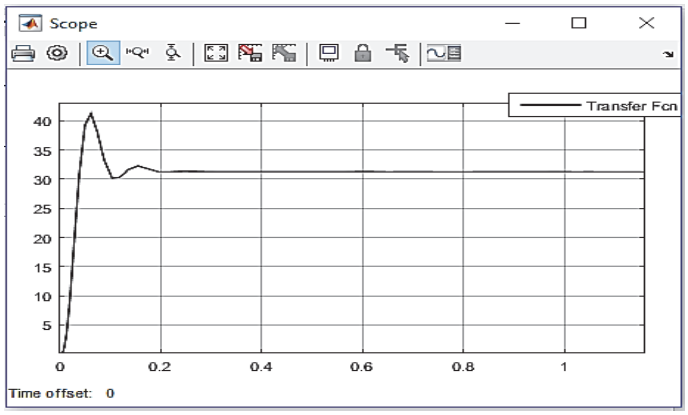


Рисунок 2 – График переходного процесса скорости при изменении нагрузки

Из анализа полученных результатов можно сделать следующие выводы:

– время переходного процесса составляет 0,2 секунд;
– величина перерегулирования по скорости менее 5%;

– при изменении задающего воздействия реакция САР по скорости не зависит от параметров объекта и её быстродействие характеризуется временем достижения максимума момента при максимальной скорости и максимума скорости при минимальной скорости;

– максимальные значения тока ротора и электромагнитного момента прямо пропорциональны моменту инерции механической части и обратно пропорциональны выбранной величине некомпенсированной постоянной времени;

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Вешеневский С. Н. Характеристики двигателей в электроприводе / С. Н. Вешеневский. - 7-е изд., исправленное. М: Энергия, 1987. - 432 с.

2 Лезнов Б.С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок / Б.С. Лезнов – М.: Машиностроение, 2013. – 176 с.

3 Борцов Ю. А. Соколовский Г. Г. Автоматизированный электропривод с упругими связями / Ю. А. Борцов, Г. Г. Соколовский – СПб: Энергоатомиздат, 1998. - 288 с

УДК 54-084

Колесник Максим Борисович, студент; Kolesnik Maxim Borisovich
Чураков Александр Евгеньевич, студент; Churakov Alexander Evgenievich
Калинин Евгений Александрович, студент; Kalinin Evgeny Alexandrovich
Янченко Андрей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
Yanchenko Andrey Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

DEVELOPMENT OF TEST STAND FOR OPTIMUM IMPACT ON THE TRANSPORT PROPERTIES OF PETROLEUM PRODUCTS

Аннотация. В статье предложено решение по улучшению транспортных характеристик трудноизвлекаемых нефтей, улучшению ее реологических параметров путем разносторонней обработки вибрацией, ультразвуком и магнитным полем.

Abstract. The article proposes a solution to improve the transport characteristics of hard-to-recover oils, improve its rheological parameters by versatile treatment with vibration by ultrasound and magnetic field.

Ключевые слова: трудноизвлекаемые нефти, вязкость, плотность.

Keywords: hard-to-recover oils, viscosity, density.

В настоящее время в связи с исчерпанием запасов легкодоступных маловязких нефтей наблюдается рост доли трудноизвлекаемых нефтей.

К трудноизвлекаемым относят нефти с аномальными физико-химическими свойствами, а именно с высокой вязкостью и плотностью, высоким содержанием парафинов, смол и асфальтенов.

Основная цель авторов заключалась в том, чтобы улучшить транспортные свойства нефти.

Для достижения данной цели коллективом авторов в ходе работы решались следующие задачи:

1. Исследовать различные способы обработки нефти перед транспортировкой;
2. Определить наиболее эффективные методы обработки по предварительным исследованиям;
3. Сделать выводы и предложения по обработке для уменьшения вязкости нефти.

Для разработки технологий улучшения транспорта нефтей с аномальными физико-химическими свойствами была разработана обобщенная классификация нефтей по составу.

Нефть может содержать серу, смолы, асфальтены, парафины, фракции н. к. 200 °С и 300 °С. Все компоненты могут находиться в совершенно разных пропорциях, и, следовательно, могут быть различными реологические свойства нефти.

На сегодняшний день существует ряд способов обработки нефти с целью улучшения ее реологических параметров: виброобработка, ультразвуковая обработка, магнитная обработка.

Так как нефть имеет уникальные свойства для каждого месторождения, то коллектив авторов предлагает исследовать влияние физических воздействий на реологические свойства нефти в универсальной экспериментальной установке. Компоновка и основные блоки показаны на рисунке 1.

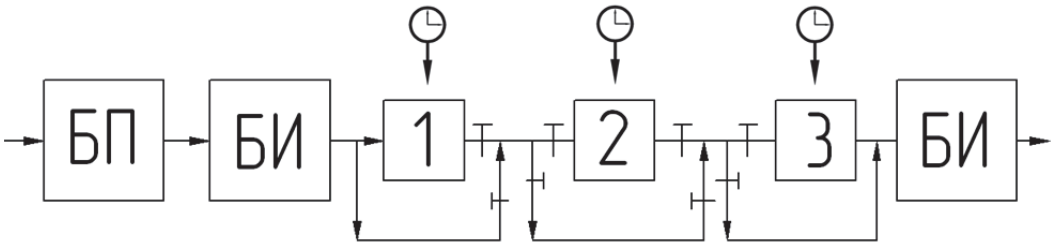


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментальной установки:
БП – Блок подготовки нефти; БИ – Блок исследования свойств;
1 – Блок магнитной обработки; 2 –Блок вибрационной обработки;
3 – Блок ультразвуковой обработки

Сначала нефть приводят к исходной стандартной температуре в блоке подготовки, затем образец нефти исследуется на основные

реологические свойства в блоке исследования и поступает на определен-определенную траекторию физической обработки в блоках 1, 2 и 3. Затем свойства нефти повторно исследуются.

Такая установка позволит выявить степень влияния каждого фактора воздействия на определенное свойство нефти, составить оптимальный набор обработки по критериям энергоэффективности и энергозатрат.

Блоки могут быть построены следующим образом:

1 Блок магнитной обработки:

Нефть помещают в камеру определенной длины. Омагничивание нефти происходит при движении электромагнита относительно камеры. При этом можно регулировать скорость движения электромагнита и величину магнитной индукции в рабочем зазоре электромагнита (рисунок 2).

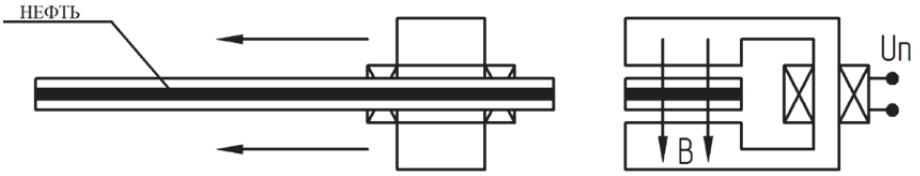


Рисунок 2 – Блок магнитной обработки

2 Блок вибрационной обработки:

Далее нефть поступает в зону вибрационной обработки. Емкость с нефтью закрепляется сверху и снизу пружинами с целью исключения трения при горизонтальных колебаниях. Вибрация создается электродвигателем с эксцентричной роликовой передачей на корпус с емкостью нефти. Регулированию подвергается мощность, частота колебаний и время обработки образца нефти. Вибрационное воздействие в промышленных масштабах будет существенно отличаться объемом и пропускной способностью(рисунок 3).

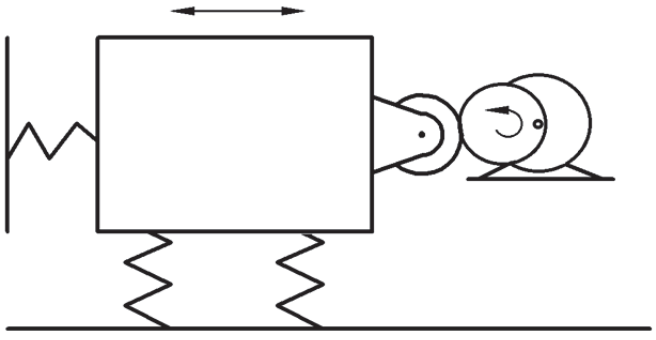


Рисунок 3 – Блок вибрационной обработки

3 Блок ультразвуковой обработки:

Третьим этапом нефть поступает в зону ультразвуковой обработки. Ультразвуковой генератор по стержню передает колебания пластине, находящейся в нефти. Для достижения наилучшего результата можно изменять частоту колебаний, интенсивность ультразвука и время обработки (рисунок 4).

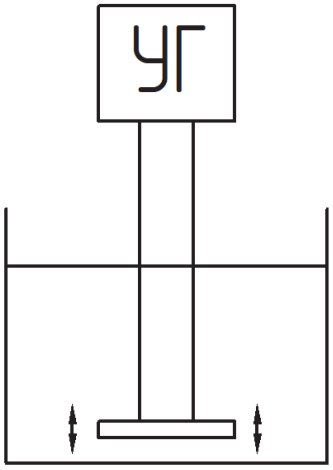


Рисунок 4 – Блок ультразвуковой обработки

Критерии экспериментальной установки

А – небольшие габариты и вес (перемещаемая)

Б – регулируемость по вибрации, магнитному полю и ультразвуку.

В – достаточная точность для измерения основных транспортных характеристик нефти: плотности, вязкости.

Исходя из результатов работы, можно сделать следующие ***выводы***:

1. Свойства нефти уникальны.

2. Наиболее эффективными способами обработки нефти, влияющими на ее транспортные свойства, являются виброобработка, обработка магнитным полем и воздействие ультразвуком.

3. Необходимы периодические исследования образцов нефти на воздействие указанных факторов или их сочетаний.

4. Предлагаемая экспериментальная установка позволит выявить наиболее эффективные факторы воздействия или их сочетания, получить многофакторные регрессионные зависимости вязкости нефти для практического применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Добыча подготовка транспорт нефти и газа-2013 [Электронные ресурсы] http://www.ipc.tsc.ru/conf/6dptng/mater/Добыча_подготовка_транспорт_нефти_и_газа-2013.pdf

2. Подготовка и транспорт проблемных нефтей : (научно-практические аспекты) / Г. И. Волкова, Ю. В. Лоскутова, И. В. Прозорова, Е. М. Березина ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исслед. Том. гос. ун-т, Ин-т химии нефти Сиб. отд-ния Рос. акад. наук. – Томск : Издательский дом Томского государственного университета, 2015. – 134, [1] с. : ил. – Библиогр.: с. 122-134. – 250 экз. – ISBN 978-5-94621-452-0.

УДК 621.313
Колякин Виктор Леонидович, магистрант; Koliakin Victor Leonidovich
Янченко Андрей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
Yanchenko Andrey Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

THE POWER SUPPLY SYSTEM OF THE INDUSTRIAL OBJECT ON THE BASIS OF RENEWABLE ENERGY SOURCES

Аннотация. В работе представлена автономная система электроснабжения промышленного объекта. Обосновано применение основных источников возобновляемой энергии для конкретного месторасположения промышленного объекта.
Abstract. The paper presents an Autonomous power supply system for an industrial facility. The application of the main sources of renewable energy for a specific location of the industrial facility is justified.
Ключевые слова: система электроснабжения, ветроустановка, фотопанели, возобновляемая энергия, аккумуляторные батареи.
Keywords: power supply system, wind turbine, photopanels, renewable energy, batteries.

Для обеспечения автономности электроснабжения промышленно-хозяйственного объекта, расположенного близи города Комсомольска-на-Амуре предлагается использовать гибридную ветросолнечную электростанцию.

Основные видами возобновляемых источников энергии являются: ветроэлектрические установки (ВЭУ), гидроэлектрические станции (ГЭС) и фотоэлектрические системы (ФЭС).

Возможность использования ГЭС ограничивается наличием водного потока рядом с объектом и длительным зимним периодом.

Так как промышленно-хозяйственный объект расположен на закрытой сопками местности и с учетом большого количества солнечных дней в году в для указанного района, было принято решение об совместном использовании ВЭУ и ФЭС для обеспечения надежного электроснабжения объекта. Для обеспечения бесперебойного электроснабжения автономного объекта, уменьшения необходимой мощности ветроагрегата и ёмкости аккумуляторных батарей, а также с учетом среднегодовой скорости ветра и количества инсоляции распределение мощности между возобновляемыми источниками выбрано с приоритетом солнечной энергии. Соотношение между ФЭС ми ВЭУ на данном объекте принято как 70% к 30% в процентном соотношении, а в натуральном виде составит 42 кВт*ч на ФЭС и 18кВт*ч наВЭУ.

В основном состав энергосистемы следующий:

- фотоэлектрическая батарея (ФЭБ);

- ветроэлектрическая установка.

В качестве основного источника энергии будем использовать фотоэлектрические батареи. Так как среднегодовая ветровая нагрузка на территории расположения моего объекта не превышает 3м/с, использование ФЭС будет более эффективно.

В системах на возобновляемых источниках энергии, в силу непостоянства возобновляемого ресурса, аккумуляторная батарея (АБ) - это необходимый элемент накопителем энергии.

Инвертор (преобразователь постоянного тока в переменный) необходим, если есть потребители переменного тока (220 В), или если потребители находятся на значительном расстоянии от АБ (потери в проводах постоянного тока низкого напряжения могут оказаться существенными).

Для автономного электроснабжения объектов охраны и надзора данного объекта наиболее оптимальной является схема, представленная на рисунке 1. Количество солнечных панелей зависит от среднего количества использования электроэнергии, климата, времени года, угла наклона крыши, затенения и многих других факторов.

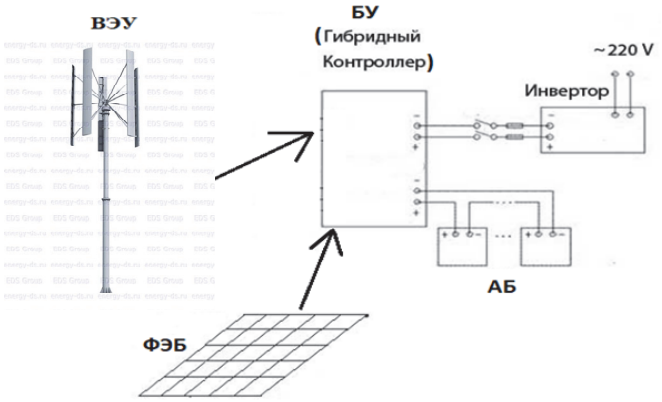


Рисунок 1 – Структурная схема ветросолнечной электростанции для автономного электроснабжения. БУ –блок управления (контроллер заряда); АБ – аккумуляторная батарея

Второй источник - ветроагрегат, выбирать который нужно по условию его экологичности, так как расположен он будет в таежной зоне. Здесь необходимо выбирать ветроагрегат турбинного типа с внешним обтекателем или с вертикально-вращающимся ротором с щелевым обтекателем, что защит местных птиц от соприкосновения с лопастями ротора ВЭУ. Такие ветроустановки используют, как правило, с безредукторным низкооборотным электрогенератором на неодимовых магнитах, что минимизирует потери, многократно увеличивая надежность [2].

Количество солнечных панелей зависит от необходимого количества используемой электроэнергии, климата, времени года, угла наклона поверхности установки, затенения и многих других факторов. Важно понимать, что солнечная электрическая система должна вырабатывать такое количество электроэнергии, чтобы покрыть потребности электроснабжения в течение 24 часов. При этом ВЭУ повышает эффект надежности системы автономного электроснабжения. Ветроустановки с вертикальным

ротором обладают рядом преимуществ для местности с низкими скоростями ветра[3]:

- Малые начальные значения скорости ветра для начала движения ротора ветрогенератора. Для отдельных моделей эти показатели начинаются с 0,3м/сек. Но следует учитывать, что реальная отдача от ветряка начнётся
- При движении воздушного потока со скоростью не менее 3–5м/сек.
- Не зависит от направления движения воздушного потока, – конструкция вертикального ветряка способна улавливать ветер под любыми углами атаки ветра.
- Вертикальный ветрогенератор обладает низким звуковым фоном, – значения, в отличие от горизонтальных конструкций, редко превышают порог в 18–20Дб. Вертикальный ветрогенератор не опасен для птиц, в силу того, что он воспринимается ими как единое препятствие, которое надо обогнуть.
- Работает при любых климатических условиях, может противостоять сильным порывам ветра, вплоть до ураганных значений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Энергия солнца и ветра [Электронный ресурс]: Электронная библиотека - Режим доступа: http://mig-energo.ru/diod/, свободный.

2. Ветрогенератор турбинного типа [Электронный ресурс]: Электронная библиотека - Режим доступа: https://tcip.ru/blog/wind/dostoinstva-i-printsip-raboty-vetrogeneratora-turbinnogo-tipa.html, свободный.

3. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения [Электронный ресурс]: - Режим доступа:http://www.ekopower.ru/vetrogeneratoryi-s-vertikalnoy-osyu-vrashheniya-rossiyskogo-proizvodstva/, свободный.

УДК 621.313.33

Кошелев Даниил Сергеевич, студент; Koshelev Daniil Sergeevich
Сериков Александр Владимирович, доктор технических наук, доцент;
Serikov Alexsandr Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

SIMULATION OF THE ASYNCHRONOUS GENERATOR FOR AUTONOMOUS POWER SUPPLY SYSTEM

Аннотация. Разработана имитационная модель работы асинхронной машины в режиме генератора совместно с автономной нагрузкой. Описаны особенности модели. Получена внешняя характеристика асинхронного генератора.

Abstract. A simulation model of the working asynchronous machine in generator mode along with an autonomous load was developed. The features of the

model were described. An external characteristic of an asynchronous generator was obtained.
Ключевые слова: асинхронная машина, генераторный режим, имитационная модель.
Keywords: asynchronous machine, generator mode, math modeling.

В автономных системах электроснабжения в качестве преобразователей механической энергии в электрическую широко применяются различные по конструкции электрические машины. Для повышения надежности, срока службы, уменьшения времени обслуживания, а также для получения более широких возможностей по эксплуатации в сложных условиях целесообразно исключить контактный узел из конструкции преобразователя [1]. Одним из способов решения этой проблемы является использование в качестве генератора асинхронной машины с короткозамкнутым ротором. Такой электромеханический преобразователь является одним из простых по конструкции, дешевых и надежных устройств. Основным недостатком при работе в генераторном режиме является отсутствие источника реактивной мощности для создания необходимого магнитного потока [2]. В качестве такого источника можно использовать конденсаторные батареи.

Для исследования особенностей работы асинхронного генератора совместно с автономной нагрузкой целесообразно использовать современные средства компьютерного моделирования. В качестве инструмента моделирования в работе использовался пакет MATLAB и инструменты для моделирования динамических систем Simulihk и SimPowerSystem [3]. В стандартных библиотеках этого пакета имеются блоки (модели) имитирующие работу асинхронной машины с короткозамкнутым ротором [4].

Имитационная модель (рисунок 1) состоит из асинхронной машины с короткозамкнутым ротором (Asynchronous Machine), автономной нагрузки (Main Load), конденсаторной батареи (Three-Phase Parallel RLC Branch). При имитации работы асинхронной машины в режиме генератора необходимо предварительно осуществить заряд конденсаторной батареи. В модели эту функцию выполняет дополнительный источник энергии (Three-Phase Source), который кратковременно подключается к автономной системе с помощью трехфазного ключа (Three-Phase Breaker). Для измерения действующих значений гармонических сигналов используются блоки RMS совместно с блоками Display, а для визуализации динамических сигналов используются блоки Scope. Блок Asynchronous Machine моделирует работу двухполюсной асинхронной машины с короткозамкнутым ротором мощностью 1,1 кВт номинальной частотой 50 Гц с фазным (линейным) напряжением 220 В (380 В). Электрическая машина имеет следующие параметры: активное сопротивление фазы обмотки статора 0,095 о.е., приведенное активное сопротивление обмотки ротора 0,056 о.е., индуктивность фазы обмотки статора 0,074 о.е., приведенная индуктивность обмотки ротора 0,12 о.е., индуктивность контура намагничивания 2,1 о.е., инерционная постоянная 0,042 с.

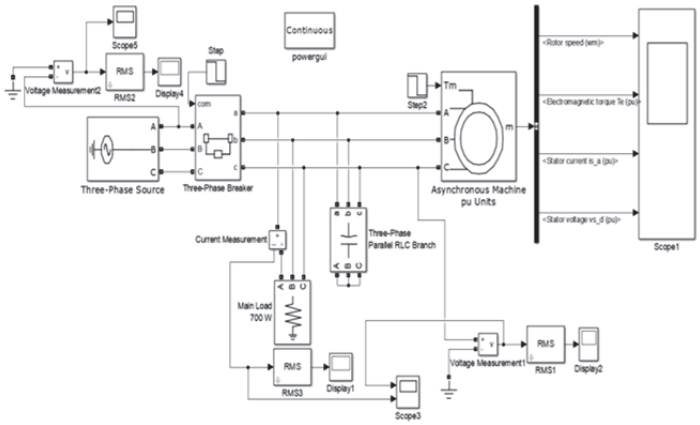


Рисунок 1 – Имитационная модель

Моделирование проводилось в следующей последовательности. В первый момент времени асинхронная машина подключалась к источнику трехфазного напряжения и запускалась в режиме двигателя. На вход Tm блока Asynchronous Machine подавался положительный статический момент. В течение 0,4 с происходил запуск асинхронной машины в режиме двигателя (рисунок 2, а) и одновременно производилась зарядка конденсаторной батареи емкостью 50 мкФ. В момент времени, соответствующий 0,5 с, отключался трехфазный источник с помощью ключа, а в момент времени 0,51 с подавался на вход Tm отрицательный сигнал, соответствующий отрицательному значению статического момента (необходимое условие генераторного режима). В дальнейшем асинхронная машина потребляла реактивную мощность от конденсаторной батареи и отдавала активную мощность нагрузке. Переходные процессы показаны на рисунке 2, а. С помощью имитационной модели получена внешняя характеристика асинхронного генератора (зависимость напряжение обмотки статора U_1 от тока нагрузки $I_н$), которая показана на рисунке 2, б. Для снятия этой характеристики нагрузка изменялась в диапазоне 500-1000 Вт.

а) б)

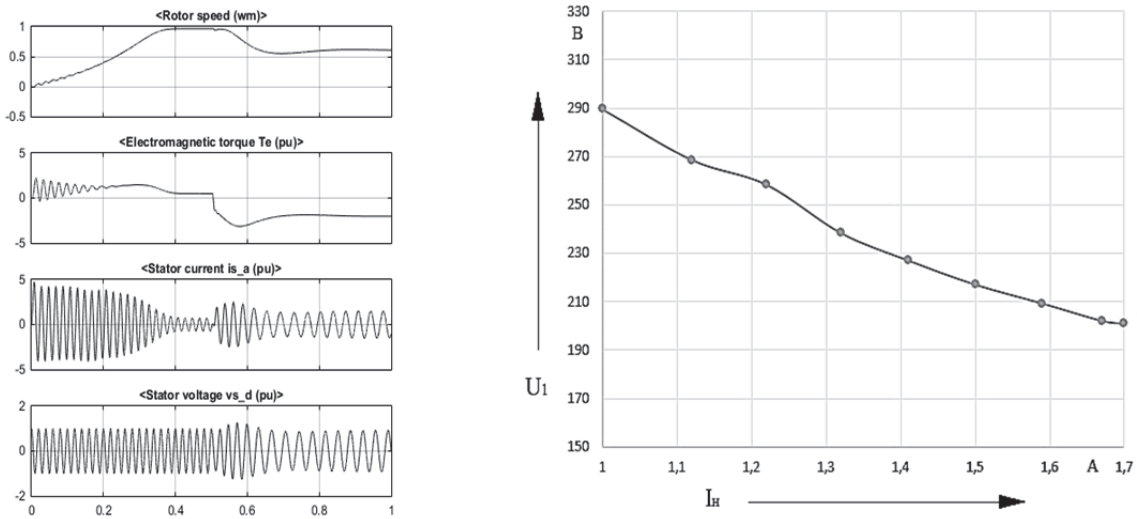


Рисунок 2 – Результаты моделирования

Таким образом, в работе решена задача моделирования асинхронной машины в режиме генератора. С помощью созданной имитационной модели построена внешняя характеристика. В дальнейшем предложенная модель позволяет проводить исследования особенностей работы асинхронного генератора на автономную нагрузку.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бут, Д. А. Бесконтактные электрические машины. Учеб. пособ. / Д. А. Бут. – М.: Высшая школа, 1990. – 416 с.

2 Торопцев, Н. Д. Асинхронные генераторы для автономных электроэнергетических установок / Н. Д. Торопцев. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2004. 87 с.

3 Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink / И. В. Черных. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 288 с.

4 Герман-Галкин, С. Г. Электрические машины: Лабораторные работы на ПК / С. Г. Герман-Галкин, Г. А. Кардонов. – СПб.: КОРОНА принт, 2003. – 256 с.

УДК 621.375.4

Крисюк Александр Михайлович, студент; Krisyuk Aleksander Mikhailovich
Ульянов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Ulyanov Alexander Vladimirovich
Шибеко Роман Владимирович, старший преподаватель;
Shibeko Roman Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ БЛОКА СВЧ–УСИЛИТЕЛЯ ВЫПОЛНЕННОГО НА ОСНОВЕ ЛБВ

UHF AMPLIFIER MODERNIZATION BASED ON THE TWT

Аннотация. В статье рассматривается СВЧ–усилитель на основе ЛБВ. Поясняется состав усилителя и принципу его работы. Предложена структурная схема разрабатываемого СВЧ–усилителя построенного на твердотельных активных элементах.

Abstract. The article considers a microwave amplifier based on TWT. The composition of the amplifier and the principle of its operation are explained. A block diagram of the developed microwave amplifier based on solid–state active elements is proposed.

Ключевые слова: СВЧ, усилитель, циркулятор, электронная пушка, ЛБВ.
Keywords: microwave, amplifier, circulator, electron gun, TWT.

Выходной СВЧ–усилитель мощности (см. рисунок 1) является составным элементом передающего устройства моноимпульсной РЛС. Передающее устройство РЛС обеспечивает формирование:

– зондирующих импульсов;

– непрерывных колебаний частоты $f_г=f_с–f_{пчо}$ (используется в качестве опорных в приемном устройстве);

– непрерывных колебаний промежуточной частоты $f_г/4$ и $f_{пч}/4$ (используется в имитаторе сигналов при контроле).

Основным и активным элементом блока усиления, является лампа бегущей волны (ЛБВ). ЛБВ – это электровакуумный прибор, необходимый для усиления и генерации СВЧ колебаний. Для этого используется электронная пушка, создающая поток электронов, и для соблюдения закона сохранения заряда анод, который притягивает испущенные катодом электроны. Испущенные электронной пушкой электроны фокусируются в узкий луч с помощью магнитного поля катушки и движутся в сторону коллектора.

В виде замедляющей системы выступает спираль. Вдоль ее оси проходит луч электронов, а по самой спирали усиливаемая нами волна. Параметры спирали (диаметр, длина, шаг), а также скорость электронов подобраны таким образом, чтобы электроны могли отдавать часть своей кинетической энергии усиливаемой волне. Впоследствии данной передачи энергии и происходит усиление.

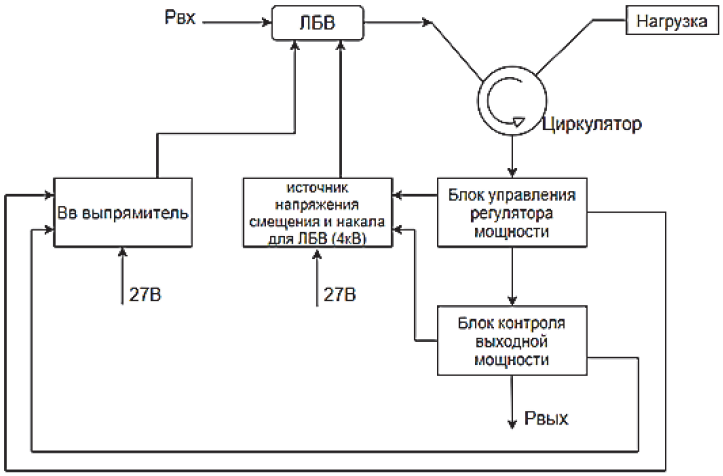


Рисунок 1 – Структура выходного усилителя мощности

Основная часть ЛБВ находится в герметичном баллоне, а магниты фокусирующей системы вынесены наружу.

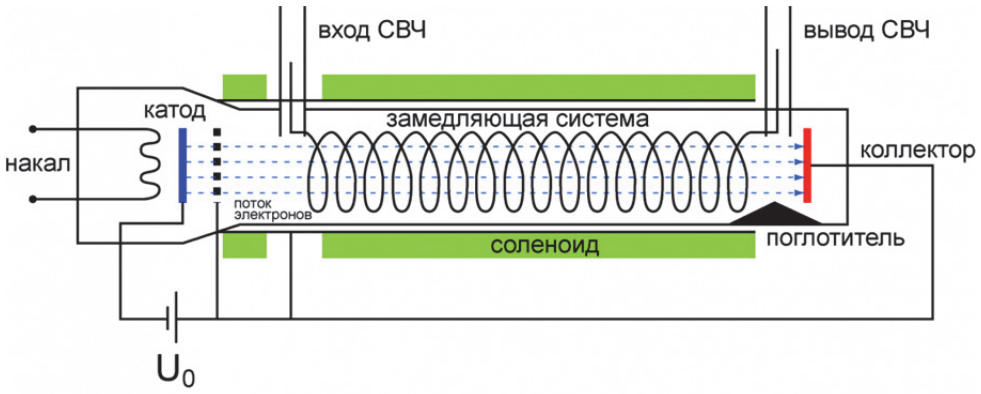


Рисунок 2 – Схема лампы бегущей волны

Задача модернизации заключается в снижении цены СВЧ–усилителя, уменьшение сложности изготовления, уменьшение габаритов и массы, повышение К.П.Д., увеличение линейности, повышение средней выходной мощности. Решение данной задачи достигается применением твердотельных усилителей мощности.

Разрабатываемый СВЧ–усилитель на твердотельных активных элементах состоит из микроконтроллера (МК), который необходим для управления и обработки сигналов, а также контроля входной и выходной мощности; двух аттенюаторов (АТ1, АТ2), которые ослабляют интенсивность электрических колебаний; двух каскадов предварительного усиления (ПУ1, ПУ2) для повышения входной мощности и коэффициента усиления; блока усиления (БУ), который проводит финальное усиление сигнала на выходе; двух датчиков мощности (ДМ1, ДМ2); датчика температуры (ДТ); управляемого вентилятора (УВ), который основываясь на показателях ДМ1, ДМ2 и ДТ, не допускает перегрева элементов прибора.

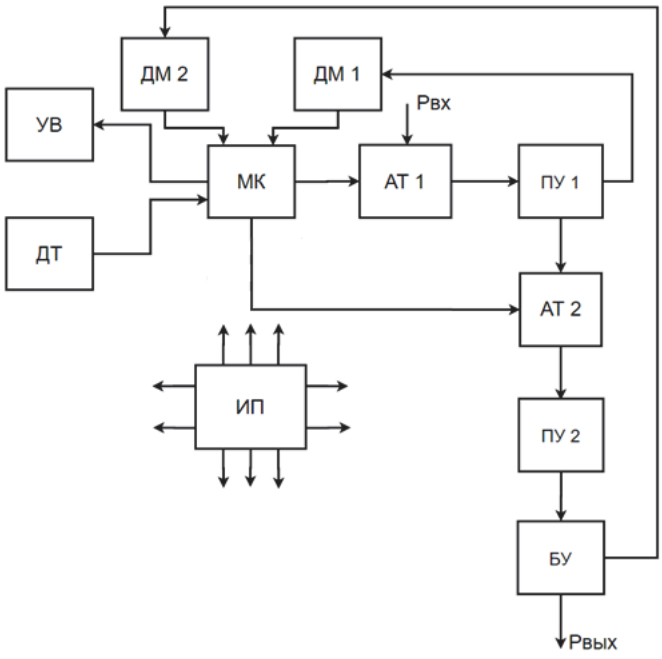


Рисунок 3 – Структурная схема разрабатываемого СВЧ–усилителя

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лампа бегущей волны: как это работает [Электронный ресурс]: сайт корпорации «РОСТЕХ» – Режим доступа: https://rostec.ru/news/lampa–begushchey–volny–kak–eto–rabotaet/?sphrase_id=163084 (25.03.2020)

2. Кищинский, А.А. Твердотельные СВЧ усилители мощности на нитриде галлия – состояние и перспективы развития [Электронный ресурс]: сайт компании АО «Микроволновые системы» – Режим доступа: https://www.mwsystems.ru/publications.html/id/9 (25.03.2020)

УДК 658.512
Кудин Сергей Игоревич, студент; Kudin Sergey Igorevich
Дерюжкова Нелли Егоровна, кандидат технических наук, доцент;
Deryuzhkova Nelly Egorovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ДВУХМАССОВАЯ АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

TWO-MASS ADAPTIVE SYSTEM OF REGULATION OF THE MENAL CUTTING MACHINE

Аннотация. Данная статья посвящена разработке адаптивной системы регулирования процессом металлообработки с учетом упругих звеньев кинематической цепи.
Abstract. This article is devoted to the development of an adaptive system for controlling the metalworking process taking into account the links of the kinematic chain.
Ключевые слова: адаптивное управление, экстремальные системы.
Keywords: adptive control, extreme systems.

Создание наиболее современных автоматических систем, обладающих высоким качеством функционирования в реальных условиях является одной из важнейших задач. Найболее эффективным способом решении данной задачи является применение адаптивного подхода в автоматизации систем управления. Данный подход обеспечиивает сохранение требуемых показателей оптимизации на весь период эксплуатации металлорежущих станков: повышает стойкость режущего инструмента, сокращает машинное время обработки.

Основными наиболее распространнеными типами оптимальных систем являются экстремальные системы, в которых оптимизируемый обьект имеет экстремальную статическую характеристику, а автоматическое устройство (оптимизатор) обеспечивает работу обьекта в экстремальном режиме. В экстремальных системах устанавливаются такие управляющие воздействия U, на входе обьекта, которые соответствуют экстремуму функционала $J=Q(Y,f_в, U)$ характеризующего качество статического режима работы обьекта.

Среди множества экстремальных систем была выбрана система с определением знака производной. Стремление исключить ошибки, вносимые вычислительными устроиствами при действии помех, привело к созданию систем, реагирующих на знак производной функции $Q(X, f_в)$.

Знак производной однозначно определяет местоположение точки на экстремальной характеристикие. Если производная положительна, то точка находится с одной стороны от экстремума кривой (слева при максимуме),

если она отрицательна, то с другой стороны. Достижение экстремальной точки соответствует нулевому значению производной.

На рисунке 1 показана обобщенная структурная схема экстремальной системы с определением знака производной.

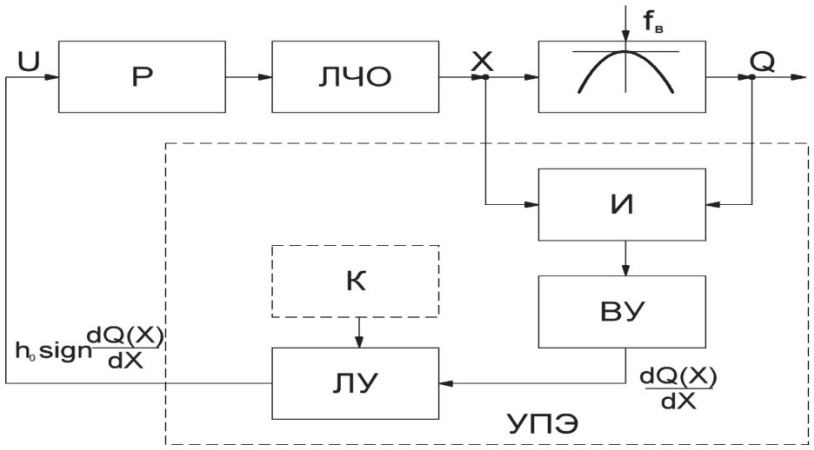


Рисунок 1 – Обобщенная структурная схема экстремальной системы с определением знака производной

Структура экстремальной системы характеризуется наличием устройства поиска экстремума (УПЭ), состоящего из: идентификатора (И), позволяющего получать статические характеристики $Q(X, f_в)$ в процессе нормального функционирования обьекта; вычислительного устроиства (ВУ), предназначенного для определения производной S; логического устроиства (ЛУ), определяющего знак производной и формирующего рабочий сигнал U, поступающий через регулятор (Р) на линейную часть обьекта (ЛЧО) и коммутатор (К).

Работа экстремальной системы с определением знака производной (приращения) характеризуется установившемися поисковыми колебаниями относительно точки экстремума, логическое устройство переключается при изменении знака производной.

В отличие от систем управления, стабилизирующих на заданном уровне тот или иной параметр металлообработки, системы оптимального управления поддерживают экстремальное значение выбранного критерия управления с учетом налагаемых ограничении. В процессе своего функционирования такие системы совершают поисковые движения, вырабатывая при этом информацию о требуемом управлении процессом металлообработки. В общем случае оптимизация процессом фрезерования может происходить путем управления приводом шпинделя и приводом подачи станка. При этом задача оптимизации состоит в поддержании такой подачи, при которой учитываются налагаемые ограничения и критерий управления $J_ф$, достигает экстремального значения. Для функционирования системы необходимо, чтобы статическая характеристика $J_ф=U_Z$ обладала экстремумом.

В ходе проектирования была разработана двухмассовая экстремальная система регулирования скорости резания с учетом зазора передачи и упругости механизма. Структурная схема приведена на рисунке 2.

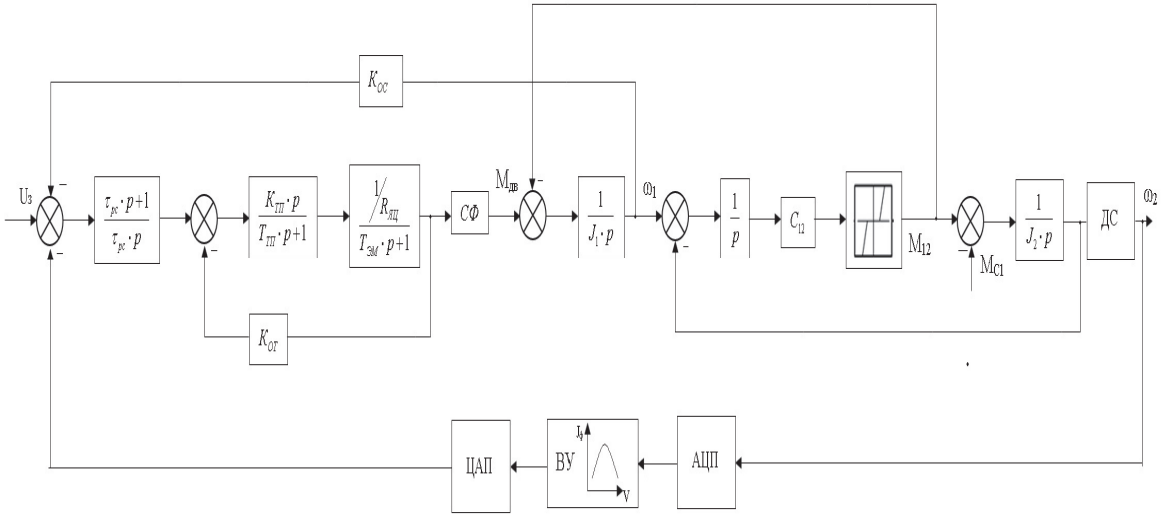


Рисунок 2 – Структурная схема двухмассовой экстремальной системы регулирования скорости резания с учетом упругости механизма и зазора передачи

Регулирование происходит по каналу скорости резания. Сигнал поступает на датчик скорости резания (ДС), с которого проходит в анлого – цифровой преобразователь (АЦП) . Преобразованный сигнал поступает на вычислительное устроиство (ВУ), где он и обрабатывается программой поиска экстремума. С вычислительного устройств сигнал поступает в цифро аналоговый преобразователь (ЦАП) для дальнейшей обработки. С выхода (ЦАП) преобразованный сигнал проходит по каналу обратной связи и суммируется с задаюшим сигналом.

Разработанная структурная схема регулирования позволяет сократить машинное время обработки и повысить стойкость режушего инструмента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шапарев, Н. К. Автоматизация типовых технологических процессов металлообработки. Расчет и проектирование / Н. К. Шапраев. – Киев. : Главное издательство, 1984. – 312 с.

2 Антонов, В. Н. Адаптивные системы автоматического управления: учебное пособие / В. Н. Антонов, А. М. Пришвин, В. А. Терехов, А. Э. Янчевский. – Ленинград. : Издательство Ленинград, 1984. – 204 с.

3 Либерзон, Л. М. Системы экстремального регулирования / Л. М. Либерзон, А. Б. Родов. – Москва. : Энергия, 1965. – 157 с.

УДК 681.52:628.134
Кудря Денис Вячеславович, магистрант; Kudrya Denis Vyacheslavovich
Малышева Ольга Александровна, доктор технических наук, доцент;
Malysheva Olga Aleksandrovna
Дальневосточный государственный университет путей сообщения

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЛИВНОЙ РАСХОДОМЕРНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ SCADA-СИСТЕМЫ В СРЕДЕ VIJEO CITECT

AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR A FLOW METERING SYSTEM BASED ON A SCADA SYSTEM IN THE VIJEO CITECT ENVIRONMENT

Аннотация. В статье рассматривается автоматизация технологического процесса с помощью современных средств автоматизации. Рассмотрена SCADA-система и её преимущества над другими прикладными программными обеспечениями. Проведен обзор различных SCADA-систем и произведен выбор подходящей системы для проливной расходомерной установки. Показаны преимущества среды Vijeo Citect, графически представлена первоначальная мнемосхема технологического процесса.
Abstract. This article considers the automation of the technological process with the help of modern automation. The SCADA-system and its advantages over other applied software are considered. The review of various SCADA-systems is carried out and the choice of the suitable system for the spillway flow-measuring unit is made. The advantages of the Vijeo Citect environment are shown, the initial mnemonic scheme of the technological process is graphically presented.
Ключевые слова: автоматизация, система управления, технологический процесс, SCADA-система, резервирование, программное обеспечение.
Keywords: automation, control system, technological process, SCADA-system, redundancy, software.

Введение. Современное производство – это сложный технический процесс, при котором любая автоматизация ведет к сокращению трудоемкости изготовления продукта, а значит и его себестоимости. Рост систем, с которыми имеет дело человек, привел к трудностям в переработке человеком информации. Поэтому возникла необходимость повышения эффективности процесса обработки информации при управлении техническими и экономическими процессами. Потребность совершенствования и оптимизации процессов технологии в технике необходима для уменьшения затрат человеческого труда на управление. Электронная вычислительная машина выступает в качестве средства накопления, запоминания и быстрой переработки информации. Тот момент, когда машина впервые заменила человека, стал переломным в производстве товаров массового потребления.

Сегодня данная отрасль продолжает активно развиваться: создаются новые технологии, модернизируется производство на всех этапах, внедряются инновации. Автоматизация посредством научной разработки и производства технического оборудования – важный этап развития современной промышленности.

Постановка задачи. Для приборов обязательна первичная поверка при выпуске с производства и периодическая поверка или калибровка во время эксплуатации. Для этого используется проливная расходомерная установка, предназначенная для поверки расходомеров и счетчиков жидкости. Принцип действия установки основан на сравнении его показаний с показаниями поверяемого средства измерения расхода воды.

В настоящий момент на Муниципальном унитарном предприятии (МУП) города Хабаровска «Водоканал» управление проливной установкой осуществляется на языке программирования Delphi. Интерфейс программы состоит из главного окна и ряда вспомогательных окон, в которых содержится множество вкладок.

Данное программное обеспечение устарело и довольно трудоемко в использовании. Поэтому главной задачей является создание реальной связи системы оперативного диспетчерского управления и сбора данных (системы SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition) с программируемым контроллером.

Теория. Автоматизация технологического процесса – совокупность методов и средств, предназначенная для реализации системы или систем, позволяющих осуществлять управление самим технологическим процессом без непосредственного участия человека, либо оставления за человеком права принятия наиболее ответственных решений [5].

Как правило, в результате автоматизации технологического процесса создаётся автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП). Решение задач автоматизации технологического процесса осуществляется при помощи внедрения современных средств автоматизации, например при помощи SCADA-системы, которая в настоящее время является неотъемлемой частью современных АСУ ТП и обеспечивает интерфейс между человеком и системой управления.

SCADA-система – это инструментальная программа, обеспечивающая создание программного обеспечения для автоматизации контроля и управления технологическим процессом в режиме реального времени [1]. Основная цель создаваемой с помощью SCADA-системы программы – дать оператору, управляющему технологическим процессом, полную информацию об этом процессе и необходимые средства для воздействия на него.

В настоящий момент времени на мировом рынке представлено большое количество зарубежных и отечественных SCADA-программ [3]:

– SCADA-система InTouch – пакет для разработки человеко-машинного интерфейса (HMI – Human Machine Interface) и АСУ ТП, входящий в программный набор FactorySuite корпорации Wonderware (США). FactorySuite – это ПО для разработки ПК АСУ ТП, которое включает в себя

различные пакеты для решения различных задач в области промышленной автоматизации.

– SIMATIC WinCC (Siemens, Германия) – мощная среда разработки верхнего уровня управления АСУ ТП с централизованным контролем и сбором данных. Система SIMATIC WinCC (Windows Control Center) - это компьютерная система человеко-машинного интерфейса, работающая под управлением операционных систем Windows и предоставляющая широкие функциональные возможности для построения систем управления различного назначения и уровней автоматизации.

– Master SCADA (ИнСАТ, Москва) – система визуализации АСУ ТП, MES, задач учета и диспетчеризации объектов промышленности, ЖКХ и зданий. Для оценки возможностей SCADA-системы существует ознакомительная бесплатная версия на 32 точки и учебник по созданию АСУ ТП.

– SCADA-система Trace Mode компании AdAstra Research Group, Ltd (Россия) - высокотехнологичная программная система для автоматизации технологических процессов, телемеханики, диспетчеризации, учёта ресурсов и автоматизации зданий. Это интегрированная информационная система для управления промышленным производством, объединяющая в едином целом продукты класса SOFTLOGIC-SCADA и экономические модули T-Factory HMI-MESEAM.

Предполагаемая система для управления проливной расходомерной установкой на базе МУП города Хабаровска «Водоканал» основана на Citect SCADA - программный пакет компании Shneider Electric (Франция), представляющий собой полнофункциональную систему мониторинга, сбора данных и управления. Данная система позволяет разрабатывать полностью резервированные системы, устойчивые к отказам в любой ее части и отличающиеся отсутствием потерь данных и функциональных возможностей.

Особенностью данной SCADA-системы является то, что среда разработки Citect предоставляется бесплатно, оплачиваются только исполнительные лицензии. Это дает возможность пользователю разрабатывать и тестировать пробный проект, не тратя значительных средств на начальном этапе.

SCADA-система Citect основана на базе мультизадачного ядра реального времени, обеспечивающего высокую производительность работы с большими объёмами данных, т.е. увеличение количества параметров незначительно изменяет время отклика системы.

Предложение Vijeo Citect от компании Schneider Electric – это компонент Plant Struxure, выполняющий функции контроля и управления [6]. Благодаря своим широким возможностям в области управления и визуализации, этот компонент ускоряет предоставление важной информации и позволяет повысить эффективность за счёт своевременной реакции на нарушение процесса.

Vijeo Citect позволяет создать и отладить полноценный проект без приобретения лицензий. При отсутствии лицензии включается демо-режим, в котором проект запускается на ограниченное время. После истечения этого времени проект необходимо перезапустить.

В комплекте данного предложения идет стандартный набор драйверов для подключения к контроллерам и RTU разных производителей. Всего насчитывается более 100 типов устройств, без учёта поддержки стандартных протоколов, таких как OPC, Modbus и др. В отсутствии контроллеров проект можно разрабатывать и отлаживать благодаря эмуляции точек ввода-вывода, конфигурируемых под конкретный контроллер.

Масштабируемая архитектура предложения – это возможность изменения (увеличения или уменьшения) размера системы без замены существующего аппаратного и программного обеспечения. Она предполагает увеличивать информационную ёмкость с десятков до сотен тысяч сигналов и наращивать свою систему по мере необходимости. Такая масштабируемость достигается за счёт возможности использования централизованной либо распределенной архитектуры системы. Преимуществом централизованной системы является экономичность, поскольку для хранения и обработки данных используется один ПК. В то же время преимуществом распределенной архитектуры в больших приложениях является возможность распределить обработку данных между несколькими компьютерами.

SCADA-система должна реагировать на изменяющиеся условия. Необходимость расширения производства и связанные с этим затраты могут быть сложной задачей для любой системы. Гибкость Vijeo Citect упрощает решение этой задачи благодаря своей клиент-серверной архитектуре и встроенной возможности внесения изменений в систему по мере необходимости.

Получение всех преимуществ клиент-серверной архитектуры начинается на уровне задач. Каждая задача работает как отдельный клиентский и/или серверный модуль, выполняя свою роль и взаимодействуя с другими задачами через отношения клиент-сервер. Vijeo Citect включает в себя следующие основные модули клиентов и серверов [2]:

1 I/O - сервер ввода/вывода, обеспечивающий передачу данных между физическими устройствами ввода/вывода и остальными модулями Citect;

2 Display – клиент визуализации, обеспечивающий операторский интерфейс: отображает данные, поступающие от других модулей Citect и управляет выполнением команд оператора;

3 Alarms – сервер алармов (тревог), отслеживающий данные, сравнивает их с допустимыми пределами, проверяет выполнение заданных условий и отображает алармы на соответствующем узле визуализации;

4 Trends - сервер трендов. Собирает и регистрирует трендовую информацию, позволяя отображать развитие процесса в реальном масштабе времени или в ретроспективе;

5 Reports – сервер отчётов. Генерирует отчёты по истечению определённого времени, при возникновении определённого события или по запросу оператора.

Каждая из этих задач независима и выполняется самостоятельно, что дает гибкость и контроль над тем, на каких компьютерах какие задачи будут выполняться.

Клиент-серверная архитектура Vijeo Citect представлена на рисунке 1.

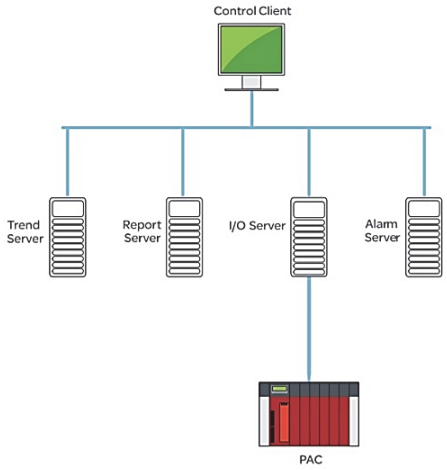


Рисунок 1 – Клиент-серверная архитектура Vijeo Citect

В автоматизации производства отказ оборудования может привести к серьезным производственным потерям и возникновению потенциально опасных ситуаций. Резервирование Vijeo Citect повышает отказоустойчивость системы, помогая сохранить ее функциональность и производительность. Данное предложение обеспечивает полное резервирование всех устройств ввода-вывода. Vijeo Citect назначает одно устройство главным, а второе – резервным, и автоматически переключается на второе устройство в случае отказа первого.

Все функции резервирования Vijeo Citect можно использовать одновременно, что повышает защищенность системы. Архитектура Vijeo Citect, ориентированная на задачи, обеспечивает непревзойденный уровень резервирования SCADA-системы. Каждая из задач Vijeo Citect (ввод-вывод, построение трендов, аварийная сигнализация, формирование отчетов, интерфейс пользователя) может одновременно выполняться на нескольких компьютерах системы. Это позволяет назначать серверную задачу одновременно двум компьютерам – основному и резервному. В случае отказа основного сервера его роль автоматически возьмет на себя резервный без потери данных. При отказе основного сервера клиенты автоматически получают доступ к резервному. После возвращения основного сервера в работу он будет автоматически повторно синхронизирован, что сведет к минимуму потерю данных в архивных файлах.

Графические объекты на дисплеях оператора можно построить с помощью графического редактора Graphics Builder [4]. *Vijeo Citect* поддерживает неограниченное количество окон – «страниц». Для их создания предлагается использовать библиотеку шаблонов. Для упрощения создания графических объектов на странице поставляются три библиотеки – объектов, джинов и суперджинов. Объекты – это статические картинки, классифицированные по группам (механизмы, резервуары, насосы и т.д.). Джины и суперджины – это динамические объекты, к ним могут прикрепляться различные переменные Любой объект или символ могут быть анимированы любым доступным в SCADA-системе Citect способом. Мнемосхема технологического процесса проливной расходомерной установки представлена на рисунке 2.

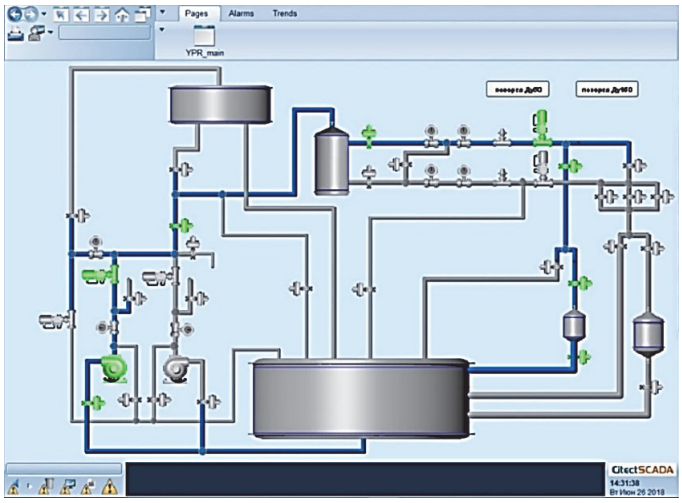


Рисунок 2 – Мнемосхема технологического процесса

Зеленым цветом подсвечены приборы, находящиеся в работе. При аварии или сработке блокировки приборы будут подсвечены красным цветом. По данной мнемосхеме оператор может судить о состоянии оборудования и их эксплуатационных параметрах.

Заключение. В результате установки нового программного обеспечения предполагается более быстрый и удобный процесс снятия поверочных данных приборов, так как данное программное обеспечение позволит следить и управлять установкой в одном окне программы, что облегчает работу оператора.

Гибкая архитектура **SCADA**-системы **Vijeo Citect** и созданных на его базе приложений делают инвестиции в эту систему растущими и надежными. От системы на одиночно стоящем компьютере до огромной распределенной резервируемой системы, работающей с несколькими сетями, потребуется единственный инструмент разработки. Это позволяет значительно сэкономить на обучении, а также на опыте эксплуатации, что оптимизирует инвестиции.

Предложение Vijeo Citect разработано, чтобы предоставить промышленным предприятиям любых размеров гибкое управление разработкой, разворачиваем, обслуживанием, поддержкой и развитием систем диспетчеризации технологических процессов. Инженерные решения, заложенные в **Vijeo Citect**, обеспечивают многоуровневое резервирование, которое обеспечивает надежность и бесперебойную работу системы.

Прикладное программное обеспечение, используемое для автоматизации управления технологическими процессами, играет одну из главных ролей в повышении эффективности производства. Правильный выбор SCADA-системы во многом определяет дальнейший ход всего процесса автоматизации конкретного технологического процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Андреев Е.Б., Куцевич Н.А. SCADA-системы: Взгляд изнутри: Книга. - М: Изд-во РТСофт, 2004. - 176 с.

2 Громаков Е.И. Проектирование автоматизированных систем. Курсовое проектирование: Учебно-методическое пособие. ТПУ – 2009. – 56 с.

3 Елизаров И. А., третьяков А. А. Интегрированные системы проектирования и управления: SCADA-системы: Учебное пособие - Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 160 с.

4 Методическое руководство по курсу SCADA-система Citect 7.20. Теоретический и практический курс – 101 с.

5 Пьявченко Т.А. Проектирование АСУТП в SCADA-системе: Учебное пособие.- Таганрог: Изд-во Технологического института ЮФУ, 2007. - 84 с.

6 Vijeo Citect, Технический обзор. Высокоэффективное решение для диспетчерского управления и сбора данных: Изд-во Schneider Electric, 2012. – 68 с.

УДК 62-503.5

Кузнецов Алексей Андреевич, студент; Kuznetsov Alexey Andreevich
Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент; Gorkavy Aleksandr Ivanovich
Комсомольск-на-Амуре государственный университет

ФОРМИРОВАНИЯ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С МОДАЛЬНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ

THE FORMATION OF A SPECIFIC TRANSIENT PERFORMANCE IN THE SYSTEM OF THE ELECTRIC DRIVE WITH MODAL CONTROL

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы построения системы электропривода с переменной структурой с возможностью формирования переходных процессов различных конфигураций.

Abstract. The article deals with the construction of an electric drive system with a variable structure with the possibility of forming transients of various configurations.

Ключевые слова: электропривод, переходный процесс, биномиальная форма, форма Баттерворта, модальное управление.

Keywords: electric drive, transition process, binomial form, Butterworth form, modal control.

Требования к системам управления электроприводами в основном определяются технологическим оборудованием. Эти требования, как правило, включают в себя время переходного процесса, вид переходного, точность. Модальное управление позволяет формировать различные виды переходного процесса за счёт включения в систему электропривода регуляторов по полному вектору состояния [0]. Для объекта [0] размерности «n»:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = (A - B_u F)x(t) + B_u x_{вх}(t) + B_m m_c(t); \\ y(t) = Cx(t), \end{cases}$$

формируется регулятор $F = [f1 \quad f2 \quad .. \quad fn]$, включение которого в систему позволяет сформировать в ней, в частности в системе электрического привода вид переходного процесса определяемого стандартными формами [0] прежде всего биномиальными и Баттерворта.

Однако в ряде случаев требуются специфические переходные процессы, которые невозможно представить стандартными формами в линейной интерпретации. В работе предлагается подход к формированию переходных характеристик за счёт изменения структуры регулятора. Суть в следующем: в системе предусмотрены наборы регуляторов, переключение которых, либо по времени, либо по уровню сигнала, позволяет сформировать переходные процессы в соответствии с технологическими требованиями. На рисунке 1 представлена структурная схема электропривода ТП-Д, рассчитанная на принципах модального управления для различных стандартных форм и быстродействий. Их переключение позволяет формировать различные виды переходных процессов, как показано на рисунке 3 и рисунке 5.

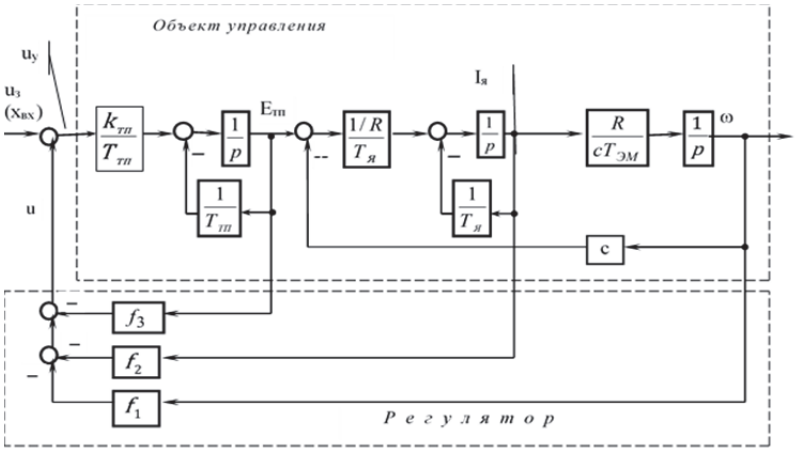


Рисунок 1 – Схема системы электропривода с модальным регулятором

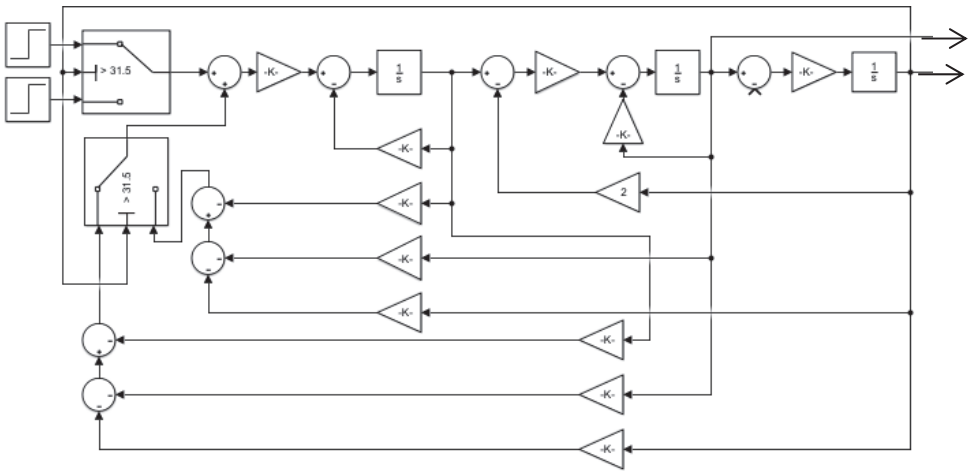


Рисунок 2 – Схема с переменной структурой с регуляторами настроенными на биномиальные формы

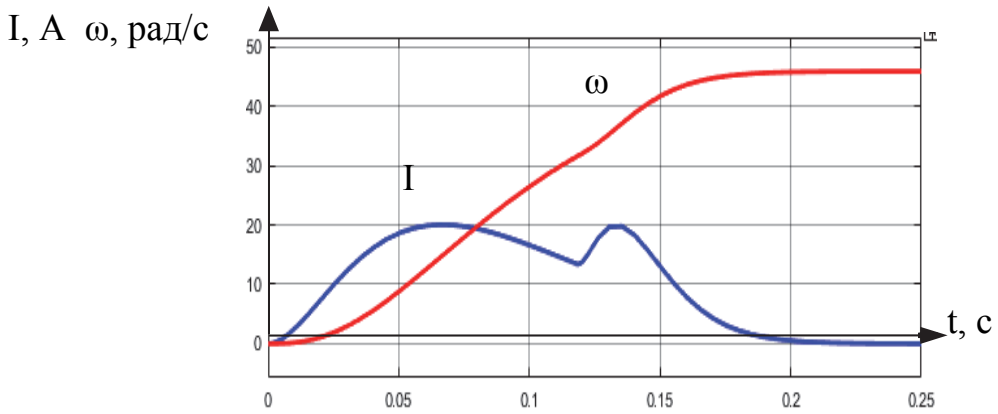


Рисунок 3 – График изменения скорости и тока в системе электропривода

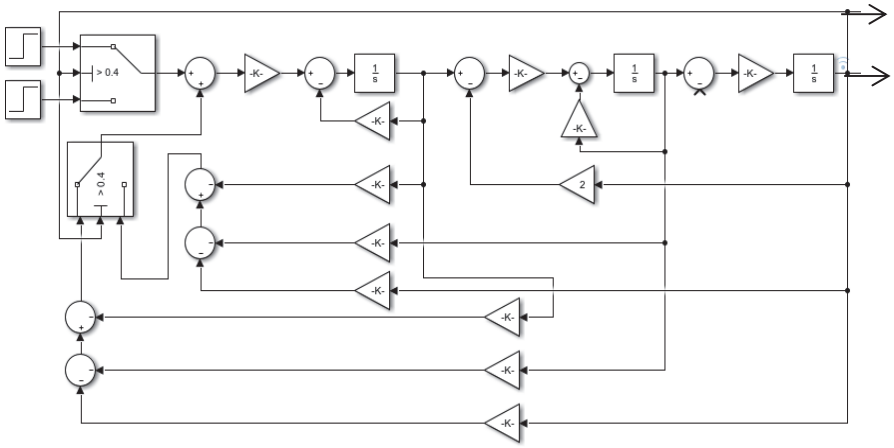
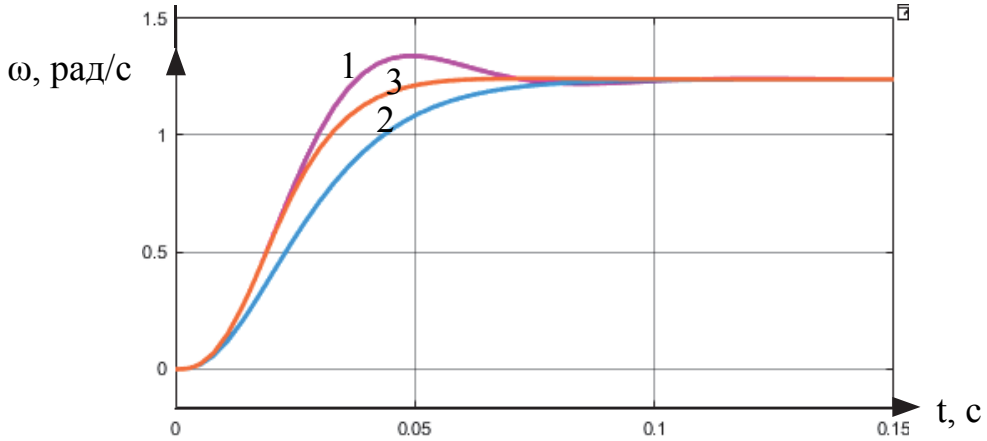


Рисунок 4 – Схема с переменной структурой с регуляторами настроенными на форму биномиальную и Баттерворта



1 – система с регулятором настроенным на форму Баттерворта;
2 – система с регулятором настроенным на биномиальную форму
3 – система с переключением регулятора с настройкой на форму Баттерворта на регулятор с настройкой на биномиальную форму
Рисунок 5 – Графики переходных процессов

Таким образом, переключение структуры регуляторов позволило сформировать специфическую переходную характеристику график 3 на рисунке 5, которая по быстродействию близка к форме Баттерворта но перерегулирование отсутствует, как в биномиальной стандартной форме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЮМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Терехов, В.М. Система управления электроприводов: учебник / В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова. – М.: Академия, 2005. – 304 с.

2 Горькавый, А.И. Математические основы элементов, систем и процессов управления / А.И. Горькавый, М.А. Горькавый. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2016. – 70 с.

УДК 621.3.078

Кузнецова Татьяна Артемовна, студентка; Kuzneczova Tat`yana Artemovna
Васильченко Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент; Vasilchenko Sergey Aleksandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ВЛИЯНИЯ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

APPLICATION OF THE REFERENCE MODEL FOR COMPENSATION OF THE INFLUENCE OF PERTURBING IMPACTS IN THE SYSTEM ELECTRIC DRIVE

Аннотация. Работа посвящена исследованию возможности применения эталонной модели для уменьшения статической ошибки, вызываемой внешними возмущающими воздействиями, и влияния изменения параметров элементов системы на процессы в контуре регулирования угловой частоты вращения.

Abstract. The work is devoted to the study of the possibility of using the reference model to reduce the static error caused by external disturbances, and the effect of changing the parameters of the system elements on the processes in the control loop of the angular frequency of rotation.

Ключевые слова: эталонная модель, статическая ошибка, угловая частота вращения.

Keywords: reference model, static error, angular frequency of rotation.

Применение эталонных моделей – эффективный способ уменьшения реакции систем автоматического регулирования на внешние и внутренние (параметрические) возмущающие воздействия [1]. Компенсация влияния возмущений в системах с эталонными моделями производится следующим образом. С помощью эталонной модели, обычно виртуальной, для рассматриваемых регулируемых координат системы формируются процессы требуемого качества. Эти координаты с эталонной модели сравниваются с соответствующими координатами в реальной системе регулирования, определяются отклонения реальных процессов от эталонных и эти отклонения используются в качестве корректирующих воздействий в реальной системе.

На рисунке 1 приведена модель электропривода постоянного тока. Эта модель состоит из двух частей: эталонной модели, приведенной в верхней части рисунка, и модели рассматриваемого электропривода с корректирующим воздействием снимаемым с выхода эталонной модели, приведенной в нижней части рисунка. Рассматриваются системы подчиненого регулирования с внутренним контуром тока и внешним контуром скорости. Настройки контуров на модульный оптимум. Параметры электрического двигателя: номинальная мощность 1600 кВт, номинальный ток якоря 1855 А, номинальный момент 61100 Н·м, суммарный приведенный к валу двигателя момент инерции системы электропривода 3750 кг·м^2, номинальная угловая частота вращения 26,17 с$^{-1}$, угловая частота вращения идеального холостого хода 27,19 с$^{-1}$. Модель выполнена системе имитационного блочного моделирования Simulink из в пакета программ MATLAB.

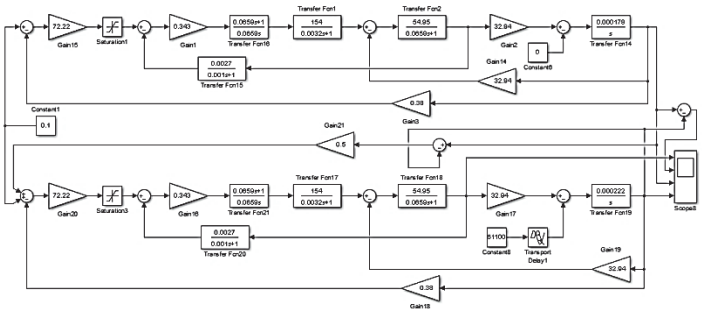


Рисунок 1 – Модель электропривода

На рисунке 2 приведены графики переходных процессов в рассматриваемой системе электропривода без использования компенсирующих воздействий снимаемых с эталонной системы. Моделирование выполнялось в режиме малых отклонений всех регулируемых координат, то есть без их ограничения. Момент нагрузки на валу двигателя рассматриваемой системы подаваемый через 0,3 секунды после пуска электропривода равен номинальному моменту электрического двигателя, а момент инерции равен 1,25 от момента инерции для которого выполнялась настройка регулятора контура угловой частоты вращения. Момент нагрузки на валу электродвигателя эталонной модели всегда равен нулю.

Представленная на графиках рисунка 2 и рисунка 3 ошибка регулирования в контуре угловой частоты вращения электрического двигателя определяется как разность между угловой частотой снимаемой с эталонной модели и угловой частотой снимаемой с модели рассматриваемого электропривода.

Как следует из приведенных на рисунке 2 и рисунке 3 графиков переходных процессов, применение в системе электропривода на входе задания скорости корректирующего воздействия, формируемого с использованием эталонной модели, позволило при уменьшении момента инерции и увеличении нагрузки на валу двигателя сохранить величину перегулирования по угловой частоте вращения на уровне не большем чем в эталонной модели, а статическую ошибку по угловой частоте вращения уменьшить в 2,3 раза по сравнению с системой без корректирующего воздействия.

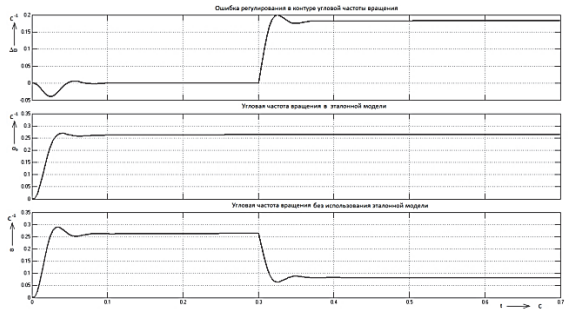


Рисунок 2 – Переходные процессы без использования эталонной модели

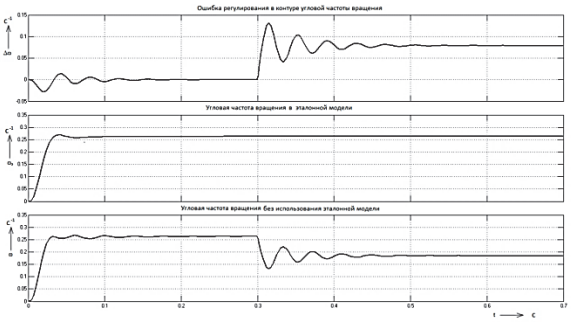


Рисунок 3 – Переходные процессы с использованием эталонной модели

Аналогичные результаты могут быть получены и при работе системы в режиме больших отклонений регулируемых координат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Юревич, Ю.И. Управление роботами и робототехническими системами / Ю.И. Юревич. – СПб.: издательсво СПбГТУ, 2000. – 171.

УДК 621.317

Купченко Михаил Владимирович, студент;
Kupchenko Mikhail Vladimirovich
Киба Дмитрий Анатольевич, кандидат технических наук;
Kiba Dmitrij Anatol`evich
Олиферова Ольга Сергеевна, преподаватель; Oliferova Olga Sergeevna
Комсомольский-на-Амуре Государственный Университет

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРОВЕРОК РАБОТЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

DEVELOPMENT OF A SYSTEM BASED ON UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR CHECKING THE OPERATION OF RADIO EQUIPMENT

Аннотация. Данная работа посвящена проблемам тестирования радиотехнических средств. В работе рассмотрены существующие решения и их недостатки, а также предложена разработка новой измерительной системы, обладающей рядом преимуществ.

Abstract. This work is devoted to the problems of testing radio equipment. The paper considers existing solutions and their disadvantages, as well as suggests the development of a new measurement system that has a number of advantages.
Ключевые слова: радиотехника, БПЛА, измерения, электромагнитные излучения.
Keywords: radiotechnics, UAV, measurements, electromagnetic radiation.

В современном мире постоянно растёт востребованность различного рода радиоэлектронной аппаратуры в разных сферах человеческой деятельности. Особые требования предъявляются к радиотехнике, работающей в таких ответственных сферах применения, как авиационная, судовая, космическая сферы, а также в сфере телерадиовещания и сотовой связи.

Как известно, качество радиосвязи определяется множеством факторов. Одним из основных параметров электромагнитного излучения является его мощность. Мощность излучаемого сигнала во многом определяет расстояние, на которое этот сигнал может распространяться. Однако, нередко более важной характеристикой, нежели мощность излучения, является именно диаграмма направленности (ДН) этого излучения, формируемая антенно-фидерными устройствами (АФУ) радиотехнических средств.

Вид ДН, в основном, определяется конструкцией АФУ. На вид реальной ДН оказывают влияние внешние факторы (рельеф местности, характеристики земли наличие техногенных объектов в ближней зоне АФУ) и свойства АФУ (соответствие заданным частотам, качество изготовления и настройки, техническое состояние и т.д.).

Существует проблема необходимой периодической проверки работы радиотехнических средств на предмет отклонения реальных параметров излучений от требуемых с целью коррекции этих параметров. Другими словами, возникает необходимость определения фактической ДН АФУ на этапе ввода его в эксплуатацию и при дальнейшем сопровождении.

На сегодняшний день данная проблема решается разными способами. Используется как воздушная техника (самолёты и вертолёты), так и наземная (автомобили). На базе того или иного транспортного средства организуется передвижной измерительный комплекс. На борту специального транспорта располагается необходимая измерительная радиоаппаратура, позволяющая получать реальные ДН тестируемых радиотехнических средств. Однако, эти методы обладают некоторыми недостатками.

Использование самолёта позволяет производить измерения на очень больших расстояниях, но при этом такая система более требовательна к скорости осуществления измерений, и вдобавок ограничена в мобильности, что не позволяет получить подробную пространственную картину ДН.

Измерительный комплекс на базе вертолёта лишён недостатка манёвренности. Но серьёзный недостаток комплекса на базе вертолёта, также как и на базе самолёта, заключается в больших затратах на содержание и эксплуатацию комплекса.

Вариант комплекса с использованием автомобиля является более дешёвым, но при этом обладает рядом иных недостатков. Во-первых, это невозможность получения пространственной (трёхмерной) ДН (автомобиль передвигается только по суше). Во-вторых, затруднённость осуществления измерений в труднопроходимой местности (лес, скалы, овраги, реки, городская среда и т.д.).

Для решения перечисленных проблем предлагается новая система на основе беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для проверок работы радиотехнических средств. Система, позволяющая осуществлять проверку работы радиотехнических средств посредством получения реальных трёхмерных ДН электромагнитных излучений конкретной радиоаппаратуры с заданной точностью и степенью детальности – основная суть предлагаемой разработки.

Система для проверок работы радиотехнических средств будет состоять из двух сегментов: воздушного и наземного. Основой для воздушного сегмента разрабатываемой системы служит БПЛА мультироторного типа. На этом БПЛА, кроме традиционных полётного контроллера, аппаратуры геопозиционирования и радиоуправления, будут располагаться средства связи для передачи данных телеметрии и измерений, сменные комплекты измерительных антенн и измерительной аппаратуры, определяемые конкретной задачей.

Грузоподъёмность современных мультироторных БПЛА позволяет создавать на их базе измерительные комплексы, аналогичные описанным выше. Таким образом, становится возможным получение фактических параметров электромагнитных излучений в заданной области пространства с помощью БПЛА, причём детализация трёхмерной карты радиочастотного электромагнитного поля зависит только от алгоритмов перемещения летательного аппарата в пространстве и от емкости его батарей. То есть, при достаточной энерговооружённости БПЛА оператор такой системы будет иметь возможность выбирать и настраивать степень детальности получаемой ДН излучений в зависимости от требований к решению той или иной технической задачи.

Высокая точность позиционирования современных БПЛА (до единиц сантиметров) и возможность зависать в заданной точке пространства для выполнения серии замеров позволяют повысить точность измерений.

Разрабатываемая система, помимо воздушного измерительного сегмента, будет включать в себя наземный сегмент управления, обработки и анализа данных. Этот сегмент будет отвечать за построение траекторий перемещения и передачи команд управления на БПЛА в процессе измерений, а также за анализ данных, полученных от измерительного сегмента. Разделение задач между воздушным и наземным сегментами позволит максимально облегчить БПЛА, удешевить его и увеличить время его нахождения в воздухе.

Для реализации данной разработки требуется решить ряд технических задач: определение состава и конструктивных особенностей измери-

тельной части комплекса; реализация обмена данными между передвижным измерительным комплексом и аппаратно-программным комплексом управления и обработки данных.

Планируемое создание прототипа измерительной системы откроет возможность проведения исследований с целью её совершенствования.

Разработкой предложенной системы на основе БПЛА для проверок работы радиотехнических средств занимается научный коллектив КнАГУ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долуханов, М. П. Распространение радиоволн: Учебник для вузов / М. П. Долуханов. – Москва : Изд-во Связь, 1972. – 336 с.

2. Коренной, А. В. Прикладные задачи навигации, связи и управления. Методы анализа и синтеза / А. В. Коренной. – Москва : Изд-во Радиотехника, 2015. – 161 с.

3. Перов, А. И. Радионавигационные технологии / А. И. Перов. – Москва: Изд-во Радиотехника, 2015. – 144 с.

4. Печинкин, А. В. Анализ влияния на радиомаячную систему посадки излучения радиотехнических средств. расположенных в зоне аэроузла : дис. канд. тех. наук : 05.12.04 / Печинкин Александр Васильевич. – М, 1996. – 150 с.

УДК 621.314

Курбонназаров Джуманазар Абдулмуталибович, студент;
Kurbanozarov Dzhumanazar Abdulmutabilovich
Эмомов Джамолиддин Саъдуллоевич, студент;
Emomov Dzhamoliddin Sadulloevich
Табаров Бехруз Довудходжаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель; Tabarov Bekhruz Dovudkhodzhaevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими

МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

MEASURES TO REDUCE POWER CONSUMPTION IN SHOP TRANSFORMERS

Аннотация. Рассматривается вопрос снижение расхода электроэнергии при работе цеховых трансформаторов, загруженных менее 30%. Цеховые трансформаторы являются неотъемлемой части системы электроснабжения. Они широко распространены в электрических сетей напряжение (6 – 10) / 0.4 кВ для обеспечения питания силовых и осветительных потребителей электроэнергии.

Abstract. The issue of reducing energy consumption during the operation of workshop transformers loaded less than 30% is considered. Workshop trans-

formers are an integral part of the power supply system. They are widely distributed in electric networks with a voltage of (6 – 10) / 0.4 kV to provide power to power and lighting consumers of electricity.

Ключевые слова: цеховые трансформаторы, энергосберегающие мероприятия, система электроснабжения, потери электроэнергии, электрическая нагрузка.

Keywords: shop transformers, energy–saving measures, power supply system, power losses, electrical load.

В настоящее время вопрос снижение расхода электроэнергии в промышленных предприятиях и повышение её качества является актуальным. Данная задача может решаться различными способами [1–3]. Например, можно указать на правильные расчеты электрической нагрузки, на обоснованный выбор низковольтного и высоковольтного электрооборудования и т.д.

Трансформаторы являются важнейшим звеном системы энергопитания промышленных потребителей, поэтому правильное определение числа и мощности цеховых трансформаторов, а также выбор электрооборудовании дает повышение технико–экономических показателей. При определении числа и мощности цеховых трансформаторов учитывают категории надежности питания потребителей, компенсацию реактивных нагрузок на напряжении до 1 кВ и работы трансформаторов с учетом коэффициента загрузки.

Цеховые трансформаторы выполняются комплектными, которые состоят из силовых и защитных аппаратов. Как известно из классификации потребителей электроэнергии по надежности питания, для предприятии имеющие потребители первой или второй категории возникает необходимости установки двух трансформаторов включенных параллельно.

Опыт работы существующих цеховых трансформаторов показывают, что в промышленных предприятий трансформаторы работают при разных коэффициентах загрузки. Однако повышение или понижение коэффициента загрузки от нормированного значения приводит к перегрузке и возникновению дополнительных потерь электроэнергии. Из графика электрических нагрузок конкретного предприятия можно увидеть, что потребители, которые распределены и размещены по цехам, приступают к работе неодновременно и с разной долей загрузки своего оборудования. Поэтому в промышленных предприятий из–за этого можно заметить, что цеховые трансформаторы работают иногда при коэффициента загрузки 30% и ниже, которые приводят к дополнительной потери электроэнергии [3]. Устранение этого недостатка можно достигнуть разними путями. В работе [4] автор предлагает, что при коэффициенте загрузки трансформаторов меньше 30%, отключить один из трансформаторов, которые работают параллельно и перевести нагрузку от отключаемого трансформатора на трансформатор, который остается в работе. Таким образом, можно эффективно использовать и сэкономить электроэнергию.

Поскольку мощные промышленные потребители со снабжением электроэнергии от двух параллельно работающих трансформаторов встречаются часто следовательно перевод нагрузки на другой трансформатор

при коэффициенте загрузки ниже 30% является один из путей эффективно потребление электроэнергии в промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мукосеев, Ю.Л. Электроснабжению промышленных предприятий: учебник для вузов / Ю.Л. Мукосеев. – М.: Энергия, 1973. – 584 с.

2. Железко, Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях. Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко. – М.: Энергоатомиздат, 1988 – 456 с.

3. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. Учебник для вузов / Данилов О.Л. [и др]. – М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 424 с.

4. Федоров, А.А. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для вузов / А.А. Федоров, Э.М. Ристхейн. – М.: Энергия, 1981. – 360 с.

УДК 681.5.01

Кучеренко Дмитрий Игоревич, студент; Kucherenko Dmitry Igorevich
Соловьев Вячеслав Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Solovyov Vyacheslav Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПИТАТЕЛЬНЫМИ НАСОСАМИ КОТЛОАГРЕГАТОВ

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE BOILER FEED PUMP CONTROL SYSTEM

Аннотация. В статье рассматривается вопрос применения одного регулируемого электропривода при различных режимах параллельной работы однотипных питательных насосов на электростанциях с поперечными связями. Предложены алгоритмы регулирования подачи и напора параллельно работающих питательных насосов.

Abstract. The article deals with the use of a single regulated electric drive in different modes of parallel operation of the same type of feed pumps in power plants with cross-links. Algorithms for regulating the supply and pressure of parallel feed pumps are proposed.

Ключевые слова: питательные насосы, частота вращения, регулирование параметров насоса.

Keywords: feed pumps, rotation speed, pump parameter control.

Перепад давления в регулирующих питательных клапанов котлов (РПК) электростанции при их режиме с номинальным давлением пара в барабане должен поддерживаться равным не менее 0,08 номинального давления в барабане, т.е. 0,08·15 = 1,2 МПа (12 кгс/см^2).

Из опыта эксплуатации подобных систем и учете потерь давления на гидравлическом сопротивлении арматуры, трубопроводах, в трубных пуч-

ках подогревателей высокого давления (ПВД) можно сделать вывод, что давление в питательном коллекторе после насосов в 17 МПа (170 кгс/см^2) будет достаточным для корректной работы регулирующих питательных клапанов котлов (РПК) и обеспечения в полной мере котлоагрегатов питательной водой.

Из рисунка 1 видно значительное превышение давления создаваемого питательными насосами до РПК, что приводит к сокращению срока службы клапанов, потере энергии на дросселирование и рециркуляцию. Так же работа насосов на частичной нагрузке далекой от номинального режима снижает КПД установки.

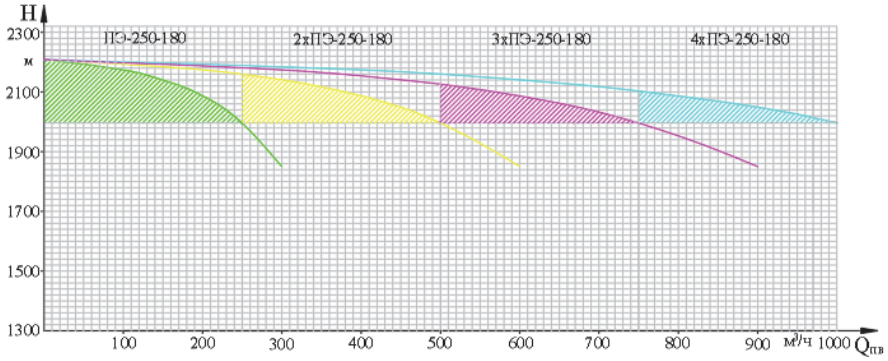
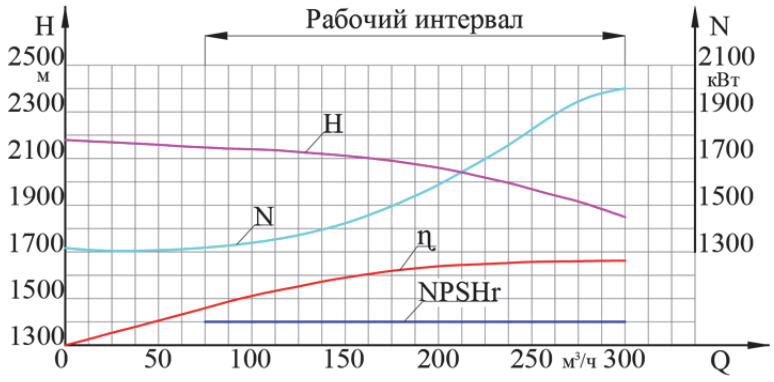


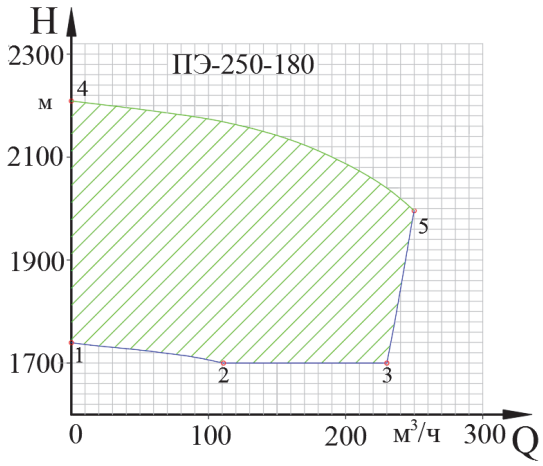
Рисунок 1 – Характеристики однотипных, параллельно работающих питательных насосов с нерегулируемыми электроприводами

Режим работы оборудования с применением одного регулируемого электропривода является одним из способов снятия избыточного давления, развиваемого насосом, и уменьшения излишнего перепада давлений на РПК. В связи с тем, что все ступени данного насоса идентичны, расчет новых характеристик производится по формулам подобия, используя рабочие характеристики для ПЭ250-180 (рисунок 2).

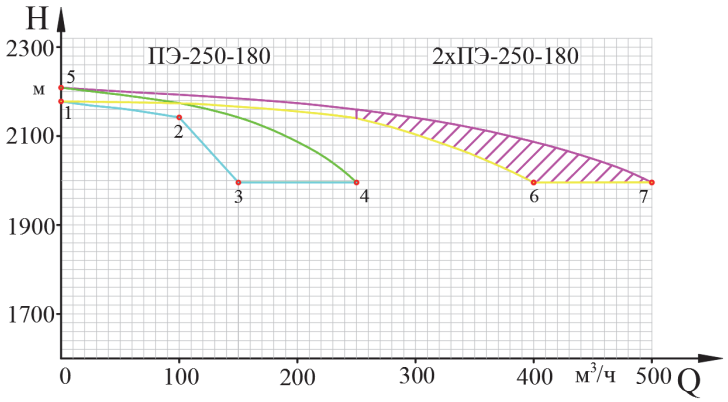


H – рабочая характеристика насоса ПЭ 250-180; N – мощностная характеристика насоса ПЭ 250-180; η – характеристика КПД насоса ПЭ 250-180; NPSHr – требуемый квитанционный запас

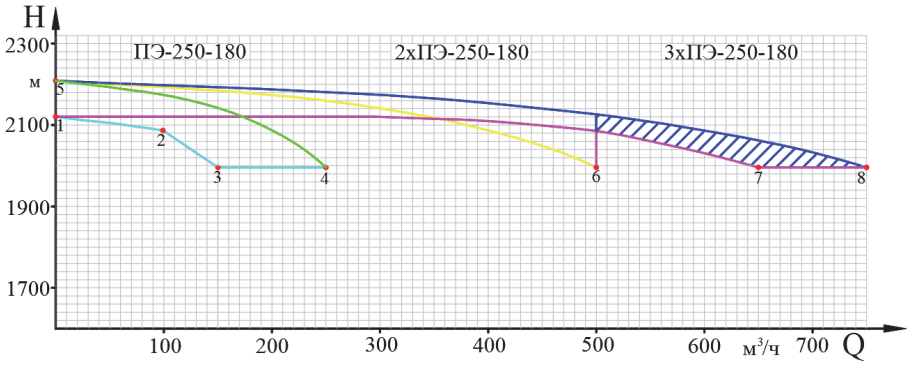
Рисунок 2 – Характеристики насоса ПЭ 250-180



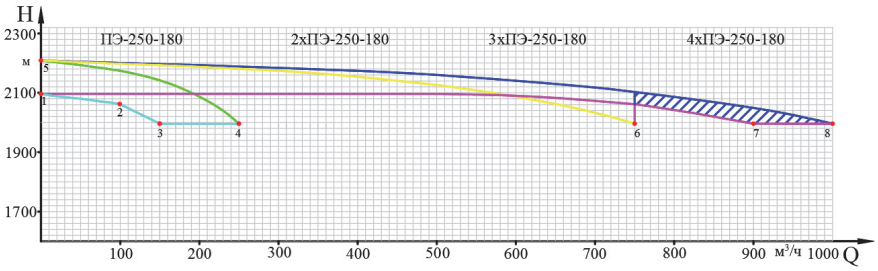
4-5 – характеристика ПЭ 250-180 с нерегулируемым электроприводом
1-2-3-5 – характеристика ПЭ 250-180 с регулируемым электроприводом
Рисунок 3 – характеристики работы одного насоса ПЭ 250-180



5-7 – характеристика двух ПЭ 250-180 с нерегулируемыми электроприводами; 1-6-7 – характеристика двух ПЭ 250-180 с одним регулируемым электроприводом
Рисунок 4 – Характеристики работы двух насосов с одним регулируемым электроприводом

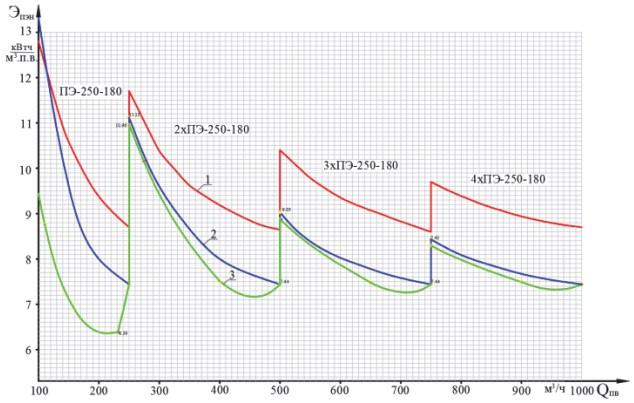


5-8 – характеристика трех ПЭ 250-180 с нерегулируемыми электроприводами; 1-7-8 – характеристика трех ПЭ 250-180 с одним регулируемым электроприводом
Рисунок 5 – Характеристики работы трех насосов с одним регулируемым электроприводом



5-8 – характеристика двух ПЭ 250-180 с нерегулируемым электроприводом
1-7-8 – характеристика двух ПЭ 250-180
с одним регулируемым электроприводом
Рисунок 6 – Характеристики работы четырех насосов
с одним регулируемым электроприводом

На рисунках 3,4,5 и 6 заштрихована экономия мощности при использовании регулируемого электропривода взамен дросселирования и рециркуляции.



1 – нормативный удельный расход электроэнергии; 2 – расчетный удельный расход электроэнергии с нерегулируемыми электроприводами;
3 – расчетный удельный расход электроэнергии с одним регулируемым электроприводом
Рисунок 7 – удельный расход электроэнергии на питательные насосы

Из полученных графиков видно, что при использовании одного регулируемого электропривода в системе параллельно работающих однотипных питательных насосов наблюдается снижение удельных показателей расхода электроэнергии за счет уменьшения потерь на дросселировании и рециркуляции. Так же применение регулируемого электропривода положительно сказывается на увеличение КПД установки и продления срока службы РПК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Осипов, О. И. Частотно-регулируемый электропривод : учебное пособие по курсу «Типовые решения и техника современного электропривода» / О. И. Осипов. – М. : Издательство МЭИ, 2004. – 80 с.

2 Лезнев, Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. / Б. С. Лезнев. – М. : Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.

УДК 681.5.01
Кучеренко Дмитрий Игоревич, студент; Kucherenko Dmitry Igorevich
Соловьев Вячеслав Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Solovyov Vyacheslav Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПОРА ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ПРИ ИЗМЕНЯЕМОЙ ПОДАЧЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

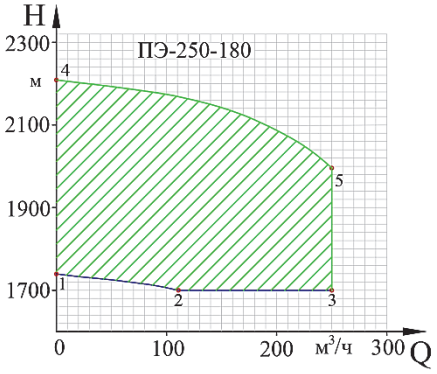
DEVELOPMENT AND RESEARCH OF THE FEED PUMP HEAD STABILIZATION SYSTEM FOR VARIABLE FEED WITH THE USE OF AN ADJUSTABLE ELECTRIC DRIVE

Аннотация. В статье рассматривается вопрос применения системы стабилизации напора питательного насоса при изменении его подачи с использованием ПИД-регулятора. Моделирование системы выполнено в среде MatLAB.
Abstract. The article deals with the application of a system for stabilizing the head of a feed pump when changing its supply using a PID controller. The system is modeled in MatLAB.
Ключевые слова: питательный насос, регулируемый электропривод, регулирование параметров насоса, стабилизация напора.
Keywords: feed pump, variable speed drive, the regulation parameters of the pump, the stabilization of the pressure.

При снятии избыточного давления, развиваемого питательным насосом, возникает потребность в разработке системы стабилизации напора при изменяемой подаче.

Для установки, состоящей из одного насосного агрегата, рассмотрим режим его работы в диапазоне с подачей от 110 до 250 м^3/ч и напоре 1700 м.

На рисунке 1 показаны рабочая характеристика насоса ПЭ 250-180 с нерегулируемым электроприводом и характеристика работы регулируемого электропривода.

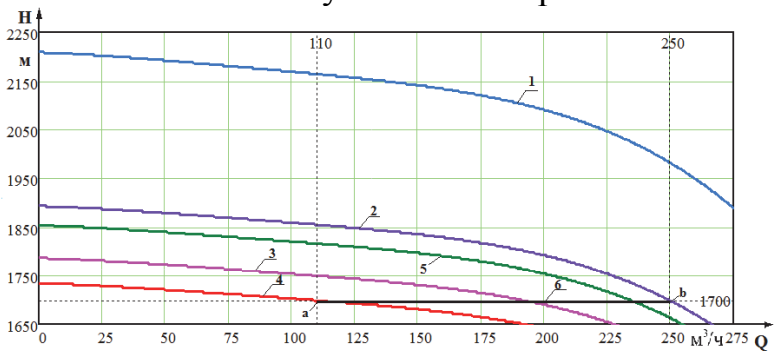


4-5 – характеристика ПЭ 250-180
с нерегулируемым электроприводом;
1-2-3 – характеристика ПЭ 250-180
с регулируемым электроприводом
Рисунок 1 – характеристики работы
ПЭ 250-180

Характеристика регулируемого электропривода состоит из двух отрезков:

1-2 – линия постоянной частоты вращения (2636 об/мин) и 2-3 – линия постоянного напора (1700 м).

В диапазоне подачи от 0 до 110 $м^3$/ч не имеет смысла регулировать частоту вращения по ряду причин. Данный диапазон подачи не в ходит в область рабочего интервала насоса, а работа на минимальных расходах приведет к выходу из строя оборудование. Режим работы в этом диапазоне сопутствуется с высокими удельными расходами электроэнергии, тем самым снижая КПД установки, а также минимальная подача в 110 $м^3$/ч обусловлена техническим минимумом котлоагрегата.



1,2,3,4,5 – характеристика ПЭ 250-180 при различной скорости вращения ротора; 6 – линия постоянного давления

Рисунок 2 – характеристики работы ПЭ 250-180 при регулировании скорости вращения ротора

На рисунке 2 показаны характеристики работы насоса ПЭ 250-180 при различной скорости вращения. При изменении подачи от 110 до 250 $м^3$/ч, регулируя скорость вращения электропривода системе необходимо удерживать постоянный напор (1700м). При изменении скорости вращения от 2636 до 2754 об/мин на отрезке a-b меняется и характеристика работы насосной установки.

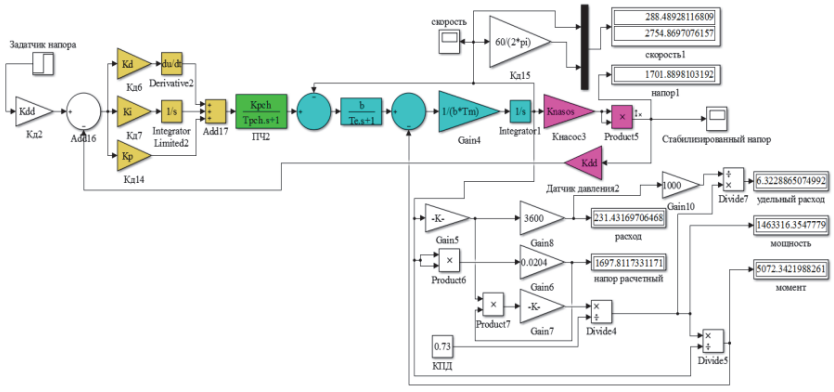
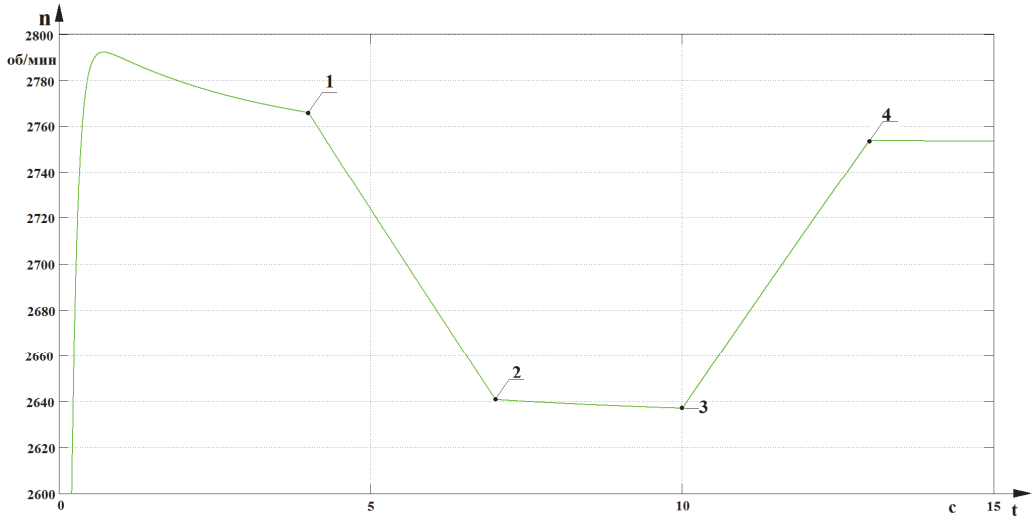


Рисунок 3 – Модель насосной установки в среде MatLab

В результате моделирования получили графики скорости вращения и напора.



1-2 – уменьшение расхода от 250 до 110 м^3/ч; 2-3 – расход 110 м^3/ч; 3-4 – увеличение расхода от 110до 250 м^3/ч

Рисунок 4 – График скорости при увеличении расхода

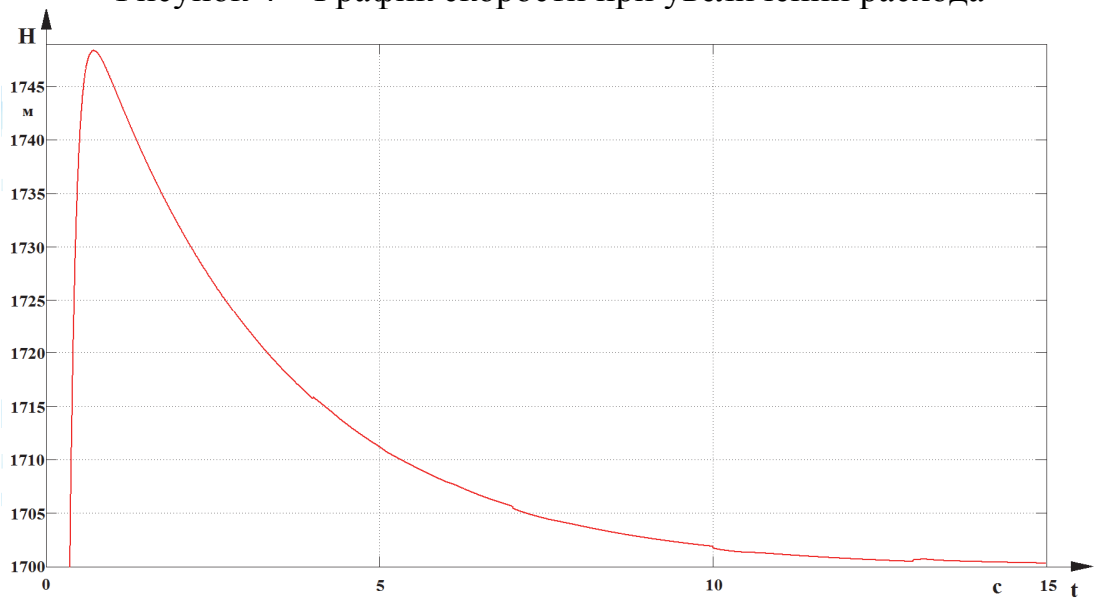


Рисунок 5 – График стабилизации напора

Из полученных графиков видно, что при различных изменениях изменении подачи в диапазоне от 110 до 250 м^3/ч, в предложенной системе, изменяется скорость вращения ротора.

Данные воздействия не оказывают существенного влияния на изменение напора, поэтому считаем его стабильным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Терехов, В. М. Система управления электроприводов / В. М. Терехов, О. И. Осипов. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005. – 301 с.

2 Лезнев, Б. С. Частотно-регулируемый электропривод насосных установок. / Б. С. Лезнев. – М. : Машиностроение, 2013 – 176 с.

УДК 621.316.717
Левчук Иван Владимирович, студент; Levchuk Ivan Vladimirovich
Дерюжкова Нелли Егоровна, кандидат технических наук, доцент;
Deruzhkova Nelli Egorovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФЛАПЕРОНАМИ В РЕЖИМЕ ЗАКРЫЛКОВ

RESEARCH OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE FLAPERON CONTROL SYSTEM IN THE FLAP MODE

Аннотация. Данная статья посвящена исследованию динамических характеристик системы управления флаперонами в режиме закрылков. Рассмотрена упрощенная схема управления флаперонами, определены передаточные функции основных звеньев, выполнен синтез ПИД-регулятора. Разработана модель с замкнутой гидравлической системой в среде MatLab, представлен график переходных процессов.
Abstract. This article is devoted to the study of the dynamic characteristics of the flaperon control system in the flaps mode. A simplified control scheme for flaperons is considered, the transfer functions of the main links are defined, and the PID- controller is synthesized. A model with a closed hydraulic system in the MatLab environment is developed, and graphs of transients are presented.
Ключевые слова: системы управления флаперонами, структурная схема, передаточная функция гидроусилителя, модель, график переходных процессов.
Keywords: flaperon control systems, block diagram, power steering transfer function, model, transition graph.

Система управления флаперонами летательного аппарата состоит из устройства, преобразующего электрическую энергию в механическую – электродвигателя, жесткой проводки управления служащей для передачи энергии к исполнительному механизму и исполнительного механизма – гидроусилителя, передающего возвратно-поступательное движение отклоняемой плоскости крыла.

Электродвигатель является основным звеном, определяющим параметры электропривода (диапазон регулирования частоты вращения, перегрузочную способность, массоэнегетические и динамические показатели). Из сравнительного анализа различных приводов по указанным критериям наиболее перспективным органом управления самолетом, является электропривод, выполненный на базе вентильного двигателя постоянного тока с высокоэнергетическими постоянными магнитами. В рассматриваемой системе управления, применяется гидроусилистель с проточными золотниками, имеющий жесткую отрицательную обратную связь, между испо-

нительным механизмом и регулирующим органом. Система управления флаперонами представлена в виде следующей структурной схемы:

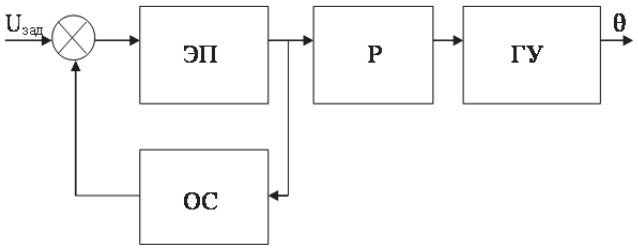


Рисунок 1 – Структурная схема управления

На рисунке 1 приняты следующие обозначения: ЭП – электропривод системы управления; Р – редуктор; ГУ – гидроусилитель золотникового типа; ОС – обратная связь по скорости.

Для исследования динамических характеристик необходимо найти передаточные функции основных звеньев системы флаперонами.

С точки зрения динамического звена вентильная машина близка по своим характеристикам к машине постоянного тока и их переходные процессы практически идентичны.

Для золотникового усилителя с жесткой обратной связью передаточная функция примет вид:

$$\mathrm{W_{ГУ}(s)} = \frac{\mathrm{K_1}}{\mathrm{T_1^2 s^2 + 2 \cdot \mu \cdot T_1 s + 1}},$$

где коэффициент передачи:

$$K_1 = \frac{1}{K_{OC}} = \frac{l_1}{l_2},$$

постоянная времени:

$$T_1 = \sqrt{\frac{T \cdot l_1}{K \cdot l_2}},$$

коэффициент относительного затухания:

$$\mu = 0{,}5 \cdot \sqrt{\frac{l_1}{T \cdot \mathrm{K} \cdot l_2}},$$

где Т и К – постоянная времени и коэффициент передачи усилителя без обратной связи; l_1 и l_2 – длины плеч рычага обратной связи.

Для коррекции гидравлического звена представленного передаточной функцией

$$W_{ГУ}(s) = \frac{K}{T^2 s^2 + 2 \cdot \zeta \cdot Ts + 1}$$

необходимо синтезировать ПИД-регулятор с реальным дифференцирующим звеном. Настройку регулятора выполняем на технический оптимум.

Модель с замкнутой гидравлической системой в среде MatLab показана на рисунке 2, результаты моделирования представлены на рисунке 3.

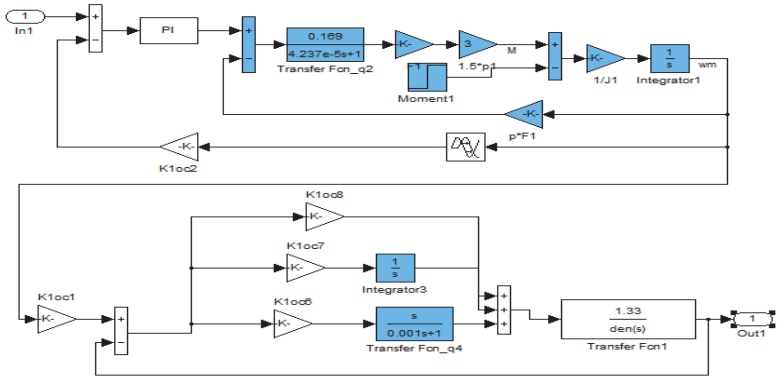


Рисунок 2 – Модель с замкнутой гидравлической системой

Переходные процессы в системе изображены на рисунке 3.

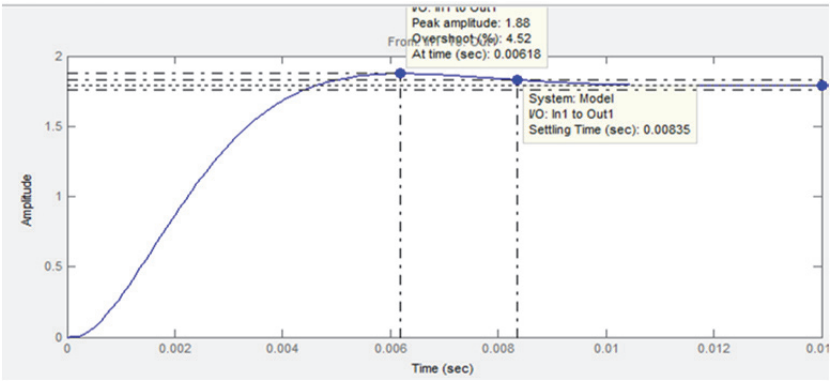


Рисунок 3 – Результаты моделирования системы с замкнутым гидравлическим контуром

Как видно из рисунка 3 система удовлетворяет требованиям технического оптимума.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Герман-Галкин, С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С.Г. Герман-Галкин. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

2 Гидравлические приводы летательных аппаратов: учебник для авиационных специальностей вузов / Н.С. Гамынин [и др.]. М.Машиностроение, 1992. – 368 с.

3 Гамынин, Н. С. Гидравлический привод систем управления / Н.С. Гамынин. - М.: Машиностроение, 1972. - 376 с

4 Москаленко, В.В. Системы автоматизированного управления электроприводом / В.В. Москаленко. – М.: ИНФРА-М, 2004. – 208 с.

УДК 621.313.323.821
Линник Максим Вячеславович, студент; Linnik Maksim Vyacheslavovich
Соловьёв Вячеслав Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Soloviev Vyacheslav Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО ТРЁХФАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ИНВАЛИДНОГО КРЕСЛА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

THE STUDY SCHEME OF THE THREE-PHASE BLDC ELECTRIC MOTOR FOR WHEELCHAIRS WITH THE ELECTRIC DRIVE

Аннотация. В данной статье рассматривается принципиальная схема бесколлекторного трёхфазного двигателя постоянного тока. Данная схема интересна своими свойствами и функционалом. Она предназначена для того, чтобы приводить инвалидное кресло с электроприводом в движение.
Abstract. This article discusses the circuit diagram of a BLDC. This scheme is interesting for its properties and functionality. It is designed to drive an wheelchair with electric drive.
Ключевые слова: инвалидное кресло, бесколлекторный двигатель, принципиальная схема, датчики Холла, обратная ЭДС.
Keywords: wheelchair, BLDC, circuit diagram, Hall effect sensor, reverse EMF.

Сами по себе бесколлекторные трёхфазные двигатели постоянного тока находят широкое применение в бытовых приборах, ведь они малогабаритные, но при этом достаточно мощные. Для организации движения инвалидного кресла они тоже подойдут.

Немаловажно, что такой бесколлекторный двигатель лишён недостатков коллекторного двигателя, а именно: механический износ щёток и необходимость постоянного обслуживания щёточного узла.

Из принципа действия понятно, что функцию коллектора в бесколлекторных двигателях берёт на себя микроконтроллер.

Стоит отметить, что напряжение на обмотки бесколлектоного двигателя необходимо подавать синхронно, чтобы двигатель начал вращаться. Синхронизация может быть организованна с использованием внешних датчиков (оптические или датчики холла) или же с помощью сигнала обратной ЭДС (без использования внешних датчиков).

Схема, представленная на рисунке 1, построена без использования внешних датчиков.

Также двигатель оснащён регулятором скорости, который выполнен на МОП-транзисторах.

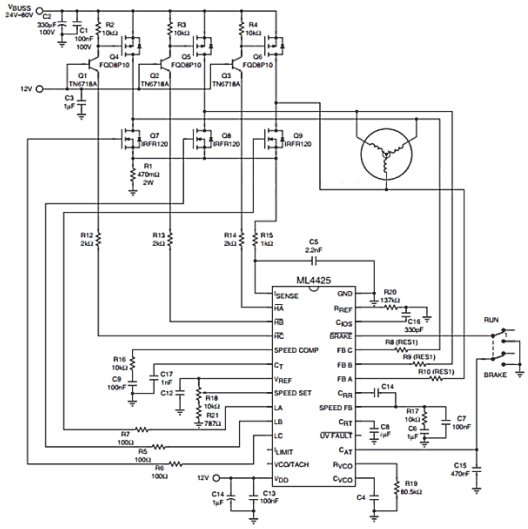


Рисунок 1 – Принципиальная схема бесколлекторного трёхфазного двигателя постоянного тока

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ачкасов, Е. Е. Технические средства реабилитации инвалидов и безбарьерная среда : учеб. пособие / Е. Е. Ачкасов, Е. В. Машковский, С. Н. Пузин – М. : «ГЭОТАР-Медиа», 2018. – 111 с.

2 Анучин А.С. Системы управления электроприводов : учеб. пособие / А.С. Анучин – М. : Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.

3 Алямкин Д. И. Встраиваемые высокопроизводительные системы управления : учеб. пособие / Д. И. Алямкин, А. С Анучин, А. В. Дроздов, В. Ф.Козаченко, А. С. Тарасов – М.: Издательский дом МЭИ, 2018. – 253 с.

УДК 621.396

Логинов Игорь Васильевич, студент; Loginov Igor Vasilievich
Ульянов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Ulyanov Alexander Vladimirovich
Шибеко Роман Владимирович, старший преподаватель;
Shibeko Roman Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОЕ РАДИО С ПРЯМОЙ ОЦИФРОВКОЙ ПРИНЯТОГО СИГНАЛА И ОБРАБОТКОЙ В ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЛИС

SOFTWARE-DEFINED RADIO WITH DIRECT DIGITIZATION OF THE RECEIVED SIGNAL AND PROCESSING IN HIGH-SPEED FPGA

Аннотация. В статье приведено описание и принцип работы программно-определяемого радио с прямой оцифровкой сигнала и обработкой в ПЛИС. Представлена структурная схема проекта и описание входящих в неё блоков.

Abstract. The article describes the operation principle of software-defined radio with direct digitization of the signal and processing in FPGA. A block diagram of the project and a description of the blocks included in it are presented.
Ключевые слова: программно-определяемое радио, ЦОС, прямое понижающее преобразование, ПЛИС.
Keywords: software-defined radio, DSP, direct down conversion, FPGA.

Объектом исследования является реализация алгоритмов ЦОС в программно-определяемом радио, выполненном на основе ПЛИС.

Идея создать устройство, в котором функции приемного тракта выполняются математическими алгоритмами в компьютере, существует достаточно давно. Старые модели компьютеров не обладали достаточными вычислительными мощностями для реализации методов цифровой обработки сигналов с достаточной скоростью. Развитие микропроцессорной техники дало возможность реализовать подобное устройство, получившее название «программно-определяемое радио». Многие современные устройства имеют в составе программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), последние модели программно-определяемого радио не исключение. ПЛИС структуры FPGA или ППВМ (программируемая пользователем вентильная матрица) содержат блоки умножения-суммирования, которые широко применяются при обработке сигналов (DSP, англ. digital signal processing), а также логические элементы и их блоки коммутации.

Программно-определяемое радио или SDR (software-defined radio) появилось в продаже в 2004-2006 годах, с тех пор они претерпели много улучшений и по техническому устройству можно выделить 3 основные группы:

– Модели SDR, где обработка сигнала происходит на базе звуковой карты компьютера.

– Модели SDR, в которых имеется встроенный аналого-цифровой преобразователь (АЦП). В них сигнал поступал в компьютер уже в цифровом виде.

– Модели DDC (direct down conversion) SDR, в них сигнал напрямую с эфира обрабатывается сверхбыстрым АЦП и выходной битовый поток поступает на ПЛИС, где происходит обработка и передача нужной полосы в компьютер.

Технология SDR основывается на двух основных идеях:

– передача широкополосного сигнала с передатчика в компьютер, где ширина обрабатываемой полосы варьируется от 48 КГц при обработке в звуковой карте и до сотен МГц с использованием сверхбыстрых АЦП;

– демодуляция сигнала происходит не в аналоговой аппаратуре, то есть реальных фильтрах, усилителях и прочем, а с помощью математических алгоритмов цифровой обработки сигнала на компьютере.

SDR системы в отличие от аналоговых приемников обладают следующими особенностями:

–многополосность - одновременная работа на нескольких частотах;

–многоканальность – возможность передавать данные на двух разных несущих частотах;

–способность одновременной работы в разных стандартах (AM, FM, GMSK, CDMA и др.);

–передача данных с разной скоростью;

–полоса пропускания определяется цифровыми фильтрами.

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.

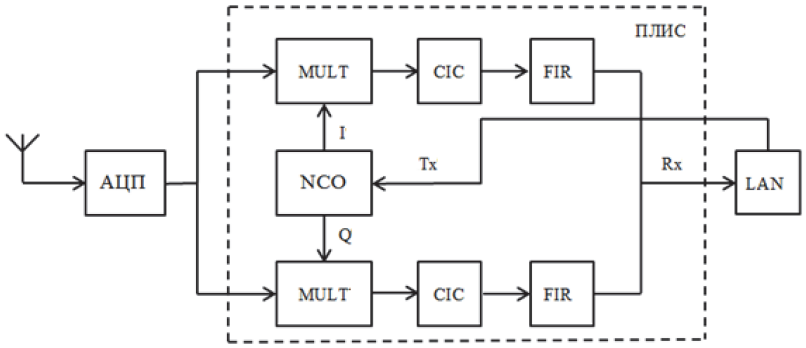


Рисунок 1 – Структурная схема DDC SDR приемника

Функции блоков структурной схемы:

– **Антенна**. В данной схеме используется антенна-штырь с ёмкостным согласованием входного тракта.

– **АЦП**. Осуществляет преобразование в цифровой вид аналогового сигнала с антенны. Здесь используется 10-bit АЦП с частотой дискретизации 100 MSPS, следовательно, по теореме Котельникова можно принимать сигналы частотой до 50 МГц. Цифровой поток после АЦП составляет 1000 Mbit/c (100MSPS*10-bit) и является слишком большим для передачи напрямую в компьютер, для того чтобы его уменьшить служат блоки ПЛИС.

– **NCO**. На вход управления генератора с цифровым управлением подается значение необходимой нам частоты, частота дискретизации равняется таковой у АЦП. Для того чтобы избавиться от явления зеркальных каналов приёма при переносе частоты в область НЧ используется метод квадратурной обработки сигнала. Суть его заключается в следующем: сигнал преобразуют в комплексную форму, из за этого идёт разделение на два канала I (Inphase) и Q (Quadrature), сдвинутого по фазе на 90 градусов. Использование NCO обусловлено тем, что он параллельно может формировать косинусный сигнал, что необходимо для квадратурной обработки.

– **MULT**. Блоки умножителей, в которых сигнал с выхода АЦП перемножается с сигналом NCO. На выходе получаем сигнал меньшей частоты, но с большой частотой дискретизации.

– **Блоки CIC и FIR фильтров** выполняют децимацию (уменьшение частоты дискретизации) сигнала. Децимация производится в 2 этапа. Первый этап выполняет CIC (каскадное соединение интегрального и гребенчатого фильтров) фильтр. Второй этап выполняет компенсационный FIR фильтр, он необходим поскольку CIC фильтр обладает довольно крутой АЧХ, стремящейся к нулю при приближении к исходной частоте дискрети-

зации. На выходе фильтров получаем сигнал с уменьшенной частотой дискретизации, но с повышенной разрядностью данных.

Блоки структурной схемы, входящие в ПЛИС, созданы в программе «Quartus». Данная программа обладает большим функционалом и позволяет создать практически любой проект на ПЛИС.

Полученное устройство состоит из 3 компонентов: антенна, микросхема АЦП и микросхема ПЛИС архитектуры FPGA. Позволяет принимать и обрабатывать сигналы частотой 0…30-60 МГц, что вполне достаточно для большинства пользователей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Силин, А.В. Технология Software Defined Radio. Теория, принципы и примеры аппаратных платформ / А.В. Силин // Технологии и стандарты. 2007, вып. (№) 02. С. 22–27.

УДК 62-52

Лысов Николай Андреевич, студент; Lysov Nikolay Andreevich
Сухоруков Сергей Иванович, кандидат технических наук;
Sukhorukov Sergei Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ G-КОДОВ

THE STUDY OF POSSIBILITY OF INDUSTRIAL ROBOT MANIPULATOR CONTROL USING G-CODES

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию возможностей управления промышленными роботами-манипуляторами с применением стандартного языка программирования станков с числовым программным управлением – G-code. Проанализированы особенности программирования роботов различных производителей. Выполнен обзор программных средств для применения G-кода для роботов KUKA.

Abstract. This work is devoted to the study of the possibilities of industrial robots control using the standard programming language for computer numerical control - G-code. The features of programming robots from various manufacturers has been analyzed. A review of software tools for applying G-code for KUKA robots has been conducted.

Ключевые слова: промышленный робот, ЧПУ, программирование, управление.

Keywords: industrial robot, CNC, programming, controling.

Современный этап развития промышленного производства характеризуется активным внедрением средств промышленной автоматизации технологических процессов. Одним из самых популярных направлений автоматизации на сегодня является внедрение промышленных антропоморфных роботов-манипуляторов для выполнения операций, ранее выполнявшихся человеком [1]. При этом компаний-производителей промышленных роботов на сегодня таких компаний насчитывается более десятка [2] и каждый производитель создает собственные системы управления с собственными языками программирования (компания KUKA для своих роботов разработала язык KRL (Kuka Robot Language), FANUC использует язык Karel, у Kawasaki - AS, а ABB – RAPID и т.д).

Такое разнообразие приводит к необходимости постоянного переобучения персонала предприятия при внедрении нового оборудования, что является экономически не выгодным и препятствует модернизации производства. Таким образом, поиск и анализ универсальных средств программирования роботов различных производителей является важной и актуальной задачей.

1. Обзор стандартных промышленных решений формирования траекторий перемещения.

Обобщенно задачу любого промышленного робота можно представить в виде перемещения по необходимой траектории некоторого инструмента, установленного на фланце робота. В промышленности роботы – не единственное оборудование, осуществляющее перемещение инструмента по траектории. Наиболее распространенным примером такого оборудования являются станки с числовым программным управлением (ЧПУ) [3].

Станки с ЧПУ на сегодня используются практически на каждом предприятии. К списку технологий, реализуемых с применением станков с ЧПУ, относятся: механическая обработка, лазерный раскрой, аддитивные технологии (3D-печать) и т.д. Технология использования станков с ЧПУ давно отработана, сами станки выпускаются огромным количеством компаний по всему миру. Не смотря на еще большее разнообразие фирм-изготовителей станков с ЧПУ, в процессе их развития был сформирован универсальный язык машинный язык программирования G-Code [3].

Команды языка G-Code представляют собой команды перемещения, в которых задаются координаты точек, к которым должен переместиться инструмент. Кроме того, в структуре языка G-Code предусмотрен ряд кодов для выполнения вспомогательных действий (включение/выключение шпинделя при механообработке, смена инструмента и т.д.).

История языка G-Code насчитывает уже порядка 40 лет, но не смотря на это, основная структура языка осталась неизменна и одинакова у всех производителей оборудования. Это позволяет использовать оборудование различных производителей без дополнительной дорогостоящей переподготовки персонала. Не смотря на различия в кинематических схемах и особенностях технологического применения роботов и станков с ЧПУ, логич-

но для программирования перемещений робота применить уже готовую универсальную структуру – язык G-code, так как на большинстве промышленных предприятий

2. Анализ программного обеспечения для реализации управления роботом с применением G-кодов.

Рассмотрим как осуществляется взаимодействие кода управляющей программы робота с его механикой при перемещении. Упрощенно схему взаимодействия можно представить в виде рисунка 1. На рисунке 1 в под сокращением «СК» имеется ввиду система соответствующая координат.

Как видно из рисунка, механическая часть робота не требует модификации в случае применения языка задания траектории, отличного от языка программирования данного робота. Вся специфика языка программирования сказывается в основном на двух блоках – управляющей программе и интерпретаторе команд. Это позволяет сделать вывод о том, что для использования другого языка программирования (например, G-code) необходимо использовать дополнительные программные средства, либо замещающие интерпретатор команд, либо работающие последовательно со штатным интерпретатором и осуществляющие преобразование из G-code в язык программирования робота.

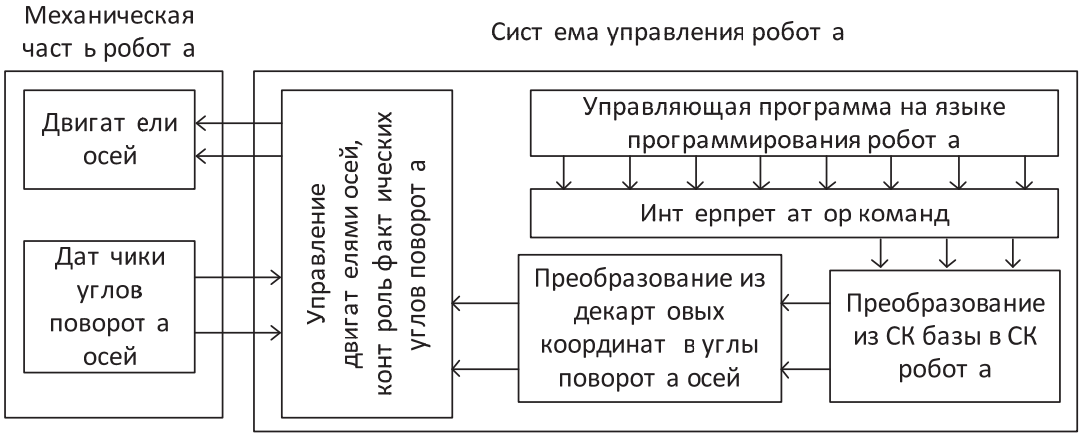


Рисунок 1 – Схематичное изображение взаимодействия кода управляющей программы робота с его механикой при перемещении

В качестве примера рассмотрим готовый программный пакет KUKA.CNC для управления промышленными роботами KUKA. Основная функция пакета – интерпретация команд скрипта на языке G-code в обход стандартной среды программирования робота [4]. К особенностям функционирования пакета стоит отнести то, что в отличие от интерпретатора KRL, используется ограниченный набор систем координат (не используются глобальные координаты). Также, в связи с различием кинематики станков с ЧПУ, под которые изначально предназначался G-code, и робота, сглаживание траекторий и коррекция фактического положения инструмента работают отличным образом от языка KRL.

Кроме того, для реализации операций смены инструмента и сглаживания подходов/отходов при обработке, предусмотрена возможность использования фрагментов кода на языке KRL. Последовательность передачи управления в таком случае показана на рисунке 2.

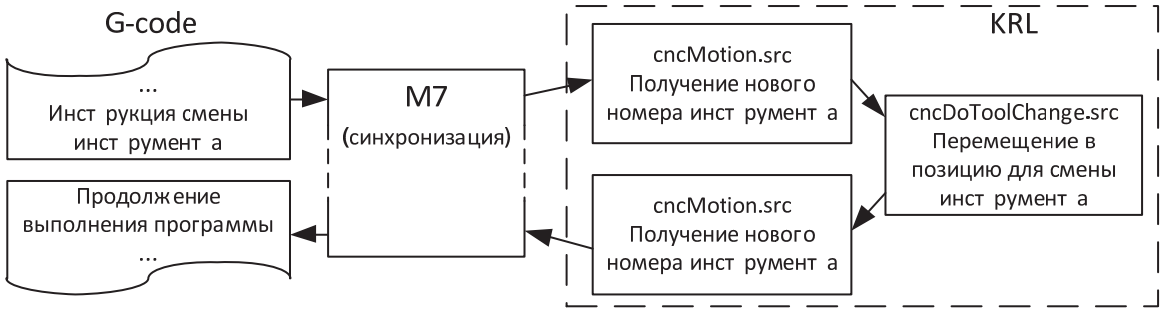


Рисунок 2 – Передача управления при использовании фрагментов языка KRL

В силу особенностей обработки команд, рекомендуется использовать G-Code в операциях с незначительной силой сопротивления (гидроабразивная резка, лазерная обработка, фрезерование мягких материалов и т.д.), либо в операциях со значительным сопротивлением, но низкой точностью (например, предварительная черновая обработка металлов).

Заключение.

В рамках данной статьи была обоснована необходимость применения некоторого единого языка программирования промышленных роботов-манипуляторов. Проведен анализ существующих средств программирования сходного промышленного оборудования. В ходе анализа было выявлено, что наиболее распространенным языком является язык G-code. Было рассмотрено применение программного пакета-интерпретатора для роботов компании KUKA.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Rob Smith (2018) South Korea has the highest density of robot workers in the world // Портал «medium.com» (https://www.weforum.org/agenda/2018/04/countries-with-most-robot-workers-per-human/) Просмотрено:20.04.2020.

2 Кто делает промышленных роботов — мировые и отечественные производители(2017) // Портал «robogeek.ru» (http://www.robogeek.ru/promyshlennye-roboty/kto-delaet-promyshlennyh-robotov-mirovye-i-otechestvennye-proizvoditeli) Просмотрено:20.04.2020.

3 Пайвин А.С., Чикова О.А. Основы программирования станков с ЧПУ [Текст]: Учебное пособие «Основы программирования станков с ЧПУ» для студентов направления подготовки: Технология и предпринимательство / Урал. гос. пед. ун-т. – Екатеринбург, 2015. – 102с.

4 KUKA.CNC 2.1 For KUKA System Software 8.3 //KUKA Roboter GmbH –Германия, 2013. - 75с.

УДК 628.94
Марущенко Денис Сергеевич, магистрант; Marushchenko Denis Sergeevich
Коваленко Андрей Александрович, магистрант;
Kovalenko Andrey Alexandrovich
Ульянов Александр Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Ulianov Alexandr Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ PLC-МЕТОК

DEVELOPMENT OF A LED LIGHTING CONTROL SYSTEM MODEL THROUGH POWER LINE COMMUNICATION MARKERS

Аннотация. Данная статья посвящена разработке модели системы светодиодного освещения, управляемой посредством линии электропитания. Разработана модель сети электропитания в пакете MATLAB с, подключенной к ней нагрузкой, в виде конденсаторного блока питания светодиодной лампы, с возможностью диммирования канала. Также найдена передаточная функция системы, снижение максимального амплитудного значения напряжения сетевой линии, а также найден угол сдвига фаз между током и напряжением.
Abstract. This article is devoted to the development of a LED lighting system that is controlled by power line. Developed a model of a power line circuit in the MATLAB package, with capacitor based dimming load connected to it. Also, a transfer function, maximum amplitude decreases and phase shift between current and voltage are calculated.
Ключевые слова: светодиодное освещение, PLC, диммирование, MATLAB.
Keyworlds: LED lighting system, PLC, dimming, MATLAB.

В настоящее время, разработка любого устройства не проводится без тщательной предварительной подготовки. В неё может входить как тестирование устройства виртуально, посредством различных программ, так и физически, на макетных платах, но второй способ весьма плох, так как для него необходимы большие временные и материальные ресурсы, в то время как для первого способа необходим лишь компьютер и набор программ. Таким образом , перед тем как создавать устройство, его необходимо тщательно протестировать, чтобы найти все возможные отклонения от норм ГОСТ, а также, чтобы выявить расчетные ошибки в схеме, перед тем как отправлять её на печать. Особенно это важно в проектировании систем освещения, так как в свою очередь, они должны работать безотказно и надежно, к тому же, к таким системам, установленных на предприятиях и заводах, применяются повышенные требования качества и функциональности. Модель одной из таких систем освещения и будет рассмотрена в данной статье.

Рассмотрим схему замещения линии электропередач с подключенной к ней нагрузкой в виде LED-лампы изображенную на рисунке 1 [1].

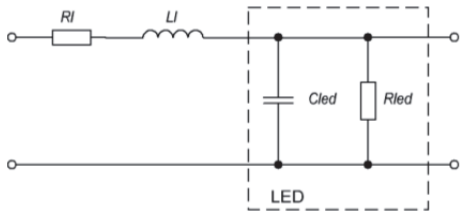


Рисунок 1 – Схема замещения ЛЭП с подключенной нагрузкой

Номиналы Rl и Ll представляют собой сопротивление и индуктивность провода ЛЭП и зависят непосредственно от параметров самого провода. Величины Cled и Rled представляют собой входную ёмкость источника питания, и активное сопротивление самой лампы соответственно. Так как коэффициент передачи данной схемы зависит напрямую от количества нагрузочных элементов, то соответственно передаточный коэффициент данной системы будет находиться как отношение модуля комплексного сопротивления лампы к модулю комплексного сопротивлению данной цепи. Таким образом, получим следующую формулу:

$$K(j\omega) = \left|\frac{R_{led}}{2R_l + 2R_l * j\omega R_{led}C_{led} + 2j\omega L_l + 2j\omega L_l * j\omega R_{led}C_{led} + R_{led}}\right|^N \quad (1)$$

Для получения коэффициента передачи системы, необходимо, функцию 1 возвести в степень N, где N – количество светильников, установленных на линии.

Отсюда K(jω) при N = 255, $R_l = 573 * 10^{-3}$ Ом, $R_{led} = 321{,}6$ Ом, $C_{led} = 3{,}252 * 10^{-6}$ Ф, $L_l = 3{,}92 * 10^{-6}$ Гн, $\omega = 314{,}15$ рад/с будет равен:

$$K(j\omega) = 0{,}991587$$

Теперь найдем угол сдвига фаз между током и напряжением данной цепи. Для того, чтобы это сделать необходимо найти комплексное сопротивление схемы на рисунке 1. Таким образом, получим:

$$\bar{Z} = 2R_l + 2j\omega L_l + \frac{R_{led} * \frac{-j}{\omega C_{led}}}{R_{led} + \frac{-j}{\omega C_{led}}} \quad (2)$$

Подставив в формулу известные величины рассчитаем комплексное сопротивление цепи:

$$\bar{Z} = 290{,}289244 - 95{,}407228j$$

Угол сдвига фаз находится как арктангенс отношения мнимой части комплексного сопротивления к действительной, зная это, получаем:

$$\varphi = -arctg\left(\frac{95{,}407228}{290{,}289244}\right) = -0{,}317541 \text{ рад}$$

Произведём моделирование функций 1 и 2 в программе MATLAB и получим ожидаемые графики тока и напряжения, показанные на рисунке 2.

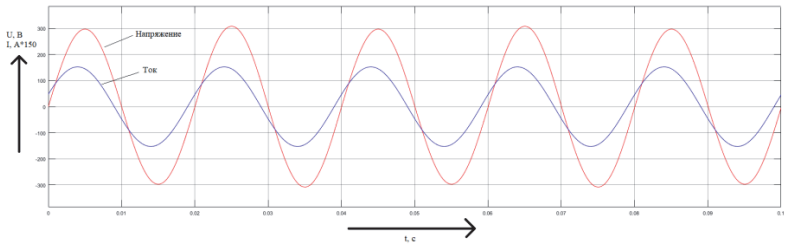


Рисунок 2 – Графики тока и напряжений схемы при N = 255

Как видно по графику, амплитуды напряжений системы снизились на коэффициент, найденный по формуле 1 и составляют $U_{метки}$ = 297,5 В при $U_{метки}^{max}$ = 300 В, а $U_{линии}$ = 308,5 В при $U_{линии}^{max}$ = 311 В. Также исходя из графика можно сделать вывод, что ток опережает напряжение, именно на тот угол который был найден по формуле выше, следовательно схема была построена правильно, и все нормы моделирования были выдержаны.

По результатам моделирования, можно сделать вывод, что при изменении количества управляемых сетью элементов, качество данной сети, практически не ухудшается и находится в пределах допустимых значений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Копытов С.М., Ульянов А.В., Шибеко Р.В. Коммутатор сетевого напряжения для управления светодиодными осветительными приборами с помощью низкочастотной PLC-технологии // Вестник Иркутского государственного технического университета – 2018. – Т. 22. - №9. – С. 152 – 161.

УДК 681.5.01

Мельниченко Маркел Андреевич, студент; Melnichenko Markel Andreevich
Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент;
Gorkaviy Aleksandr Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ АСТАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

SYNTISIS OF AN OPTIMAL ASTATIC SYSTEM

Аннотация. В статье рассмотрена система электропривода с оптимальным ПИ-регулятором с тройным интегрированием, приведён расчет этой системы и результаты моделирования в среде MathLab. Анализ переходных процессов показал, что система обладает высокими показателями качества функционирования как в динамических, так и в статических режимах работы по задающему и возмущающим воздействиям.

Abstract. The article deals with the system of the electric drive with the optimal PI - regulator with triple integration is considered, the calculation of this system

and the results of modeling with the MathLab programming are given. The analysis of transient processes has shown that the system has high performance indicators in both dynamic and static modes of operation according to the driving and disturbing influences.
Ключевые слова: точность, оптимальный регулятор, ПИ-регулятор, динамический режим, астатическая система.
Keywords: accuracy, optimal regulator, PI-regulator, dynamic mode, astatic system.

Расчет предлагаемой системы производился методами пространства состояний с применением принципов оптимального управления [1,2]. На рисунке 1 представлена структурная схема системы электропривода ТП-Д с двигателем 4ПО80А2 мощностью 370 Вт с предложенным оптимальным ПИ-регулятором с тройным интегрированием

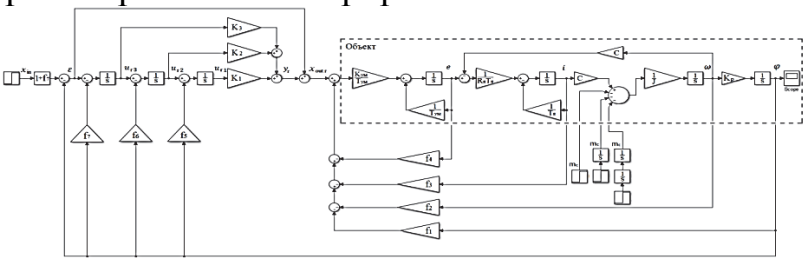


Рисунок 1 – Структурная схема электропривода с оптимальным ПИ-регулятором с тройным интегрированием

Векторно-матричное описание объекта:

$$x_{\text{о}}(t) = \begin{bmatrix} \varphi(t) \\ \omega(t) \\ i(t) \\ e(t) \end{bmatrix}; \qquad A_{\text{о}} = \begin{bmatrix} 0 & k_{\text{р}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{C}{J_{\Sigma}} & 0 \\ 0 & \frac{-C}{R_{\text{я}}T_{\text{я}}} & \frac{-1}{T_{\text{я}}} & \frac{1}{R_{\text{я}}T_{\text{я}}} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{-1}{T_{\text{ум}}} \end{bmatrix};$$

$$B_{u\text{о}} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{k_{\text{ум}}}{T_{\text{ум}}} \end{bmatrix}; \qquad B_{m\text{о}} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{1}{J_{\Sigma}} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; \qquad C_{\text{о}} = [1 \quad 0 \quad 0 \quad 0], \qquad (1)$$

где $C = 1.13$; $R_{\text{я}} = 18.8$ Ом; $T_{\text{я}} = 0.02$ с; $k_{\text{ум}} = 100$; $T_{\text{ум}} = 0.00125$ с; $J_{\Sigma} = 0.001$ кг $\cdot$ м^2; $k_{\text{р}} = 0.013$.

Для построения системы с оптимальным ПИ-регулятором с тройным интегрированием использовался следующий функционал качества:

$$J = \frac{1}{2} \cdot \int_0^{\infty} [q_1 \cdot \varphi(t)^2 + q_2 \cdot \omega(t)^2 + q_3 \cdot i(t)^2 + q_4 \cdot e(t)^2 + \rho \cdot X_{\text{вх}}(t)^2]\, dt \quad (2)$$

Критерий качества (в общем виде) матрицы Q и R – положительно определенные симметричные матрицы.

В соответствии с принципами оптимального управления для исследуемого объекта матрица Q имеет вид:

$$Q = \begin{bmatrix} q_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & q_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & q_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & q_4 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где q_1, q_2, q_3, q_4 – весовые коэффициенты, показывающие вес координаты в функционале качества.

Определяем матрицу R:

$$X_{\text{вх}}^T(t) \cdot R \cdot X_{\text{вх}}(t) = \rho \cdot X_{\text{вх}}(t) \cdot X_{\text{вх}}^T(t) = \rho \cdot X_{\text{вх}}(t)^2, => R = \rho. \quad (4)$$

Для получения системы с желаемыми характеристиками были выбраны следующие значения весовых коэффициентов и ρ:

$q_1 = 10^6; q_2 = 0.1; q_3 = 0.1;\ q_4 = 1; \rho = 1.$

Запишем уравнение Риккати:

$$-K \cdot A - A^T \cdot K + K \cdot B \cdot R^{-1} \cdot B^T \cdot K - Q = 0. \quad (5)$$

В результате решения уравнения Риккати, определяем в численном виде матрицу K:

$$K = \begin{bmatrix} 104596.8 & 21.28 & 376.08 & 0.0125 \\ 21.28 & 0.006 & 0.99 & 0.000003 \\ 376.08 & 0.99 & 1.97 & 0.000065 \\ 0.0125 & 0.000003 & 0.000065 & 0.0000124 \end{bmatrix}.$$

Находим матрицу коэффициентов F оптимального регулятора:

$$F = R^{-1} \cdot B^T \cdot K, \quad (6)$$

$$F = [1000 \quad 0.264 \quad 5.247 \quad 0.99].$$

Характеристическая матрица:

$$(pI - A - B_u F) = \begin{bmatrix} p & -0.013 & 0 & 0 \\ 0 & p & -1130 & 0 \\ 0 & 3.005 & p + 50 & -2.659 \\ 80000000 & 21149.63 & 419730.57 & p + 80017.95 \end{bmatrix}$$

Определитель характеристической матрицы:

$$\det(pI - A - B_u F) = p^4 + 80067.95 \cdot p^3 + 5120598.31 \cdot p^2 + 335303213.24 \cdot p + 3205673758.86.$$

Полученная стандартная форма, согласно которой происходит настройка системы:

$$(p + 10)^3 \cdot (p^4 + 80067.95 \cdot p^3 + 5120598.31 \cdot p^2 + 335303213.24 \cdot p + 3205673758.86) =$$
$$= p^7 + 80097.95 \cdot p^6 + 7522936.87 \cdot p^5 + 512942548.17 \cdot p^4 + 14881017601.74 \cdot p^3 + 201881775050.44 \cdot p^2 + 1297005340897.22 \cdot p + 3205673758865.25$$

Приравниваем числитель характеристического полинома к полученной стандартной форме седьмого порядка и определяем матрицу F системы:

$$F = [4641.09 \quad 1.002 \quad 16.53 \quad 0.99 \quad 1.6 \quad 104.6 \quad 999\ ]$$

На рисунке 2 показана реакция системы на задающее ступенчатое воздействие и последующие возмущающие воздействия

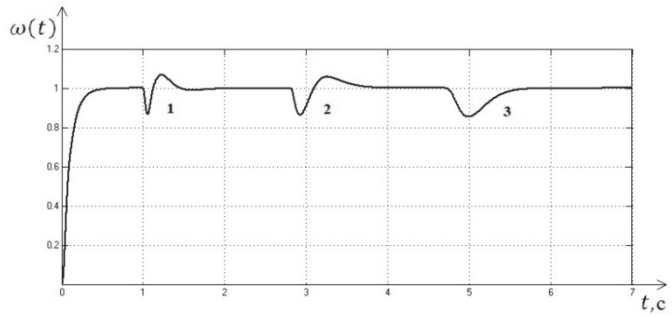


Рисунок 2 - Реакция системы на ступенчатое (1), линейно-нарастающее (2) и параболическое (3) возмущающие воздействия

Из полученных графиков видно, что при введении тройного интегрирования реакция системы на задающее воздействие аналогична реакции системы без тройного интегрирования. При этом статическая ошибка по возмущению отсутствует при подаче ступенчатого, линейно-нарастающего и параболического возмущающих воздействий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Горькавый, А. И. Математические основы элементов, систем и процессов управления/ А. И. Горькавый, М. А. Горькавый – Учебное пособие, 2016

2 Рачков, М. Ю. Оптимальное управление в технических системах/ М. Ю. Рачков – Учебное пособие для бакалавриата и магистратуры, 2019

УДК 668.63 (07)

Мирзоев Бобур Носирович, студент; Mirzoev Bobur Nosirovich
Суздорф Виктор Иванович, кандидат технический наук, профессор;
Susdorf Viktor Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ СТАБИЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ

RESEARCH OF THE AUTONOMOUS SOURCE OF VOLTAGE OF STABLE FREQUENCY

Аннотация. В работе рассматривается амплитуда выходного напряжения в автономных системах и стабильная частота. Работа при переменных частотах вращения первичного двигателя. Исследовано новое техническое решение автономного источника напряжения стабильной частоты.

Abstract. The paper considers the amplitude of the output voltage in autonomous systems and a stable frequency. Operation at variable speeds of the prime mover. A new technical solution of an autonomous voltage source of stable frequency is investigated.

Ключевые слова: стабильная частота, амплитуда выходного напряжения, первичный двигатель, генератор для автономного систем электроснабжения.

Keywords: stable frequency, output voltage amplitude, primary motor, generator for autonomous power supply systems.

Целю исследований в данной работе является стабильная частота, и нагрузка подключена к электромашинному генератору через полупроводниковый преобразователь частоты. В качестве преобразователя стоит использовать преобразователь частоты с естественной связью, собранный по трехфазной мостовой схеме. Этот связка определяют нелинейное кольцо, предоставляющий важное влияние на электромагнитные процессы в машинно-вентильном источнике.

Свойственным признаком, который определяет размер тех или иных режимов является угол коммутации γ силовых тиристоров непосредственной преобразователь частоты (НПЧ).

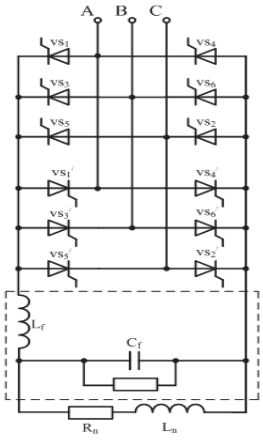
Для трехфазной мостовой схемы справедлива зависимость.

$$\gamma = arccos(cos(\alpha) - 2X_k \left| \frac{i_н}{U_L} \right|) - \alpha,$$

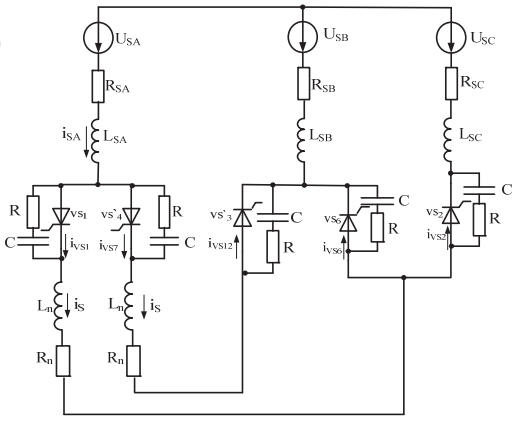
где $i_н$ -моментальное значение фазного тока нагрузки; U_L - линейное напряжение генератора; X_k -коммутационное сопротивление фазы генератора; α - угол управления вентилями преобразователя.

Принципиальная и расчетная схема трехфазного генератора, работающего на непосредственной преобразователь частоты (НПЧ) с однофазным выходом, подобранного по мостовой схеме, приведена на рис. 1.

а)



б)



а) принципиальная схема; б) расчетная схема

Рисунок 1 – Непосредственный преобразователь частоты

При записи уравнений учитывались обычные при анализе таких систем допущения:

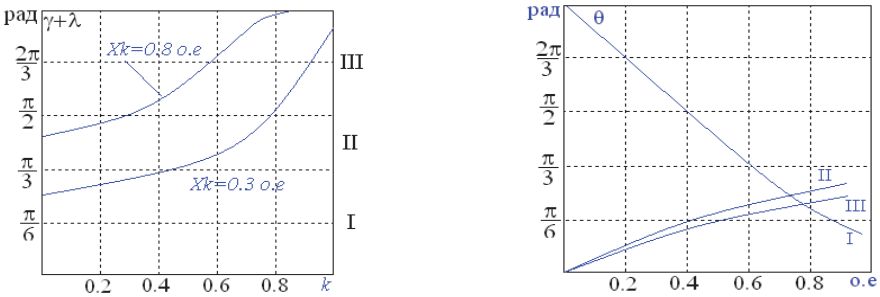
— вентили представлены в виде RL-цепей с экспоненциальным преобразованием их проводимости согласно паспортным данным на время включения отключения тиристоров с учетом шунтирующей RC-цепи;

— динамические параметры (время включения, амплитуда обратного тока) вентилей одинаковые для всех тиристоров схемы.

На рис. 2 показаны итоги расчета продолжительности интервалов синхронной проводимости вентилей на промежутке обходящий модулированного напряжения генератора при изменении коммутационного сопротивления и $k=1, cos(\varphi_н) = 0.8$. Тем не менее, включение емкости в цепь ге-

нератора может улучшить работу вентильного преобразователя только в нешироком диапазоне изменения частоты вращения вала генератора, т.к. при изменение частоты вращения нарушается условие равенства реактивных сопротивлений $X_c = X_k$

Исследование показало, что при помощи выбора соответствующих значений глубины модуляции напряжения генератора дозволяется устранить глубокие режимы работы непосредственной преобразователь частоты (НПЧ).



I – двух трехвентильный; II – трех-трехвентильный;
III – трех-четырех вентильный

Рисунок 2 – Зависимость угла $\gamma + \lambda$ от глубины модуляции,
и длительность режимов работы при $k=1$, $cos(\varphi_н) = 0.8$

В течение одного полупериода изменения тока нагрузки имеют место разные режимы работы преобразователя. Величина перехода преобразователя из одного режима в другой важной степени зависит от глубины модуляции и коммутационного сопротивления генератора. При малых значениях глубины модуляции и коммутационного сопротивления преобладает двух-трехвентильный режим работы непосредственной преобразователь частоты (НПЧ).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Dementyev Yu.N., Glazachev A.V., Negodin K.N., Susdorf V.I., Vajda I. Stabilization of Electrical Parameters of Machine-Converter Voltage Source. EAI Endorsed Transactions on Energy Web and Information Technologies. – 2018 Vol. 5, iss. 16. – [e1, 9 p.] DOI: 10.4108/eai.30-1-2018.153813

2 Glazachev, A.V., Obraztsov, K.V., Umurzakova, A.D., Susdorf, V.I., Halasz, S.Machine-converter voltage source for autonomous systems of distributed power supply. EAI Endorsed Transactions on Energy Web and Information Technologies. – 2018 Vol. 5, iss. 19. – [e1, 6 p.] DOI: 10.4108/eai.10-7-2018.154980

3 А.С. 969948 (СССР). Безредукторный ветроагрегатор. Копылов И.П., Лядова Т.В. Опубл. в Б.И., 1982, №40.

4 Kuzmin V.M., Suzdorf V.I. Mathematical model of self-contained source with electric-machine forming of output voltage curve. Scientific notes of Komsomolsk-na-Amure State University. 2011, Vol. 1, № 5, 23-28 pp.

УДК 621.311.6, 621.314
Ненюк Вероника Владиславовна, студентка;
Nenyuk Veronika Vladislavovna
Марущенко Сергей Григорьевич, канд. тех. наук, доцент;
Marushchenko Sergey Grigorevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПИКОВОЙ НАГРУЗКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ

DEVELOPMENT OF ELECTRONIC DEVICE FOR REDUCING ELECTRICAL NETWORK PEAK LOAD

Аннотация. Данная статья посвящена разработке электронного устройства для снижения пиковой нагрузки на электрическую сеть. В статье рассматривается метод снижения нагрузки на сеть с помощью накопителя электроэнергии. Описаны основные функции и возможности разрабатываемого устройства и представлена его структурная схема.
Abstract. This article is devoted to the development of system, which is designed for reducing electrical network peak load. The article considers a method of reducing the load on the network with the use of electric energy storage. Main functions and capabilities of required device are described, and it`s structural scheme is presented.
Ключевые слова: пиковая нагрузка, регулирование спроса, накопление электроэнергии, преобразование электроэнергии.
Keywords: peak load, demand-side management, electrical power accumulation, electrical power conversion.

В настоящее время для энергетики актуальна проблема покрытия ежедневных пиковых нагрузок на электроэнергетические системы.

Пиковые нагрузки, возникающие в течение дня, можно разделить на:

- утренние, возникающие при открытии предприятий и включении промышленного оборудования, а также при включении электрооборудования на кухне, когда люди собираются на работу/учебу;

- вечерние, возникающие, когда люди массово возвращаются в свои дома готовить ужин, смотреть телевизор, стирать вещи и так далее.

Электрогенерирующие компании стараются оптимизировать работу сети не только покупкой нового более мощного оборудования, но и за счет управления электропотреблением со стороны потребителя (demand-side management).

К методам управления энергопотреблением со стороны потребителя относятся в основном регулирование спроса, нацеленное на сокращение, сглаживание или смещение графика потребления электроэнергии [1], динамическое включение и выключение нагрузок для сглаживания пиков по-

требления электроэнергии и внедрение распределенного производства и хранения электроэнергии, например, сетевых устройств для хранения и накопления электроэнергии [2].

Предлагаемое устройство для снижения пиковой нагрузки на электрическую сеть призвано смещать и сглаживать график нагрузки на сеть.

Ночью устройство будет накапливать электроэнергию и пропускать напряжение сети на подключенные устройства. Днем потребители будут использовать энергию из накопителя, отключившись от сети.

Таким образом, график нагрузки сместится в ночное время, дневная пиковая нагрузка снизится.

Возможными положительными эффектами от использования данного устройства будут также:

1) повышение качества электроэнергии и надежности энергосистемы (устройство будет в случае необходимости стабилизировать амплитуду, форму и частоту напряжения);

2) возможность использовать резервное бесперебойное электроснабжение для особо важных потребителей;

3) экономия за счет накопления электроэнергии в период ее низкой стоимости (например, во время ночного тарифа) и выдача в период высокой стоимости (во время дневного тарифа);

4) возможность накопления электроэнергии, полученной из возобновляемых источников энергии (например, с ветряной или солнечной электростанции).

В качестве накопителей электроэнергии в разрабатываемом устройстве будут использоваться электрохимические аккумуляторы, так как они компактны, мобильны (можно разместить в квартире), имеют довольно большое время разряда и просты в обслуживании (зачастую оно не требуется). У них достаточно быстрый отклик на возмущения различного характера: колебания частоты, активной и реактивной мощности [3, 4].

Структурная схема устройства представлена на рисунке 1.

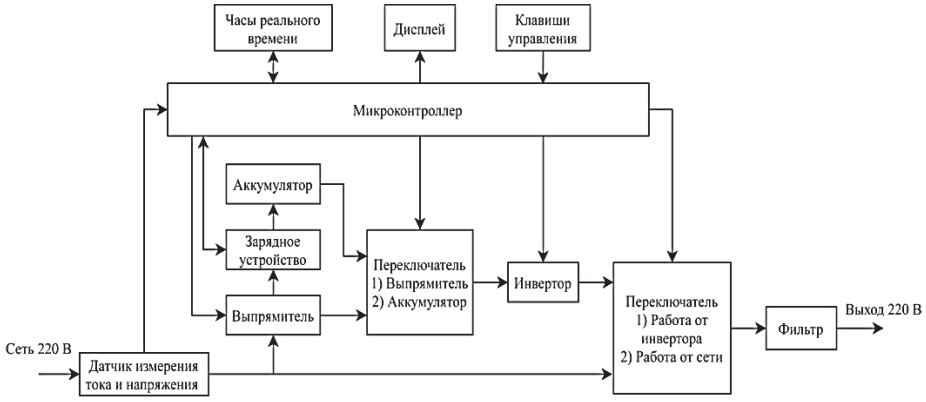


Рисунок 1 – Структурная схема

Принцип работы устройства следующий: во время отсутствия пиковой нагрузки, например, ночью (временной промежуток устанавливается

пользователем) напряжение сети проходит напрямую к выходу через фильтр. Одновременно с этим через выпрямитель заряжается аккумулятор.

В дневное время устройство переходит на режим работы от аккумулятора. Напряжение постоянного тока аккумулятора преобразуется в переменное с помощью инвертора.

В случае слишком сильного провала напряжения сети в ночное время устройство также переключится на питание от аккумулятора для бесперебойной работы подключенных к нему потребителей.

Если качество электроэнергии низкое (частые скачки и провалы, нестабильная частота, помехи и т.д.), то устройство будет работать в режиме двойного преобразования – напряжение сети будет проходить через выпрямитель и затем преобразовываться инвертором. Это позволит стабилизировать напряжение на выходе устройства.

Зарядное устройство позволит контролировать процесс зарядки в зависимости от типа и количества аккумуляторов.

Клавиши управления нужны для выбора режима работы и настройки устройства.

На дисплее показываются текущий режим работы, уровень заряда аккумуляторов, напряжения и тока в сети, меню для настройки и т.д.

Часы реального времени позволяют соблюдать время переключения режимов работы с высокой точностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Степанов, В.С. Управление электропотреблением путем деформации графиков нагрузки потребителей / В.С. Степанов, К.В. Суслов, Е.В. Козлова // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – № 9. – С. 231-235.

2. Atzeni, I. Demand-Side Management via Distributed Energy Generation and Storage Optimization / I. Atzeni, L.G. Ordóñez, G. Scutari, D.P. Palomar, J.R. Fonollosa // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2012. – № 2. – С. 866-876.

3. Куликов, Ю.А. Накопители электроэнергии - эффективный инструмент управления режимами электроэнергетических систем [Электронный ресурс] / Ю.А. Куликов. – 7 с. // FondSmena.ru: фонд образовательных проектов «Надёжная смена». URL: http://www.fondsmena.ru/media/EGM_publicationfiles_Article/Куликов_ЮА.pdf (дата обращения 12.11.2019).

4. Жук, А.З. Сравнительный анализ технологий для покрытия пиковых нагрузок в энергосистеме / А.З. Жук, Ю.А. Зейгарник, Е.А. Бузоверов, А.Е. Шейндлин, Ю.Н. Кучеров // Электрические станции. – 2015. – № 4. – С. 20-28.

УДК 621.314
Ниматов Рустам Рамазонович, аспирант; Nimatov Rustam Ramazonovich
Климаш Владимир Степанович, доктор технических наук, профессор;
Klimash Vladimir Stepanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ДИОДНО–РЕАКТОРНЫЙ ПУСКАТЕЛЬ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОМАТОРОВ

DEVELOPMENT OF A DIODE–REACTOR STARTER FOR SWITCHING POWER TRANSFOMATIC SUBSTATIONS

Аннотация. Предложено устройство с диодно–реакторным пускателем и шунтирующим контактором для силовой трансформаторной подстанции. Устройство ограничивает пусковые токи, просадку напряжения и ударные электродинамические усилия, действующие на обмотки трансформатора. Кроме этого, устройство производит плавное симметричное включение силового трансформатора с завершением процесса нарастания фазных токов и напряжений на его вторичной обмотке до установившихся значений за несколько периодов сетевого напряжения.
Abstract. A device with a diode–reactor starter and a shunt contactor for a power transformer substation is proposed. The device limits inrush currents, voltage sag and shock electrodynamic forces acting on the transformer windings. In addition, the device produces a smooth symmetrical inclusion of the power transformer with the completion of the process of increasing phase currents and voltages on its secondary winding to steady–state values over several periods of mains voltage.
Ключевые слова: диодно–реакторный пускатель, силовой трансформатор, в среде Matlab.
Keywords: diode–reactor starter, power transformer, Matlab medium.

Введение. Существующие трансформаторные подстанции не оснащаются устройствами силовой электроники. Для включения силового трансформатора в настоящее время используются различные типы выключатели (воздушные, вакуумные, элегазовые и др.) [2]. Они производят включение в произвольный момент времени с одновременным замыканием во всех фазах механических контактов выключателя. Это создает броски пусковых токов, просадку напряжения и дополнительные потери у электрооборудования и в сети.

Реализация нового способа включение СТ обеспечивает снижение электродинамического усилия в обмотках трансформатора, а также понижает пусковой ток во всех фазах до их установившихся значений и без просадок напряжения в сети. Применение электронно–электрических аппаратов [1] позволяет объединить их достоинства и устранить недостатки.

Устройство для включения силовых трансформаторов. Для устранения вышеуказанных недостатков предлагается техническое решение, которое поясняется нижеследующим описанием и прилагаемым к нему чертежом, где на рис.1 приведена схема устройства для включения силового трансформатора. Схема содержит: 1 – трехфазная сеть; 2 RL – нагрузка трансформаторной подстанции; 3 – сетевой автоматический выключатель; 4 – силовой трансформатор; 5 – электронная часть гибридного пускателя; 6 – электромеханическая часть гибридного пускателя.

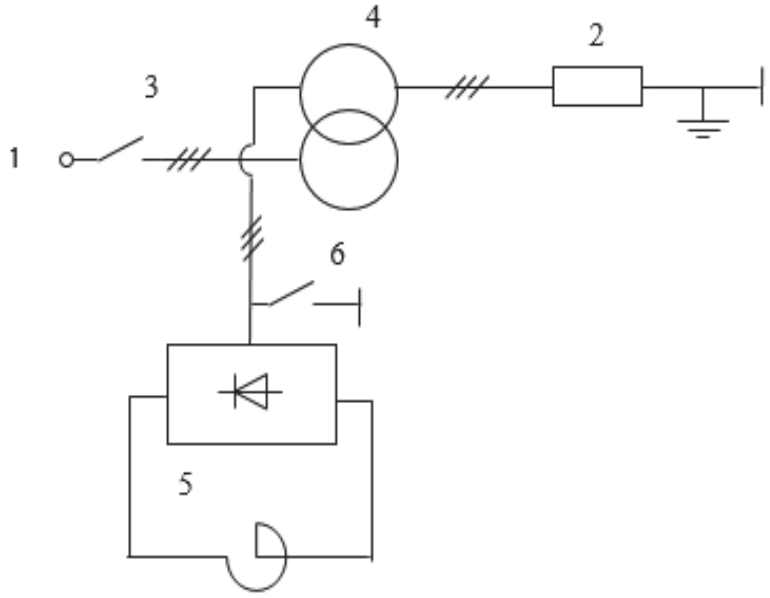


Рисунок 1 – Функциональная схема устройства для включения силового трансформатора

Принцип работы (см. рисунок 1) при включении автоматического включателя 3 вторичная обмотка силового трансформатора 4 подключаются к трехфазной сети 1 через трехфазный мостовой диодный выпрямитель 5 с реактором в цепи постоянного тока. В соответствии с законами коммутации ток через реактор нарастает плавно и в месте с ним плавно изменяет ток и напряжение во вторичной обмотке силового трансформатора.

Результаты исследования. Численными экспериментами в среде MatLab показано, что за счет естественных коммутационных свойств диодов устройство производит плавное симметричное включение силового трансформатора с завершением процесса нарастания фазных токов и напряжений на его вторичной обмотке до установившихся значений за несколько периодов сетевого напряжения. Интенсивность процесса пуска силового трансформатора задается индуктивностью реактора.

На рисунке 2 приведены осциллограммы токов и напряжений в относительных единицах, полученных на математической модели в среде MatLab, при включении СТ подстанции с диодно–реакторным пускателем.

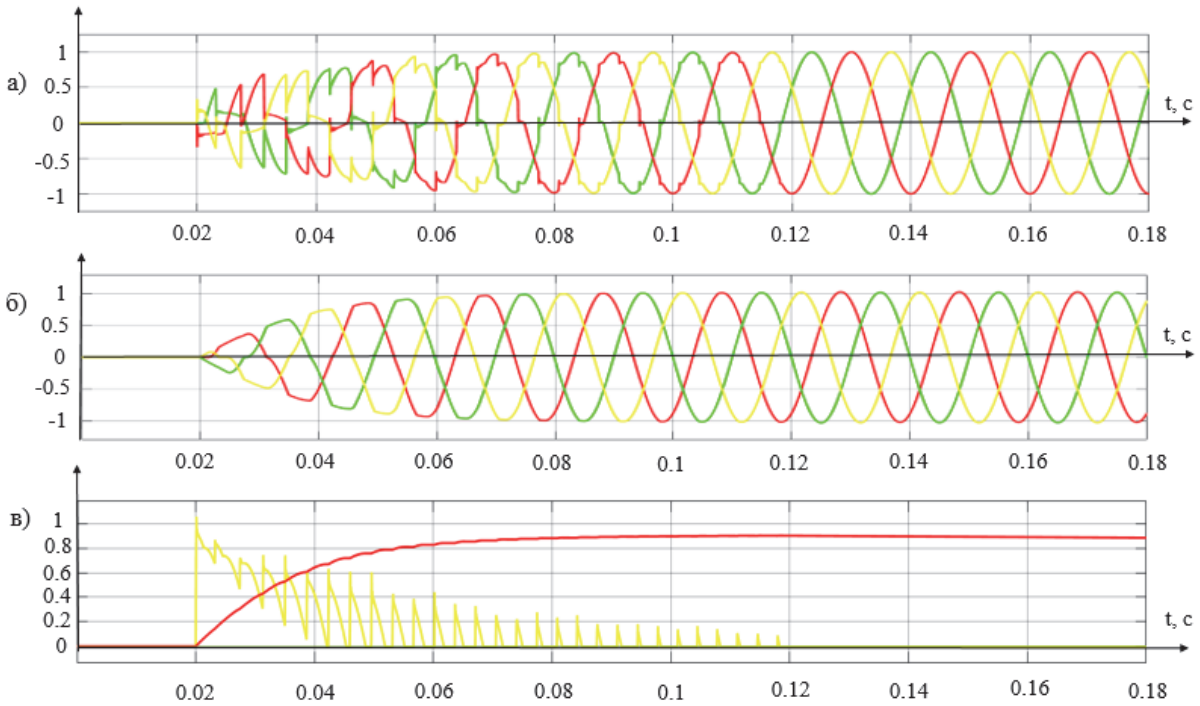


Рисунок 2 – Осциллограммы напряжений (а) и токов (б) на выходе диодного выпрямителя и в цепи выпрямленного тока с реактором (в)

Заключение. Таким образом, устройство для включения трехфазного силового трансформатора можно охарактеризовать как гибридный электронно–электрический аппарат, который на начальной стадии со сравнительно высоким быстродействием формирует процесс мягкого включения силового трансформатора.

Новый способ включения СТ при помощи гибридных электронно–электрических аппаратов существенно повысит электродинамическую стойкость электрооборудования, его срок службы, улучшит качество электроэнергии в линиях электропередач, а также снизит электрические и магнитные потери в энергосистеме.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Патент № 2 715 047 РФ, МПК H02M 1/16, Устройство для включения силового трансформатора// Климаш В. С., Ниматов Р.Р.(Россия), заяв: 30.10.2019 опубл. 26.02.2020 Бюл. № 6.

2. Патент № 2536304 РФ, МПК B60M 3/00, H02P13/06, Способ включения трансформатора подстанции// Климаш В. С., Тараканов В. И. (Россия), Бюл. № 35, 2014 г

3.Кукеков, Г.А. Полупроводниковые электрические аппараты: учеб. Пособие для вузов / Г.А. Кукеков, К.Н. Васерина, В.П. Лунин. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд–е, 1991. – 256 с.

УДК 621.314.5
Осипов Александр Николаевич, студент; Osipov Aleksandr Nikolaevich
Васильченко Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Vasilchenko Sergey Aleksandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОДИН ИЗ СПОСОБОВ УЛУЧШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

ONE OF WAYS TO IMPROVE ENERGEFFICIENCY OF PRODUCTION SYSTEMSPOWER SUPPLIES

Аннотация. В работе показано снижение потребляемой из сети реактивной мощности нагрузками постоянного тока путем использования двухмостового выпрямителя с согласно-встречным регулированием выпрямленного напряжения.
Abstract. The work shows a decrease in power consumption in a network with a direct current due to counter-adjustable rectified voltage.
Ключевые слова: коэффициент мощности, электропривод, тиристорный преобразователь.
Keywords: power factor, electric drive, thyristor converter.

Энергетическая эффективность производственных систем электроснабжения в первую очередь определяется величиной потерь электрической мощности в элементах этих систем – в проводниках электрических сетей и трансформаторном электрооборудовании, пропорциональной квадрату полного действующего тока, протекающего по проводникам сети. Уменьшение этого тока интенсивно снижает потери мощности и соответственно потери электрической энергии в системах электроснабжения.

Основные потребители электрической энергии в производственных электрических сетях это электрические приводы, в том числе и мощные регулируемые электроприводы постоянного тока. Такие электроприводы в своем составе содержат управляемые преобразователи переменного напряжения в постоянное, в качестве которых при больших и средних мощностях электрических двигателей традиционно используются трехфазные одномостовые тиристорные преобразователи и естественной коммутацией вентилей и фазовым регулированием среднего выпрямленного напряжения. Наряду с известными достоинствами таких преобразователей они имеют существеный недостаток – сильно снижающийся при уменьшении выпрямленного напряжения коэффициент мощности, приводящий к излишней загрузке элементов электрической сети реактивным током и к росту потерь активной электрической мощности и энергии в элементах системы электроснабжения. Снижение потребления из сети реактивной мощности может

быть достигнуто использованием в качестве источников электропитания регулируемых электроприводов постоянного тока двухмостовых выпрямителей с последовательно включенными выпрямительными мостами с согласно-встречным регулированием выпрямленного напряжения при поочередном управлении углами отпирания тиристоров мостов [1].

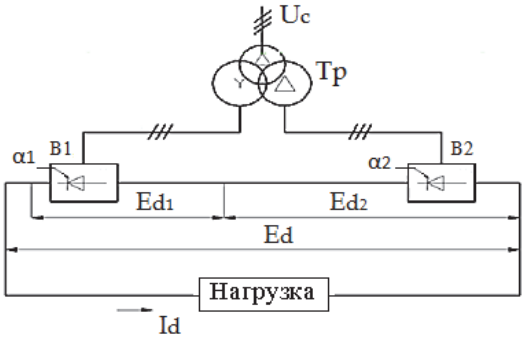


Рисунок 1 – Схема двухмостового преобразователя

Обозначения на рисунке 1 общепринятые в электротехнике.

В системе имитационного блочного моделирования Simulink из в пакета программ MATLAB для рассматриваемого преобразователя и предлагаемого в [1] способа управления им определен коэффициент мощности такого преобразователя, предназначенного для питания якорной цепи мощного электродвигателя постоянного тока применямого в электроприводах прокатных станов. Мощность трехобмоточного трансформатора 3 МВА, напряжения вторичных обмоток 570 В. Зависимость коэффициента мощности такого преобразователя от выпрямленного напряжения на нагрузке приведена на рисунке 2. Применение этого преобразователя вместо одномостового управляемого выпрямителя разгружает сеть по реактивной мощности, потребляемой электроприводом в середине диапазона регулирования скорости, примерно в 1,7 раза.

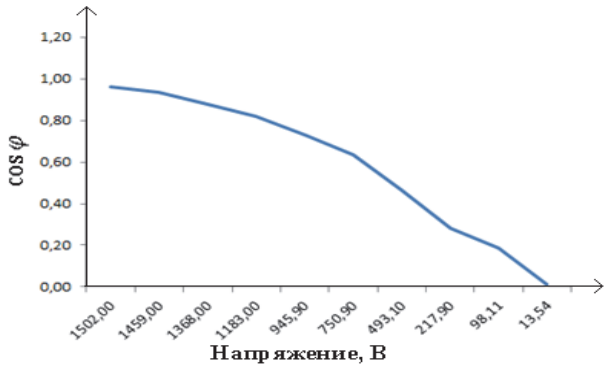


Рисунок 2 – График коэффициента мощности

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Перельмутер, В.М. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока / В.М. Перельмутер, В.А. Сидоренко. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 304.

УДК 621.81
Петухов Александр Владимирович, аспирант;
Petuhov Aleksandr Vladimirovich
Климаш Владимр Степанович, доктор технических наук, профессор;
Klimash Vladimir Stepanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ЛИНИИ И ЕГО ИССЛЕДОВАНИЕ

METHOD OF CONTROLLING THE ELECTRICAL COMPLEX OF THE WOODWORKING LINE AND ITS RESEARCH

Аннотация. В статье рассматривается, способ управления электротехническим комплексом деревообрабатывающей линии по производству шпона во время автоматического включения резерва. Приведено краткое описание способа управления электротехническим комплексом, реализованного по схеме электроснабжения с рациональным перераспределением энергии между двигателями специализированных механизмов через автономные инверторы и общее звено постоянного напряжения с согласованием устройств защиты и управления системами электроснабжения и электроприводом.
Abstract. The article deals with the method of controlling the electrical complex of a woodworking line for the production of veneer during automatic switching on of the reserve. Brief description of the method of controlling electrical complex, implemented in the power supply scheme with a rational redistribution of energy between the engines specialized tools via stand-alone inverters and a common DC voltage with the coordination of protection devices and control of power systems and electric drive.
Ключевые слова: электропривод, управление разгоном и торможением, общий выпрямитель со звеном постоянного напряжения, автоматическое включение резерва, индивидуальные инверторы для асинхронных двигателей разной мощности.
Keywords: electric drive, acceleration and deceleration control, common rectifier with a constant voltage link, automatic switching on of the reserve, individual inverters for asynchronous motors of different power.

В настоящее время на заводе по глубокой переработке древесины в г. Амурск, эксплуатируются автоматизированные линии по производству шпона.

Электротехнический комплекс (ЭТК) деревоперерабатывающей линии приведенный на рисунке 1, реализован по предложенной запатентованной схеме [1]. Здесь элементы обозначены следующим образом: 1-питающий основной фидер; 2-питающий резервный фидер; 3-устройство автоматического включения резерва (АВР); 4-понижающий трансформатор; 5-сеть 0,4 кВ; 6-общий выпрямитель; 7-сглаживающий дроссель выпрямителя; 8-звено постоянного напряжения (ЗПН); 9-система управления

заданием скорости разгона и торможения; 10- введённый в схему детектор напряжения; 11- введённое в схему устройство управления выходной частотой автономных инверторов; 12-конвеер распиловки; 13-центровочно-загрузочное устройство; 14-токарный узел; 15-конвеер сортировки; 17-автономный инвертор напряжения (АИН); 18-асинхронный двигатель.

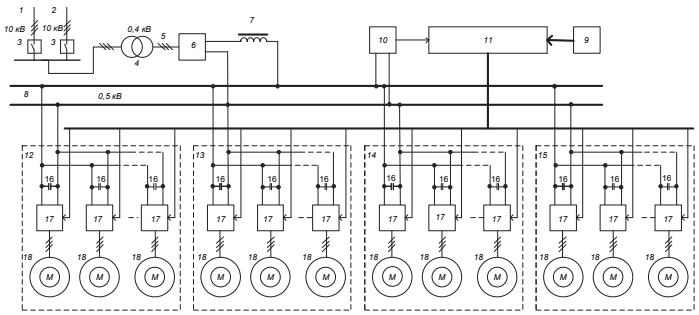


Рисунок 1 - Схема ЭТК деревоперерабатывающей линии

Цель работы - исследование возможности бесперебойной работы ЭТК автоматизированной линии по переработке древесины во время просадок напряжения возникающих в звене постоянного напряжения при срабатывании АВР. Обеспечение работоспособности ЭТК при просадках напряжения в схеме электропривода, осуществляется за счёт введения в штатную схему устройства управления 11 обеспечивающего управление выходной частотой автономных инверторов, изменяющейся пропорционально с напряжением на конденсаторе С фильтра ЗПН за счёт перевода всех электродвигателей ЭТК в режим генераторного торможения с целью замедления разряда конденсаторов С фильтра.

Замедление разряда конденсатора общего звена постоянного напряжения увеличивает время ожидания включения резервного питания с постепенным снижением скорости для подготовки корректной остановки в случае неуспешного срабатывания АВР и разгона привода, с любой пониженной скорости, при успешном срабатывании АВР.

В имитационной модели, представленной на рисунке 2, обозначено: 1-таймер управления АВР, 2-источник электроснабжения с АВР, 3- общий выпрямитель, 4- L фильтр, 5-ограничмтель тока заряда конденсаторов, 6-задатчик интенсивности разгона-торможения, 7- устройство управления выходной частотой АИН, 8-11- узлы частотно регулируемых приводов.

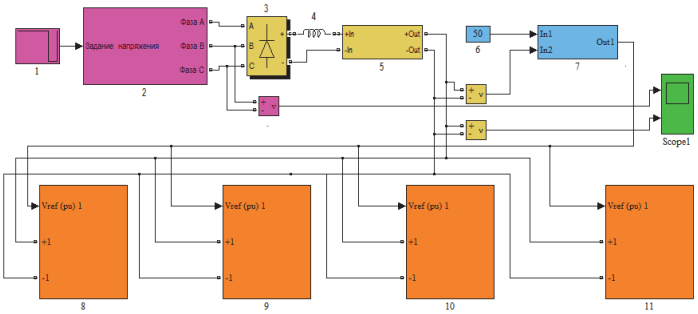


Рисунок 2 - Математическая модель электропривода деревообрабатывающей линии

На рисунке 3 представлена осциллограмма разряда конденсаторов звена постоянного напряжения при использовании рассмотренного способа управлении напряжением выходной частотой АИН.

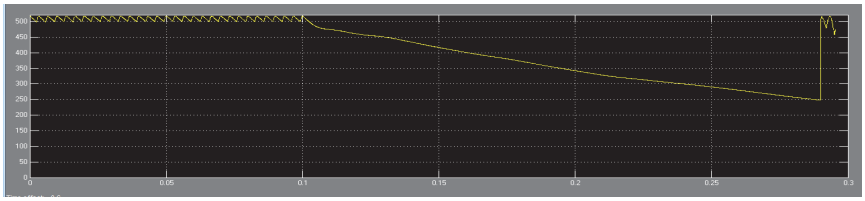


Рисунок 3- Осциллограмма разряда конденсаторов
при управлении напряжением выходной частотой АИН

Время разряда конденсаторов ЗПН до напряжения 250В составило 0,19 мс. Предварительные результаты исследования рассмотренного способа управления напряжением выходной частотой АИН показали возможность его применения для устранения отключения ЭТК при просадках напряжения в питающей сети и переключениях АВР.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Заявка № 2017130399/13(052972) РФ, МПК: B27L 5/02 “Электропривод деревообрабатывающей линии по производству шпона” / Климаш В.С., Петухов А.В. Решение ФИПС о выдаче патента от 26.03.2018.

2. Abe. Rotary lathe hyper-9w, electric drawing. Uroko denki co. LTD, Japan.

3. K. Aoyama. Log conveyor, electric diagram. Hashimoto denki co. LTD, Japan.

УДК631.171:631.589.2:631.588.5

Полохова Дарья Андреевна, студентка; Polokhova Daria Andreevna
Куделько Анатолий Романович, кандидат технических наук, профессор; Kudelko Anatoly Romanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГИДРОПОНИКА

HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR PLANT GROWING USING THE HYDROPONIC METHOD

Аннотация. Работа посвящена исследованию принципа функционирования, централизованного управления и мониторинга агрономических процессов. Дальний Восток не отличается благоприятными условиями для выращивания сельскохозяйственных культур. Плюс ко всему земля, активно использовавшаяся все эти годы, сейчас остро нуждается в мерах по её оздоровлению. Одной из главных проблем является то, что большинство

продукции в край поставляется из Китая. В то же время стоимость минимального набора продуктов питания на Дальнем Востоке выше, чем в среднем по России, на 34,7%.Одним из необходимых условий для получения стабильного и высокого урожая - является поддержание оптимального микроклимата для растений. Таким образом, очевидной является потребность в повышении эффективности производства сельскохозяйственной продукции. На решение этой проблемы ориентировано создание предлагаемого в работе автоматизированного аппаратно-программного комплекса для эффективного выращивания растений.

Abstract. The work is devoted to the study of the principle of functioning, centralized management and monitoring of agronomic processes. The Far East is not distinguished by favorable conditions for growing crops. In addition, the land that has been actively used all these years is now in dire need of measures to improve it. One of the main problems is that most products are shipped to the region from China. At the same time, the cost of a minimum set of food products in the Far East is higher than the Russian average by 34.7%. One of the necessary conditions for obtaining a stable and high crop is to maintain an optimal microclimate for plants. Thus, the need to increase the efficiency of agricultural production is obvious. The creation of the proposed automated hardware-software complex for the efficient cultivation of plants is oriented toward solving this problem.

Ключевые слова: сельское хозяйство, гидропоника, управление климатом, датчик.

Keywords: agriculture, hydroponics, climate control, sensor.

Выращивание растений способом «гидропоника». Гидропоника - это способ выращивания растений без использования почвы, при котором растение получает из раствора все нужные питательные вещества в необходимых количествах и четких пропорциях (что практически невозможно осуществить при выращивании в почве).

Необходимой компонентом системы управления климатом считается подсистема управления освещением. При установке искусственного освещения растений в первую очередь необходимо учитывать их потребность в световом спектре. Если рассматривать растения с точки зрения их «отношения» к свету, то их можно разделить на 3 категории:

– теневыносливые;

– тенеиндифферентные;

– светолюбивые.

В аппаратно-программном комплексе, блок-схема которого представлена на рисунке 1, освещение будет подбираться под тип растения, путем реализации различных режимов работы подсистемы управления искусственным освещением.

Кроме того, на дисплей будут выводиться показания с приборов, такие как: температура, влажность, уровень воды, освещенность.

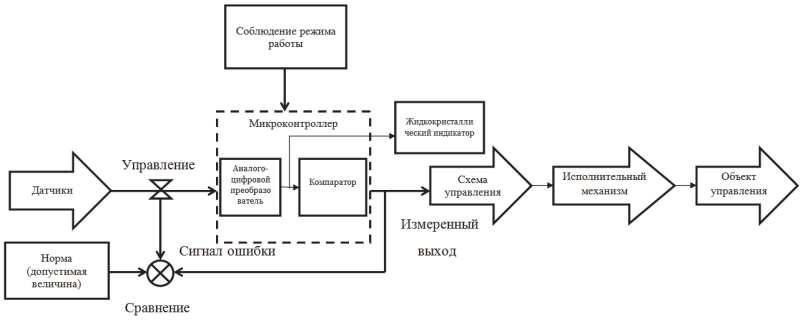


Рисунок 1 - Блок-схема аппаратно-программного комплекса управления климатом комплекса для выращивания растений

Из рисунка 1 следует, что датчики осуществляют преобразование исходной информации (температура, влажность и т.п.) в системе в электрический сигнал аналоговой формы. Прием аналогового сигнала и преобразование его в цифровой, а также сравнение с допустимым значением соответствующей величины производится микроконтроллером, который, в свою очередь, управляет цепью включения кондиционера и контроллером жидкокристаллического дисплея LCD.

Таким образом, в качестве целевых индикаторов (показателей) можно считать:

– снижение издержек производства продуктов питания в закрытых системах с использованием технологии - более чем на 15% относительно аналогов без применения технологий;

– снижение уровня импортозависимости в производстве и реализации сельскохозяйственной продукции за счет внедрения "умных" систем более чем на 70%.

В рамках проекта возможна ориентация на следующие группы потенциальных потребителей:

1. Физические лица – для выращивания растений в домашних условиях. Так как система представляет собой современный аппаратно-программный комплекс, потребителями будут являться лица, в возрастном диапазоне от 20 лет. Вариант такого устройства представлен на рисунке 2.

2. Юридические лица – для установки в супермаркетах и магазинах продуктов питания. Данное нововведение позволит увеличить число клиентов организации.

3. Внедрение системы в существующие теплицы для выращивания растений, и/или создание новых теплиц с использованием данной технологии.

На практике компании все же ориентируются на широкую целевую аудиторию, в связи с чем, в качестве целевой аудитории целесообразно принять потребителей, которые обозначены в пунктах 2 и 3настоящего раздела.

Рассматриваемые технологии и оборудование повышения эффективности выращивания сельскохозяйственных культур на Дальнем востоке способны обеспечить продукцией не только регион, но и заняться экспортом продуктов.

Рисунок 2 - Комплекс для выращивания растений с домашних условиях

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Свободная энциклопедия «Википедия» [Электронный ресурс] / URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Гидропоника (Дата обращения 01.03.2020).

УДК 004.65

Пугачева Алина Игоревна, студентка; Pugacheva Alina Igorevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ БАЗ ДАННЫХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

RESEARCH OF METHODS OF AN EFFECTIVE ORGANIZATION AND OPTIMIZATION OF DATABASES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Аннотация. В данной работе рассматривается изучение и применение методов оптимизации, значения определений эффективной организации и оптимизации баз данных, также производится исследование методов оптимизации баз данных на промышленном предприятии. В работе представлены методы исследования и пути их применения.

Abstract. In this paper, we study the study and application of optimization methods, the meanings of the definitions of effective organization and optimization of databases, and also investigates methods for optimizing databases in an industrial enterprise. The paper presents research methods and ways of their application.

Ключевые слова: эффективная организация, базы данных, оптимизация, исследование.

Keywords: effective organization, databases, optimization, research.

Эффективная организация – это показатель, определяющий насколько оперативно и результативно функционирует организация. «Сердце» этой

системы является информация, а, отнюдь, не деньги, как думают многие. Деньги - лишь одно из частных проявлений информационных феноменов. Естественным свойством такой системы является непрерывный рост.

База данных (БД) – именованный комплекс данных, отражающий положение предметов и их отношение в рассматриваемой предметной области, или иначе - это комплекс взаимозависимых данных при малой избыточности, позволяющая их использование, подходящим типом для одного или многих дополнений в назначенной предметной области. БД состоит из множества взаимосвязанных файлов.

Почти все предприятия имеют свои базы данных (например, на каждом предприятии пользуются программой 1С). Но не всем удобно ими пользоваться: некоторые сотрудники нашли проблему в использовании БД на предприятии, но решить ее не могут, т.к. «есть своя работа» или «я ничего об этом не знаю». Тогда приходит решение специальной оптимизации этой базы, для комфортного ее использования в будущем.

Если разговор начинается об автоматизации промышленной подготовки производства в индустриальной компании, в основной массе ситуации существует никак не создание программно-аппаратного комплекса с нулевой отметки, а введение на ныне действующем предприятии определенных частей автоматизированной концепции. Практически все без исключения, заказчики обладают этими, либо другими автоматизированными концепциями конструкторской также промышленной подготовки, однако при этом критически имеют необходимость в применении новейших технологий. В нашем случае оптимизации уже существующей базы данных.

Оптимизация будет произведена в программе MC Access. Microsoft Access представляется реляционной системой управления баз данных, что значит комплекс взаимозависимых таблиц, всякая из таких охватывает информацию о предметах обусловлено определенного типа. Строчки таблицы включают сведения об одном предмете (например, продукте, заказчика), а столбцы - всевозможные обозначения данных объектов (например, название, код продукта, информация о заказчике). Записи, т. е. строчки таблицы, обладают подобной структурой — они состоят из полей, сохраняющих данные объекта. Каждое поле, т. е. столбец, обозначает лишь одну характеристику предмета и обладает точно обусловленным характером данных. Все записи обладают одними и теми же полями, только в них отображаются разные информативные характеристики объекта.

Оптимизация в широком смысле не ограничивается одними лишь запросами. Нужно понимать устройство и принципы работы программного продукта, а также иметь четкое представление о его области применения, ведь от нее зависит очень многое: размеры баз данных и отдельных таблиц, их количество и формат данных в них используемый. Мною были рассмотрены вопросы, которые, на мой взгляд, имеют наибольшее значение в деле повышения производительности.

Изучение и применение методов оптимизации являются одними из наиболее приоритетных, перспективных и актуальных задач при эксплуатации СУБД, так как позволяет решить многие проблемы, связанные с

быстродействием современных информационных систем. Оптимизация запросов в той или иной степени используется во всех сферах, где используется разные СУБД.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Козлов, А.Д. Методы организации хранения и обработки объектов в реляционных базах данных / А.Д. Козлов, С.Ю. Шуйков // Наука и образование. – 2007. - № 10.

2 Кузнецов, Д.Н. Базы данных / Д.Н. Кузнецов, Г.В. Нагаев. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ СПО «КнАГТУ»2013. -69 с.

3 Мирошник, С.Н. Оптимизация структуры базы данных реального времени / С.Н. Мирошник, Д.Р. Гончар, М.Г. Фуругян // Управление большими системами: сборник трудов. – 2017.

4 Новосельский, В.Б. Проблемы и задачи автоматизированного проектирования распределенных баз данных / В.Б. Новосельский // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2007.

5 Суздорф, В.И. Проектирование систем автоматизации и управления. Учебное пособие для вузов/ Рек.ФГБОУ ВПО "Московский государственный технологический университет "Станкин" в кач.учебного пособия для студ.вузов, обучающихся по напр.подготовки "Автоматизация технологических процессов и производств" 2014.- 200с.

УДК 621.9:519.8

Росляков Дмитрий Павлович, студент; Roslyakov Dmitry Pavlovich
Горькавый Александр Иванович, кандидат технических наук, доцент; Gorkavy Alexander Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ

A MULTIFUNCTIONAL APPROACH TO THE SYNTHESIS OF A MECHATRONIC MODULE CONTROL SYSTEM

Аннотация. Статья посвящена разработке и исследованию многофункциональной системы управления мехатронного модуля.

Abstract. The article is devoted to the development and study of a multifunctional mechatronic module control system.

Ключевые слова: адаптивность, многофункциональные системы.

Keywords: adaptability, multifunctional systems.

Требования к мехатронным модулям, как основным составным элементам современного технологического оборудования (промышленные роботы, роботизированные комплексы и т.д.) постепенно нарастает.

Мехатронные модули функционируют в условиях изменения параметров, нагрузок, недостатка информации о состоянии объекта. Это вынуждает использовать широкий современный инструментарий для построения качественных систем управления мехатронными модулями.

В работе одновременно используются следующие подходы к синтезу системы управления мехатронным модулем:

1) Синтез системы на принципах модального и оптимального управления.

2) Формирование комбинированного управления (компенсация влияния возмущения).

3) Формирование системы с переменной структурой на базе организации скользящего режима для придания адаптивных свойств системе.

4) Построение наблюдающего устройства для оценки переменных и возмущения.

В результате моделирования и исследования системы объект-модальный регулятор получены графики переходных процессов представленные на рисунках 2 и 3. На рисунке 4 представлен график переходного процесса синтезированной системы в условиях действия возмущения, изменения параметров, оценивания не измеряемых координат.

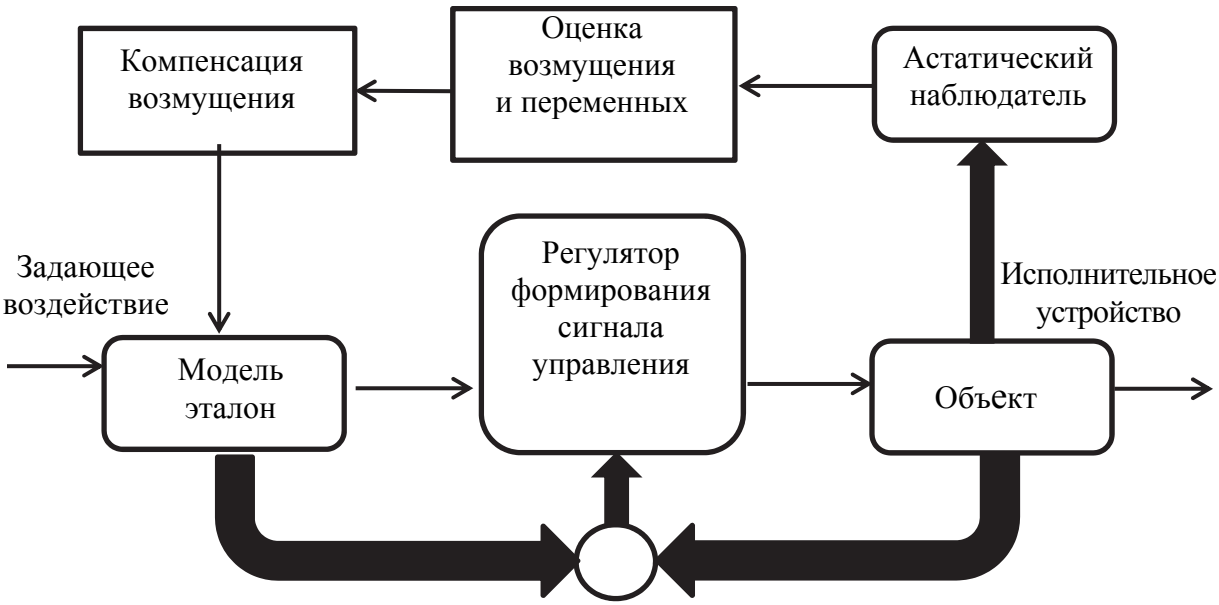


Рисунок 1 – функциональная схема системы управления

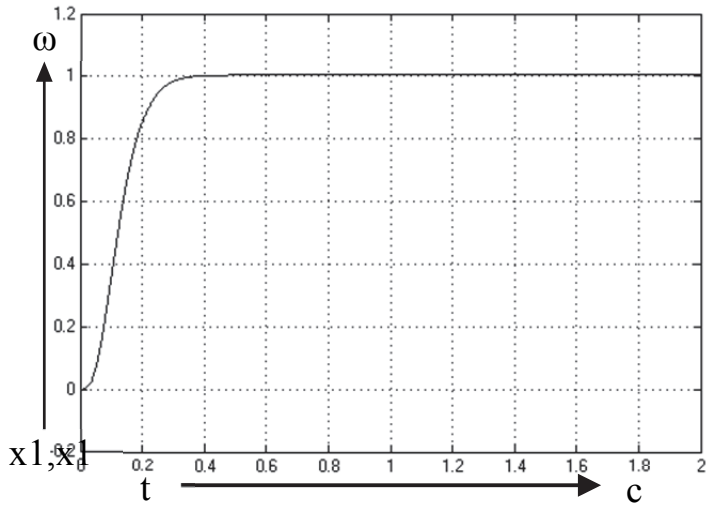


Рисунок 2 – график переходного процесса без возмущения и изменения момента инерции

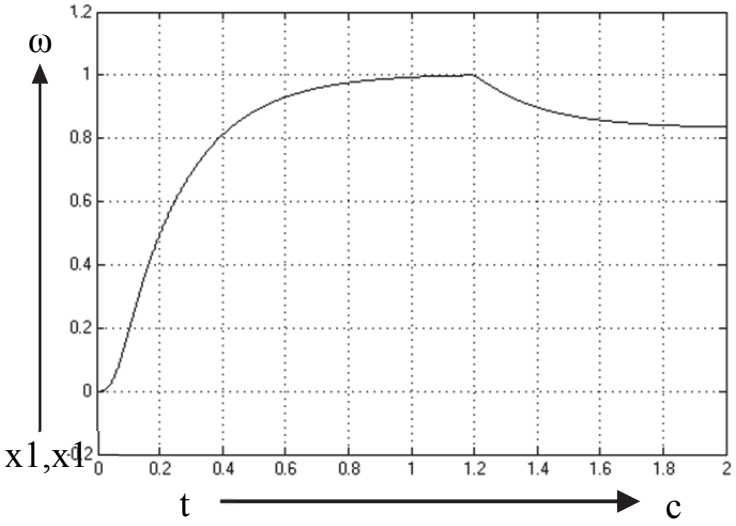


Рисунок 3 – график переходного процесса с изменением момента инерции и действия возмущения

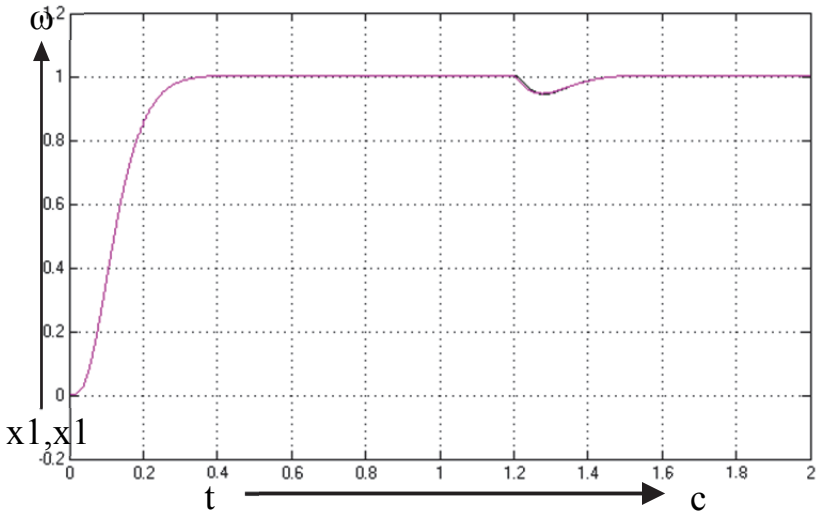


Рисунок 4 – график переходного процесса многофункциональной системы управления с изменением момента инерции и действия возмущения

Из графика видно, что при одновременном воздействии статического момента и изменении параметров объекта, в данном случае момента инерции, многофункциональная система управления функционирует качественно в соответствии с требованиями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кузовков Н. Т., Модальное управление и наблюдающие устройства — М.: Машиностроение, 1976. — 184 с.

2 Уткин В.И. Скользящие режимы и их применения в системах с переменной структурой — М.: Наука, 1974. — 272 стр.

УДК 681.5.01

Симаков Леонид Сергеевич, студент; Simakov Leonid Sergeevich
Егоров Владислав Алексеевич, кандидат технических наук;
Egorov Vladislav Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОТСЛЕЖИВАНИЕ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ АКСЕЛЕРОМЕТРА

ANGULAR POSITION TRACKING WITH ACCELEROMETER

Аннотация. В работе представленно исследование инерциального измерительного модуля на угловые изменения.
Abstract. The paper presents a study of the inertial measuring module for angular changes.
Ключевые слова: акселлерометр, угловые изменения, датчик, ИМУ, МЭМС.
Keywords: accelerometer, angular changes, sensor, IMU, MEMS.

Большая популярность МЭМС-акселерометров и гироскопов обусловлена их широким потенциалом для использования как в бытовой, так и в промышленной технике. МЭМС-датчики широко применяются и в автомобильной промышленности для управления подушками безопасности, и в охранной сигнализации, в навигационных системах для исчисления пройденного пути или определения маршрута следования.

Акселерометр определяет линейное ускорение и гравитацию Земли. Гравитация используется для расчета углов поворота вокруг осей x и y. Угловое положение вокруг оси z не может быть рассчитано с помощью акселерометра, поскольку измеренная сила тяжести не дает никакой информации для этой оси.

Если используется 3–осевой акселерометр, вращение ψ и углы наклона θ, можно рассчитать с помощью выборочных измерений акселерометра $a = [a_x, a_y, a_z]^T$, как видно из уравнения 1 и уравнения 2.

$$\psi[k] = \arctan\left(\frac{a_y[k]}{\sqrt{a_x^2[k] + a_z^2[k]}}\right) \quad (1)$$

$$\theta[k] = \arctan\left(\frac{a_x[k]}{\sqrt{a_y^2[k] + a_z^2[k]}}\right) \quad (2)$$

Здесь, a_x, a_y и a_z относятся к измерениям, выполненным акселерометром по осям x, y и z, а k указывает выборочный индекс измерений акселерометра. Кроме того, углы поворота и вращения в целом называются наклоном [1].

Данные, собранные с акселерометра MPU6050 при настройке диапазона измерений ± 2 г и частоте дискретизации 100 Гц, используются для оценки угловых расчетов. Акселерометр откалиброван во время сбора данных. Цифры, приведенные ниже, являются результатами, сгенерированными MATLAB с использованием собранных данных.

Был разработан механизм для оценки реакции ИДУ на угловые изменения в один градус. Этот механизм состоит из платформы, на которой может быть установлен ИДУ, и двух рычагов, которые контролируют ориентацию платформы вокруг осей x и y, как показано на рисунке 1. Две пары винтов, установленные на расстоянии 114 мм от точки поворота платформы, устанавливают пределы углового движения. Метрические винты 3 мм имеют шаг резьбы 0.5 мм, и результирующий шаг вращения, соответствующий одному обороту винтов, составляет 0.25° = asin (0.5/114). Диапазон перемещения платформы контролируется регулировкой этих винтов. С помощью этого механизма можно проверить, насколько быстро ИДУ реагирует на небольшие изменения шага и точность его отслеживания после применения нескольких шагов.

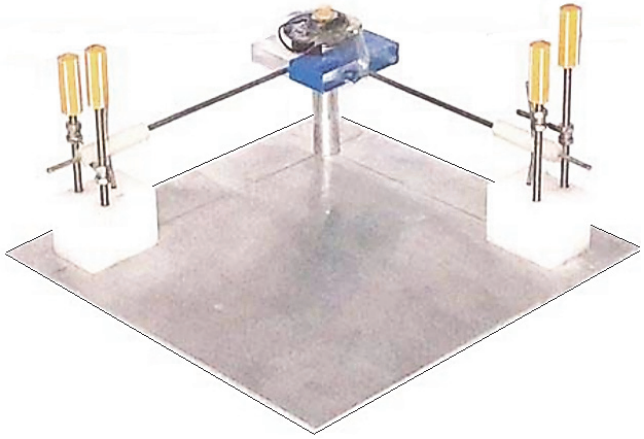


Рисунок 1 – Испытательная платформа ИДУ

На рисунке 2 показаны углы осей x и y рассчитаны с использованием данных акселерометра в стационарном состоянии. Диапазон колебаний составлял приблизительно 0,25 ° по углам. Как видно на рисунке 3 вращение на один градус можно обнаружить с достаточным разрешением с помощью акселерометра. Большие скачки, которые видны во время смены ступеней, соответствуют коротким вибрациям, вызванным тем, что рычаги позицио-

нирования платформы ударяют ограничивающие винты испытательного механизма, и эти скачки должны быть отфильтрованы, чтобы предотвратить ошибки в процессе управления.

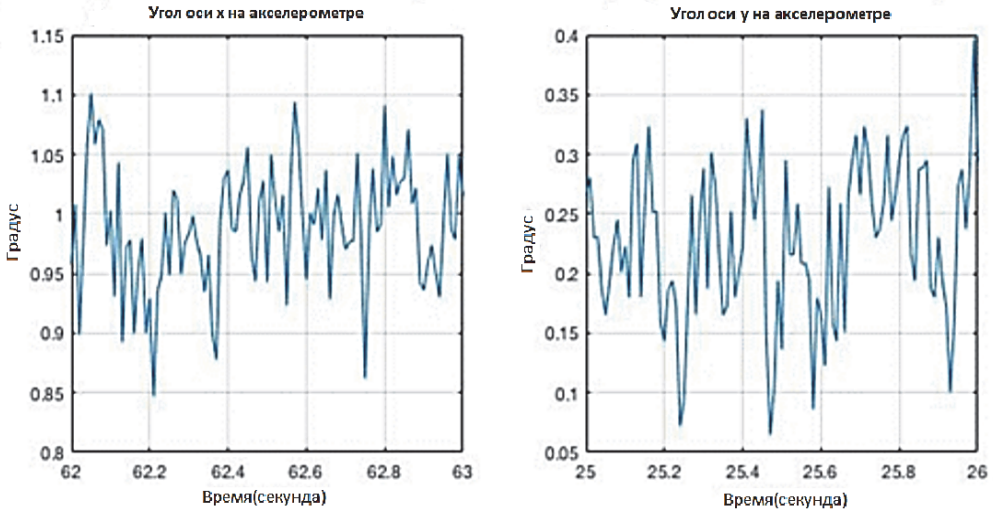


Рисунок 2 – Расчет угла с помощью акселерометра в стационарном состоянии

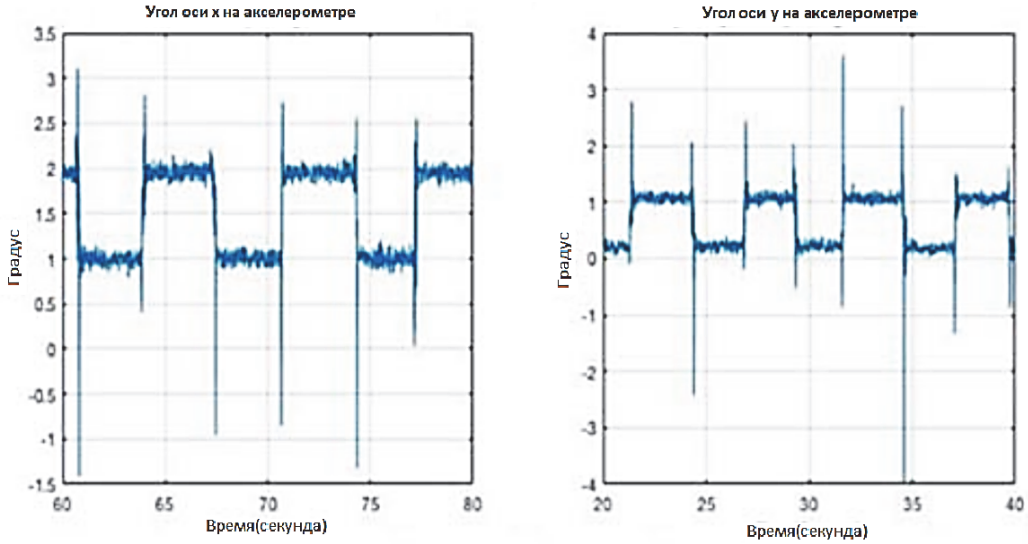


Рисунок 3 – Расчет угла с помощью акселерометра в движении

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Pedley, M. Tilt Sensing Using a Three–Axis Accelerometer; Application Note AN 3461; NXP, 2013.

2. Кашкаров, А.П. Микроэлектромеханические системы и элементы / А.П. Кашкаров - М.: ДМК-Пресс, 2018. - 114 с.

3. Применение МЭМС-технологии в навигации. [Электронный ресурс]: сайт журнала «Компоненты и технологии»- Режим доступа: https://www.kit-e.ru/articles/sensor/2014_4_65.php (дата обращения: 04. 04. 2020).

УДК 621.578
Соколова Вера Сергеевна, аспирант; Sokolova Vera Sergeevna
Зайченко Илья Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Zaychenko Ilya Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ГЕНЕРАТОРНОГО БЛОКА АВТОНОМНОЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ТРИГЕНЕРАЦИИ

ENERGY EFFICIENCY ASSESSMENT OF HEAT-INSULATING MATERIALS OF A GENERATOR BLOCK OF AN AUTONOMOUS ENERGY-SAVING TRIGENERATION SYSTEM

Аннотация. В работе проводится оценка энергоэффективности теплоизоляционных материалов генераторного блока автономной энергосберегающей системы тригенерации. Для качественной оценки теплоизоляционных материалов генераторного блока используется метод тепловизионного обследования. Было проведено термографирование и определены зоны с наиболее высокими температурами. Произведен сравнительный анализ термограмм до и после доработки изоляционного материала генераторного блока.
Abstract. The paper evaluates the energy efficiency of the heat-insulating materials of the generator unit of an autonomous energy-saving trigeneration system. For a qualitative assessment of the heat-insulating materials of the generator block, the method of thermal imaging inspection is used. Thermography was carried out and zones with the highest temperatures were determined. A comparative analysis of the thermograms was carried out before and after the completion of the insulation material of the generator block.
Ключевые слова: система тригенерации, теплоизоляционные материалы, тепловизионное обследование, термографирование.
Keywords: trigeneration system, thermal insulation materials, thermal imaging inspection, thermography.

Для оценки энергоэффективности теплоизоляционных материалов генераторного блока автономной энергосберегающей системы тригенерации поводились экспериментальные исследования процесса производства холода подсистемой кондиционирования автономной энергосберегающей системы тригенерации [1].

В ходе экспериментальных исследований были установлены потери тепловой энергии излучением вследствие дефектов теплоизоляции генераторного блока автономной энергосберегающей системы тригенерации. Для определения локализации мест, характеризующихся выделением наибольшего объема тепловой энергии, было проведено тепловизионное обследо-

вание ограждающих конструкций генераторного блока с помощью инфракрасного тепловизора Testo 870. Ниже на рисунке 1 представлена полученная термограмма.

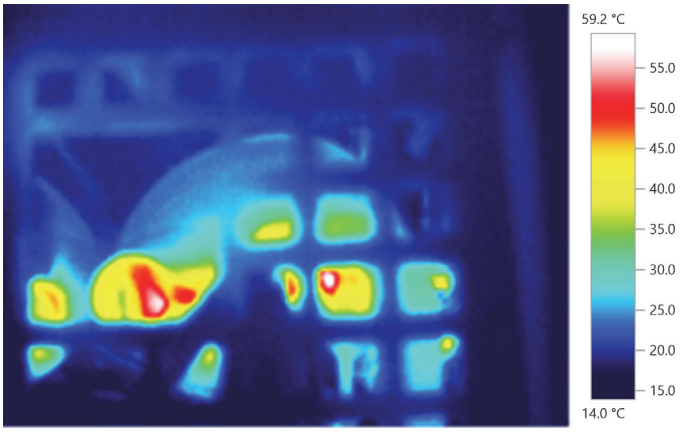


Рисунок 1 – Результат тепловизионного обследования ограждающих конструкций генераторного блока

Рисунок 2 - Измеритель теплового потока ИПП-2

После термографирования и определения зон с наиболее высокими температурами с помощью измерителя плотности теплового потока ИПП-2 был определен удельный тепловой поток в местах дефектов теплоизоляции, который составил 810 Вт/кв. м. На рисунке 2 представлен измеритель теплового потока ИПП-2.

Для снижения объема радиационных потерь тепловой энергии были проведены работы по дополнительной изоляции блока генератора с использованием фольгированного вспененного изоляционного утеплителя «Алюфом».

После изоляции было проведено повторное тепловизионное обследование блока генератора. Результаты тепловизионного обследования представлены на термограмме ниже (рисунок 3).

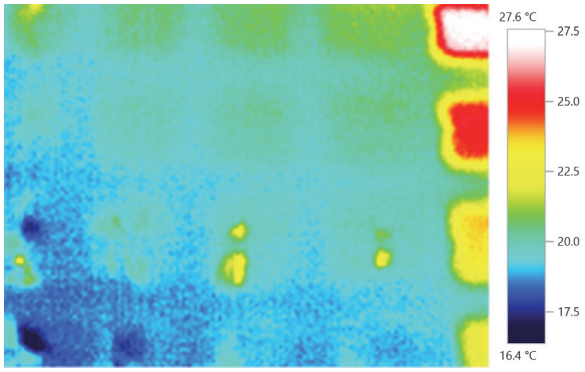


Рисунок 3 - Результат тепловизионного обследования ограждающих конструкций генераторного блока после дополнительной изоляции

Сравнительный анализ термограмм до и после доработки изоляционного покрытия показывает, что температура наиболее горячих участков ограждающих конструкций снизилась на 31.6 градусов.

По результатам измерения плотности теплового потока удельные тепловые потери сократились до 770 Вт/кв. м. Снижение составило 5%, что позволило увеличить производительность генераторного блока автономной энергосберегающей системы тригенерации до 70.7 Вт.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Соколова В.С. Зайченко И.В. Моделирование процесса функционирования и оптимизация параметров дефлегматора совмещенного типа в абсорбционных системах тригенерации малой мощности / В.В. Бажеряну, И.В. Зайченко // Перспективы науки. – 2020. - № 3 (162). - С. 25-29

2 Соколова В.С. Зайченко И.В. Параметрическая идентификация и математическое моделирование системы управления микроклиматом предприятия / В.В. Бажеряну, И.В. Зайченко, С.А. Гордин // Научно-технический Вестник Поволжья. – 2020. – № 3. – С. 59-62

3 Мишин В.М., Соков В.Н. Теоретические и технологические принципы создания теплоизоляционных материалов нового поколения в гидросиловом поле. — М.: Молодая Гвардия, 2000. - с 129.

4 V. Zaychenko A. Gordin, and V.S. Sergeevna, "Thermal Modes of Reflux-Vapor Modeling and Control of the Rectification Process," 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon), Vladivostok, Russia, 2019, pp. 1-3

УДК 621.314.58:621.316.94

Соколовский Михаил Александрович, аспирант;
Sokolovskii Mikhail Aleksandrovich
Климаш Владимир Степанович, доктор технических наук, профессор;
Klimash Vladimir Stepanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ

ELECTRICAL COMPLEX OF LIFTING AND TRANSPORTATION EQUIPMENT WITH ENERGY-SAVING TECHNOLOGY

Аннотация. Рассмотрена проблема искажения тока сети и большого энергопотребления комплексом подъемно-транспортного оборудования. Предложена технология повышения энергетических показателей, характеризующих эффективность потребления и использования электроэнергии. При-

водятся результаты исследования в среде Matlab физических процессов выпрямительно-инверторного агрегата в составе комплекса.
Abstract. The problem of network current distortion and large power consumption by the complex of lifting and transportation equipment is considered. Technology of increasing energy indices characterizing efficiency of electric power consumption and use is proposed. The results of the study in Matlab environment of physical processes of you-direct-inverter unit in the complex are given.
Ключевые слова: частотно-регулируемый электропривод, диодный выпрямительный агрегат, искажения тока сети, активный фильтр тока сети, рекуператор, потребление электроэнергии, комплекс подъемных кранов.
Keywords: variable-frequency drive, the diode rectifier unit, distortions of current, active filter of current, recuperator, consumption of electric energy, complex of cranes.

Современное подъемно-транспортное оборудование, преимущественно оснащается асинхронным частотно-регулируемым электроприводом на основе автономных инверторов напряжения (АИН), со звеном постоянного напряжения. Электропривод выполняется с динамическим торможением на балластное сопротивление, коммутируемое транзисторным ключом. При сравнительной простоте и низкой стоимости элементов силовой электроники существенными недостатками данной модификации электропривода являются искажения тока сети и потеря энергии на тормозных резисторах. Для снижения искажений тока в сети [1] и рационального использования энергии генераторного торможения предлагается схемное решение для комплекса подъемно-транспортного оборудования с частотно-регулируемым электроприводом [2]. В нем используется общий диодный выпрямитель для питания группы АИН, с параллельным активным фильтром на входе выпрямителя. Для рекуперации избыточной энергии генераторного торможения асинхронных машин применен транзисторный выпрямитель с ШИМ в режиме инвертора, ведомого сетью (рекуператор). Силовые схемы активного фильтра и рекуператора идентичны и состоят из мостового транзисторного коммутатора, индуктивности и конденсатора постоянного напряжения. Отличие состоит в системах управления. Разработанная система управления осуществляет перевод транзисторного коммутатора из режима активного фильтра в режим рекуператора, обеспечивая в обоих случаях синусоидальный ток на входе преобразователя. Структурная схема математических преобразований системы управления изображена на рисунке 1. В инверторном режиме выполняются вычисления, сгруппированные в первом блоке. К выпрямительному режиму относятся математические выражения второго блока. Математические преобразования третьего блока общие для обоих режимов управления.

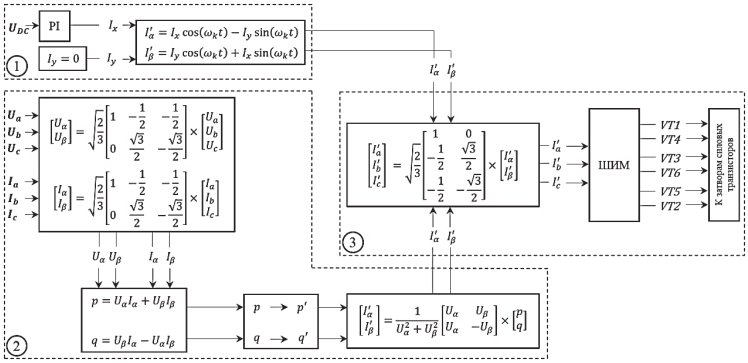


Рисунок 1 – Структурная схема математических преобразований системы управления

Результаты численного эксперимента. На основе математической модели системы управления, в среде имитационного моделирования Simulink пакета Matlab построена модель электротехнического комплекса с выпрямительно-инверторным агрегатом. Осциллограммы коэффициентов, характеризующих качество тока сети и эффективность потребления электроэнергии изображены на рисунке 2. На первом интервале (от 0 до 0,08 с) общее для всех инверторов звено постоянного напряжения получает питание от диодного выпрямителя, при этом закрыты транзисторы коммутатора активного фильтра тока сети и компенсация искажений тока не производится. На втором интервале (от 0,08 до 0,12 с) производится включение активного фильтра тока сети. Он генерирует антиискажения, и суммарный ток сети (рис. 2, а) преобразуется в синусоидальный. На третьем интервале (от 0,12 до 0,25 с), имитируется генераторный режим торможения частотно-регулируемого электропривода, при этом преобразователь переключается в инверторный режим. На четвертом интервале (от 0,25 с), система управления снова переводит устройство в выпрямительный режим.

Искажения тока сети наблюдаются при отключенном транзисторном коммутаторе на первом интервале и при прямом и обратном переключении режимов работы устройства. В установившемся режиме коэффициент искажений тока стремится к единице, что свидетельствует о минимальном уровне искажений. Величина коэффициента мощности в установившихся режимах также близка к единице.

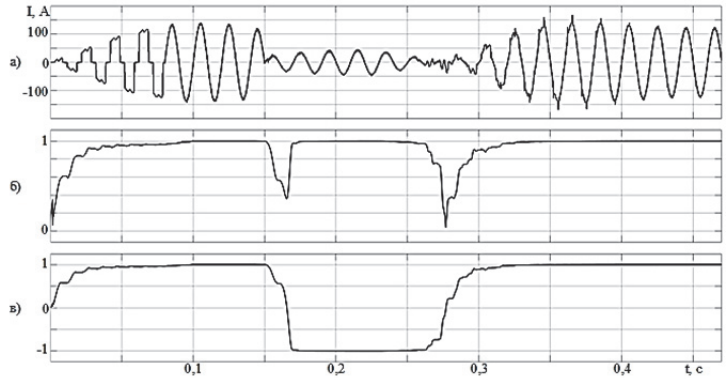


Рисунок 2 – Характеристики питающей сети: а – фазный ток; б – коэффициент искажения тока; в – коэффициент мощности

Численными экспериментами в среде Matlab показана возможность прямого и обратного переключения работы транзисторного коммутатора у активного фильтра тока сети на рекуператор без всплесков токов и провалов напряжения в сети. Кроме этого, выпрямительно-инверторный агрегат устраняет искажений тока сети, как при потреблении энергии электротехническим комплексом, так и при рекуперации в сеть, а также снижает потребление энергии из сети через общий выпрямитель.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коверникова Л.И., Суднова В.В., Шамонов Р.Г., и др. Качество электрической энергии: современное состояние, проблемы и предложения по их решению / Под общей редакцией Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2017. 219 с

2. Пат. 2713493 Российская Федерация, МПК H02J 5/00 (2006.01). Выпрямитель с активным фильтром / Климаш В.С. Соколовский М.А. Петухов А.В.; заявитель и патентообладатель Климаш В.С. Соколовский М.А. №2019127420; заявл. 25.03.2019; Опубл. 05.02.2020, Бюл. №4.

УДК 681.5.01

Тимофеев Антон Константинович, магистрант;
Timofeev Anton Konstantinovich
Алексеева Елена Викторовна, магистрант; Alekseeva Elena Victorovna
Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент;
Cherniy Sergei Petrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОСТРОЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИВНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

ANALYSIS OF A MODEL OF A FUZZY CONTROL SYSTEM FOR A DC ELECTRIC DRIVE BUILT USING AN ADAPTIVE NEURAL NETWORK

Аннотация. В работе представлен подход к реализации нечеткой системы управления электроприводом постоянного тока с применением технологии мягких вычислений. Моделирование интеллектуальной системы управления выполняется с применением искусственной нейронной сети, реализованной на нечеткой системе вывода Такаги – Сугено. Анализ результатов моделирования подтвердил возможность применения данного подхода для реализации и настройки системы интеллектуального управления приводом постоянного тока.

Abstract. The paper presents an approach to the implementation of an intelligent DC drive control system using soft computing technology; the advantages

and disadvantages of such a system are identified. Modeling of an intelligent control system is performed using an artificial neural network implemented on a fuzzy Takagi-Sugeno output system. Analysis of the simulation results confirmed the possibility of applying this approach for the implementation and tuning of the intelligent control system of a DC drive.
Ключевые слова: электропривод постоянного тока, нечеткий логический регулятор, система интеллектуального управления.
Keywords: DC electric drive, fuzzy logic controller, intelligent control system.

В работе проведен анализ модели нечеткой системы управления, синтезированной с помощью адаптивной нейронной сетью. Система управления основана на технологии мягких вычислений, которая позволяет решать задачи интеллектуального управления, подстраиваясь под изменения условий внешней среды. В качестве объекта регулирования используется модель двигателя постоянного тока (рисунок 1).

После замены классического регулятора скорости на ПИД регулятор и его последующей настройке, был произведен съём обучающей выборки данных для синтеза и обучения НЛР [2]. Настройка системы управления электроприводом постоянного тока производилась с помощью ANFIS-искусственной нейронной сети, реализованной на нечеткой системе вывода Такаги-Сугено. Такой подход объединяет преимущества аппарата нейронных сетей с достоинствами систем, основанных на нечеткой логике. Механизм вывода, реализуемый в такой системе, соответствует набору нечетких продукционных правил вида «условие - действие» с антецедент выводимой структурой [1,3].

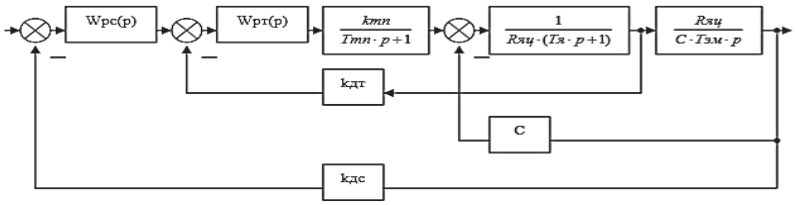


Рисунок 1 –Модель электропривода постоянного тока

Вид и форма нейронной сети, использованной при настройке нечеткого регулятора (рисунок 2).

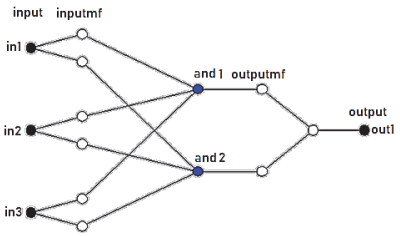
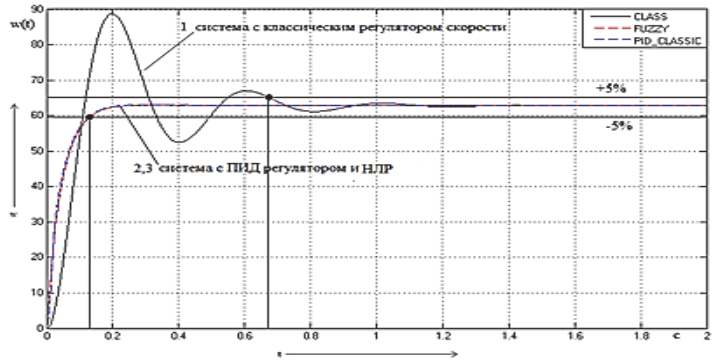


Рисунок 2 – Структура нейронной сети

Произведем анализ полученных результатов моделирования: системы с классическим регулятором скорости, ПИД регулятором и НЛР (рисунок 3).

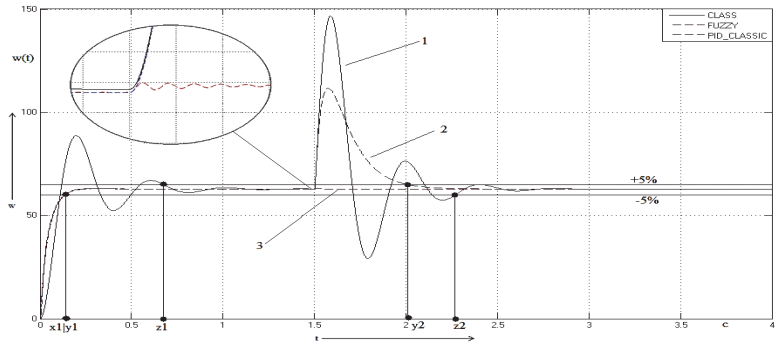


1 – с классическим регулятором; 2 – с ПИД регулятором; 3 – с НЛР

Рисунок 3 – График переходного процесса системы с классическим, ПИД регулятором и НЛР

На основе результатов моделирования (рисунок 3), можно сделать вывод, что полученная нечеткая система управления не уступает системе с ПИД регулятором по качественным характеристикам переходного процесса и превосходит систему с классическим регулятором, благодаря улучшенной динамике и отсутствию перерегулирования.

Проанализируем качественные характеристики систем при подаче возмущающего сигнала (рисунок 4).



1 – с классическим регулятором; 2 – с ПИД регулятором; 3 – с НЛР

Рисунок 4 – График переходного процесса системы с классическим, ПИД регулятором и НЛР

По результатам моделирования можно сделать вывод, что система с НЛР сохраняет выходные переменные системы в заданных допустимых пределах, несмотря на наличие неопределённостей в контуре управления или возмущения. Благодаря применению адаптивной нейронной сети при синтезе и обучению нечёткой системы управления удалось повысить робастность системы, не прибегая к сложному математическому описанию технологии робастного синтеза. Подводя итог всему вышесказанному, можно сделать вывод, что регуляторы, построенные с использованием классических методов, не обладают необходимой гибкостью, особенно при внедрении в систему недетерминированных возмущающих воздействий. Главным достоинством нечеткой системы управления является ее простота настройки, гибкость и робастность к целому ряду как внешних, так и внутренних воздействий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Деменков, Н.П. Нечеткое управление в технических системах / Н.П. Деменков – Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 200 с.

2 Шекшня, В.Л. Следящие системы / В.Л. Шекшня, С.А. Хризолитова – М. : МЭИ, 1966. – 140 с.

3 Штовба, С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С.Д. Штобва – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 208 с.

УДК 62-533.7

Тищенко Сергей Александрович, студент;
Tishchenko Sergey Aleksandrovich
Климаш Владимир Степанович, доктор технических наук, профессор;
Klimash Vladimir Stepanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

КАСКАДНОЕ РЕГУЛИРВОАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

CASCADE VOLTAGE REGULATION IN ELECTRIC NETWORKS

Аннотация. Предложена система для регулирования напряжения в электрических сетях. Разработана структурная схема системы. Использованы такие элементы как инвертор напряжения, вольтодобавочный трансформатор, система управления, силовой трансформатор.
Abstract. A system for regulating voltage in electrical networks is proposed. A system block diagram has been developed. Used such elements as a voltage inverter, boost booster transformer, control system, power transformer.
Ключевые слова: напряжение, трансформатор, регулирование.
Keywords: voltage, transformer, regulation.

Для регулирования входного напряжения трансформаторной подстанции, обычные вольтодобавочные устройства не подходят, так как обычные механические переключатели имеют низкую скорость переключения и невысокую надежность, но благодаря IGBT модулям, входящим в состав вольтодобавочного устройства, регулирование входного напряжения от 6кВ и выше, делается возможным.

Данное устройство питается от напряжения сети, регулирование напряжения выполняется путем последовательного соединения вольтодобавочных трансформаторов, подключенных перед силовым трансформатором, для управления этими трансформаторами используются однофазные инверторы напряжения, которые работают от источника постоянного напряжения, не связанного с напряжением сети. При помощи датчика на обратной связи мы можем отслеживать совпадает ли выходное напряжение

с тем, что мы задали. Напряжение на выходе вольтодобавочного устройства складывается из напряжения сети и заданного напряжения на вольтодобавочных трансформаторах. Для управления инверторами напряжения выбран 150-градусная система управления. Использование алгоритма управления, в котором опорный сигнал равен нулю сведет к минимуму количество переключений IGBT модулей, т.е к отсутствию ШИМ. В таком случае, регулирование угла β будет регулировать и вольтодобавочное напряжение. Структурная схема вольтодобавочного каскада представлена на рисунке 1.

Добавляя устройства вольтодобавки, мы можем изменять регулируемое напряжение, но это существенно увеличит стоимость данного устройства. Сигналы такого алгоритма, а также выходной сигнал инвертора представлены на рисунках 2 и 3.

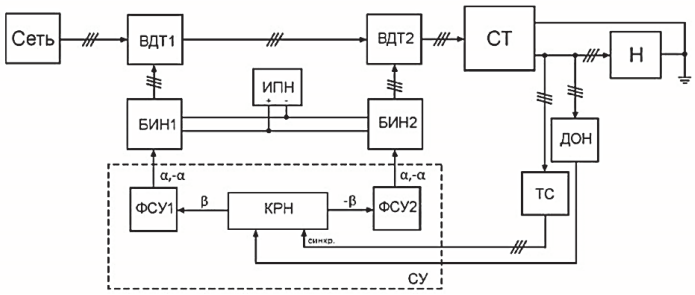
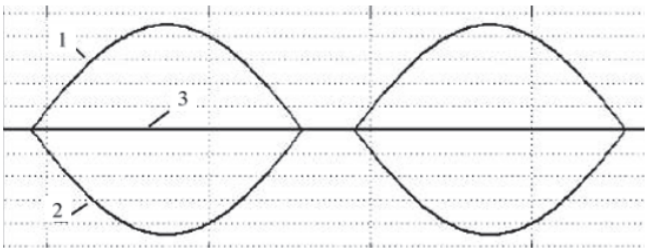


Рисунок 1 – Структурная схема устройства



1, 2 – прямой и обратный сигнал управления инвертора напряжения;
3 – опорный сигнал

Рисунок 2 – Импульсно-фазовое регулирование

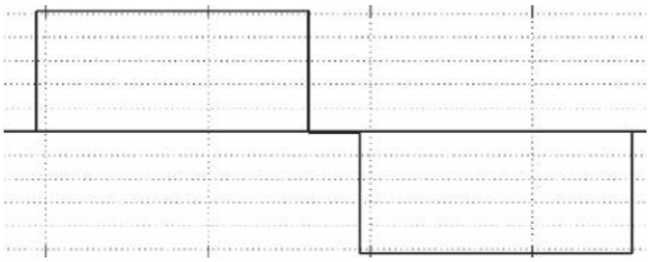


Рисунок 3 – Сигнал на выходе инвертора напряжения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вольтодобавочные устройства для компенсации отклонений напряжения и реактивной энергии с амплитудным, импульсным и фазовым регулированием / [Электронный ресурс] – https://search.rsl.ru/ru/record/01000911480 (дата обращения 12.04.2020).

УДК 621.314
Хакимов Мухаммаджон Саймухамадович, магистр;
Khakimov Muhammadzhon Saimuhamadovich
Мешков Александр Сергеевич, кандидат технический наук, доцент;
Meshkov Alexandr Sergeevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

УСТАНОВКИ РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО НАГРЕВА

RECIRCULATION HEATING INSTALLATIONS

Аннотация. Рассмотрено установку типа РНУ-13 для проведения технологических процессов, требующих равномерного нагрева деталей, в том числе, для искусственного старения крупногабаритных деталей из алюминиевых сплавов и формообразования панелей из алюминиевых сплавов с использованием явления ползучести.
Abstract. The article considers the installation of the RNU-13 type for conducting technological processes that require uniform heating of parts, including artificial aging of large-sized parts made of aluminum alloys and forming panels made of aluminum alloys using the creep phenomenon.
Ключевые слова: рециркуляционные нагревательные установки, нагрев, электропривод, рециркуляция.
Keywords: recirculation heating plants, heating, electric drive, recirculation.

Рециркуляционные нагревательные установки (РНУ) аэродинамического нагрева нашли широкое промышленное применение в различных отраслях производства и технологических процессах низкотемпературной и среднетемпературной тепловой и термохимической обработки материалов в области температур до 500 – 550 ^{0}С. Они используются в процессах термообработки лёгких и цветных металлов и сплавов, тепловой обработки полимерных материалов и пищевых продуктов, для сушки лакокрасочных покрытий, термообработки специальных материалов (из синтетики, оргстекла и др.) и т.п. Кроме того, РНУ применяют в качестве лабораторных испытательных установок и как источники тепла – для отопления помещений в полевых условиях.

Преимущества этого типа нагрева по сравнению с другими видами нагрева, прежде всего в высокой равномерности нагрева по всему объёму садки и тепловой экономичности. Качественная особенность РНУ – объёмное генерирование тепла, причём максимальную температуру имеет газовая среда, а садка нагревается посредством конвективного теплообмена.

Принцип аэродинамического нагрева заключается в реализации теплового эффекта аэродинамических потерь, возникающих при работе ротора (рабочего колеса) центробежного вентилятора в замкнутом

циркуляционном контуре. Ротор служит одновременно нагнетателем и генератором тепла, обеспечивая интенсивную циркуляцию или рециркуляцию и нагрев газовой среды.

Равномерность нагрева, возможность точного регулирования температуры – важнейшие критерии процесса термообработки, определяющие качество продукции: надёжность и долговечность изделий и материалов. Особенно возрастают эти требования в случае сплавов с фазовыми переходами, когда возможна пространственно-временная неоднородность в развитии структурных превращений. Это относиться и к обработке сложных по конфигурации или крупногабаритных узлов и деталей.

В настоящее время во всех ответственных технологических операциях, где требуется прецизионный нагрев в интервале температур от 50 до 650 $\pm(3\text{-}4)^0$C, данный способ нагрева является самым эффективным.

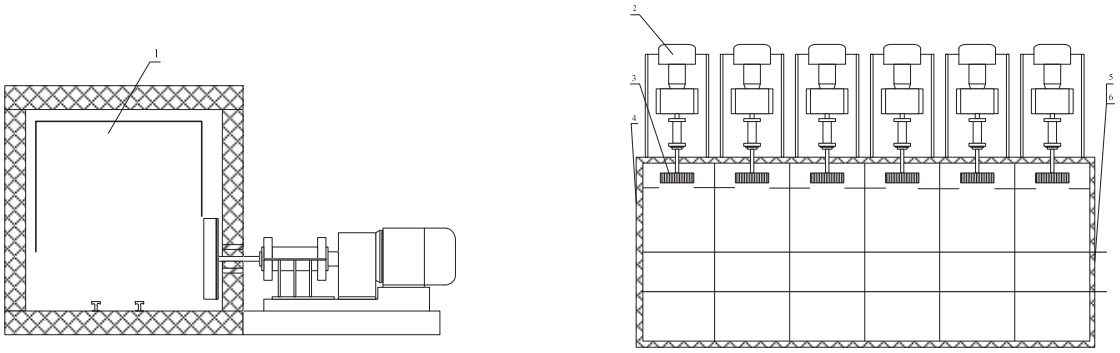
РНУ просты в просты в изготовлении и безопасны в работе (отсутствует опасность пожара, взрыва, поражения электрическим током), компактны. Для них возможна и практикуется такая компоновка, когда фронт печи располагается в цехе, а корпус и моторная часть – вне его, в некапитальной пристройке. Таким образом, достигается экономия производственных площадей.

Рассмотрим установку типа РНУ-13. Она предназначена для проведения технологических процессов, требующих равномерного нагрева деталей, в том числе, для искусственного старения крупногабаритных деталей из алюминиевых сплавов и формообразования панелей из алюминиевых сплавов с использованием явления ползучести.

РНУ данного типа состоит из шести самостоятельных модулей, в состав каждого из которых входят тепловая камера (рисунок 1 а), роторный нагреватель (ротор) с приводом, дверь с приводом (рисунок 1 б). Обозначения на рисунке 1 и рисунке 2: 1 – тепловая камера, 2 – роторный нагреватель, 3 – привод роторного нагревателя, 4 – задняя стенка, 5 – дверь, 6 – привод двери.

Тепловая камера, задняя стенка и дверь – это силовые каркасы из сортового проката, внутренние поверхности которых закрыты экранами из листовой стали. К наружным поверхностям каркаса винтами – саморезами крепятся листовые обшивки. Пространство между внутренней поверхностью и обшивками заполнено тепловой изоляцией. На полу тепловых камер установлены рельсовые пути, по которым перемещается загрузочная тележка.

Ротор – это колесо центробежного вентилятора барабанного типа с дуговыми (листовыми) лопатками. Он представляет собой конструкцию, состоящую из несущего диска, накладного диска, лопаток и ступицы. Ротор установлен на консоли приводного вала, который монтируется на подшипниковых опорах. Вал соединен с электродвигателем привода упругой пальцево-втулочной муфтой.



а) б)

Рисунок 1 – Схема тепловой камеры (а) и конструктивная схема РНУ (б)

Что касается электропривода РНУ, то согласно техническим требованиям электроприводы роторов рециркуляционной нагревательной установки должны обеспечивать:

1) Длительный режим работ с большим количеством часов работы в году;

2) Требуемую скорость вращения (до 1500 м/с);

3) Требуемые пусковые характеристики, несмотря на большие маховые массы на валу;

4) Регулирование частоты вращения двигателя в диапазоне, необходимом для поддержания заданной температуры камеры;

Одной из тенденций в области энергосберегающих технологий последних лет является применение частотно-регулируемых приводов на основе асинхронных короткозамкнутых электродвигателей и полупроводниковых преобразователей частоты, снижающих потребление электрической энергии, повышающих степень автоматизации, удобство эксплуатации оборудования и качество технологических процессов.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором является самым распространённым типом электрической машины. Это объясняется простотой его конструкции и высокой надёжностью, связанной с отсутствием щёток и контактных колец. Преимущества частотно – регулируемого электропривода: возможность создания напора выше номинального; уменьшение износа основного оборудования за счёт плавных пусков, устранения гидравлических ударов, снижения напора; низкий уровень шума; возможность комплексной автоматизации системы. Поэтому, наибольшее распространение в РНУ получил частотно-регулируемый асинхронный привод.

СПИСОК ИСПОЛЬЗАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Тевис П. И. Рециркуляционные установки аэродинамического нагрева / П. И. Тевис, В. А. Ананьев, Е. Г. Шадек. – М.: Машиностроение, 1986. – 208 с.

2 Жумахов И.М. Насосы, вентиляторы и компрессоры : учеб. пособие / И.М. Жумахов. М. : Углетехиздат, 1958. – 599 с.

УДК 004:681.5(07)
Хромов Степан Андреевич, студент; HromovStepanAndreevich
Янченко Андрей Вячеславович,кандидат технических наук, доцент;
YanchenkoAndreyVyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ

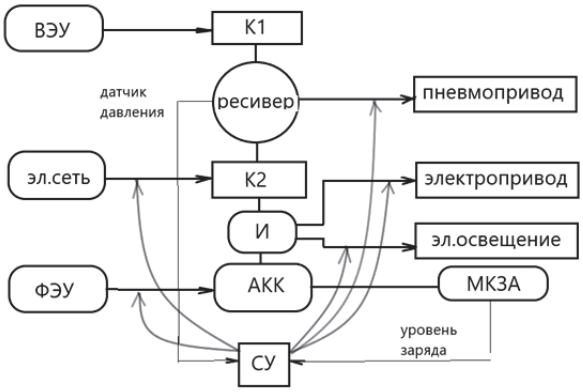
DEVELOPMENT OF HYBRID ELECTROMECHANICAL SYSTEM WITH PNEUMATIC CAPACITOR

Аннотация. Данная работа посвящена разработке гибридной электромеханической системы, содержащей пневматический накопитель энергии с электрическим и ветровым компрессором, электрический аккумулятор с фотоэлектрической установкой и элементами пневмопривода, электропривода и освещения.
Abstract. This work is devoted to the development of hybrid electromechanical system, which includes pneumatic capacitor with electric and screw compressor, battery with photovoltaic installation and pneumatic actuator, electric actuator and lightning elements.
Ключевые слова: гибридная электромеханическая система, пневматический накопитель, ветровой компрессор, аккумулятор, фотоэлектрическая установка, пневмопривод, пневмоцилиндры, электропривод.
Keywords: hybrid electromechanical system, pneumatic capacitor, screw compressor, battery, photovoltaic installation, pneumatic actuator, pneumatic cylinder, electric actuator.

Несмотря на широкое применение, у электропривода существуют такие недостатки, как сложность применения в пожароопасных зонах и взрывоопасных средах, а также при большой влажности. В этом случае возникает необходимость использования другого вида привода, например, пневматического.Основное достоинство пневмоприводов – это простота конструкций, легкий вес пневмоцилиндров, большой срок службы ,низкая цена, быстродействие, возможность подключения большого количества потребителей от одного источника. Перед нами была поставлена задача повысить надежность круглогодичного энергоснабжения небольшого фермерского хозяйства в Дальневосточном регионе, которые могут находиться в лесных пожароопасных и удаленных зонах. Это можно сделать при сочетании различных источников и накопителей энергии, учитывающих местные условия. Поэтому для зоны ДФО была предложена гибридная система с пневмотическим и электрическим накоплением энергии. Укрупненная схема такой системы с элементами пневмо- и электропривода представлена на рисунке 1.

В гибридной системе можно снизить потери за счет сокращения цепочек преобразования энергии, таких как «ВЭУ – ресирвер – пневмопривод»,

«ФЭУ – аккумулятор – осветители» и др. Использование альтернативных источников энергии повышает автономность и надежность такой системы. При удаленности фермерского хозяйства от электросети можно использовать экологичные автономные источники энергии, регулируя вклад каждого из них в зависимости от месторасположения хозяйства. При использовании электросети предлагается ночная схема накачки пневмонакопителя по минимальному тарифу, что даст дополнительный экономический эффект при использовании такой системы. Система сжатого воздуха позволяет использовать большой набор пожаробезопасных элементов пневмопривода в фермерском хозяйстве: пневмоцилиндры для привода ворот загонов для скота, пнемоочистители кормушек, пневмощетки, пневмоинструменты и т.п. При расчете и исследовании такой системы принимались следующие параметры: суточный энергозапас ресивера – 10 кВт*час., объем бака ресивера – 1 м.куб., мощность электрокомпрессора – 2,5 кВт. Типовая схема управления пневмоцилиндром представлена на рисунке 2



ВЭУ – ветроэнергетическая установка; ФЭУ – фотоэлектрическая установка; СУ – система управления; МКЗА – микроконтроллер заряда аккумулятора; К1 – компрессор ветроустановки; К2 – компрессор с электродвигателем; И – инвертор; АКК – аккумулятор

Рисунок 1 – Схема гибридной электромеханической системы с пневматическим накопителем энергии

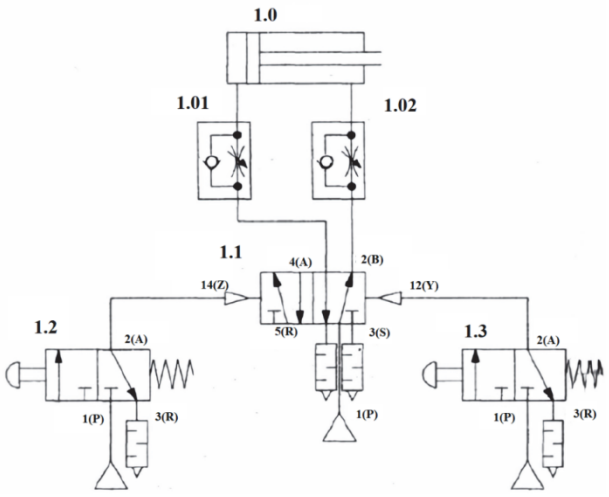


Рисунок 2 – Схема управления пневмоцилиндром с 5/2-распределителем

5/2- распределитель с двусторонним управленим имеет свойтсво памяти и называется двустабильным. Двустабильный распределитель остается в положении, соответствующем последнему поступившему сигналу до тех пор, пока не поступит сигнал, который изменит его положение на противоположное. Для регулирования скорости движения поршня цилиндра в обоих направлениях используются дроссели с обратным клапаном.

Таким образом, сочетание пневматических и электрических устройств позволяет использовать преимущества обоих типов преобразователей: высокий КПД, надежность конструкции, низкую стоимость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Васильченко С.А., Черный С.П., Сухоруков С.И. Гидравлические и пневматические элементы систем автоматики//учеб. пособие / – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – 101-105 с.

2 Лозовецкий, В.В. Гидро- и пневмосистемы транспортно-технологических машин / В.В. Лозовецкий. – СПб. : Лань, 2012. – 560 с.

3 Васильченко С.А. Элементы систем корабельной автоматики //учеб. пособие / – Комсомольск-на-Амуре :ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 78-85 с.

УДК 681.5.01:658.5

Хрульков Владимир Николаевич, аспирант; Khrulkov Vladimir Nikolayevich
Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент;
Cherny Sergey Petrovich
Давудов Тимур Гаммаевич, магистр; Davudov Timur Gammaevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ РЕАЛИЗОВАННЫХ НА ПЛК И СРЕДСТВАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

ANALYSIS OF FUZZY SYSTEMS IMPLEMENTED ON A PLC AND SIMULATION TOOLS

Аннотация. Данная работа посвящена анализу результатов вывода нечеткого регулятора на ПЛК и в среде математического моделирования Matlab.
Abstract. This work is devoted to the analysis of the results of the output of the fuzzy controller on the PLC and in the environment of mathematical modeling Matlab.
Ключевые слова: нечеткий логический регулятор, ПЛК.
Keywords: fuzzy logic controller, PLC.

В 1965 году Лотфи Заде была представлена основополагающая теория нечетких множеств, которая кардинально изменила подход к построению систем управления. Спустя десятилетие в 1975 Мамдани был предложен первый нечеткий регулятор для парового двигателя. Новая нечеткая модель была впервые введена Сугено в 1985 году. Эта модель дает преимущество при реализации системы нечеткой логики на основе компьютера / микропроцессора благодаря более легкому способу дефаззификации.

Прежде чем формировать полноценную систему управления с использованием нечеткого логического регулятора (НЛР) на основе программируемого логического контроллера (ПЛК) необходимо провести анализ результатов дефаззификации работы системы в среде моделирования и ПЛК.

Формирование и расчет НЛР был осуществлен в программной среде Matlab с использованием модуля Fuzzy logic toolbox. Для проверки работоспособности НЛР на ПЛК была использована аппаратно-программная платформа Arduino DUE имеющую 32-битное ядро и библиотеку Embedded Fuzzy Logic Library (eFLL) для реализации систем, основанных на мягких вычислениях.

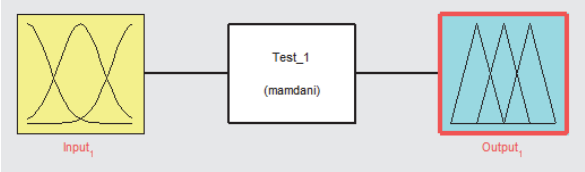


Рисунок 1 – Нечеткий модуль

На рис.1 приведена структура нечеткого модуля, используемого для тестирования НЛР. При построении был использован алгоритм нечеткого логического вывода Мамдани с центроидным методом приведения к четкости; модуль содержит одну входную переменную и одну выходную переменную. Выбор логического вывода Мамдани обусловлен тем, что библиотека eFLL несколько ограничена в функциональных возможностях, таких как отсутствие вывода Сугено, сигмоидальных, колоколообразных, гауссовой функций принадлежности и наличии одного метода приведения к четкости.

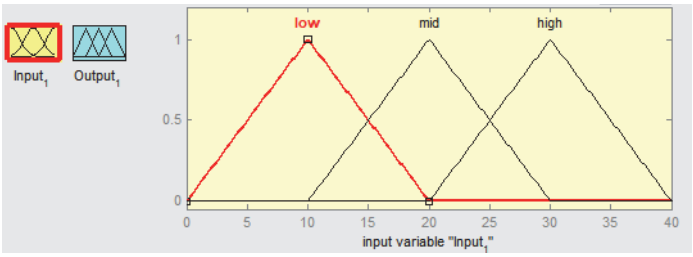


Рисунок 2 – Входные переменные нечеткого модуля

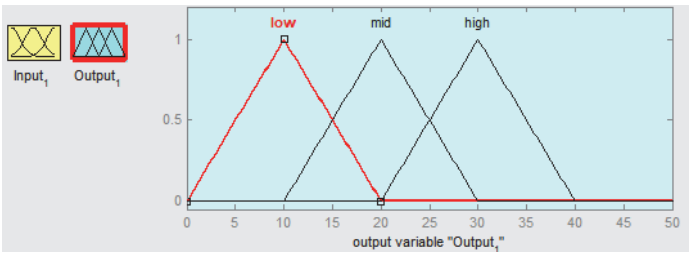


Рисунок 3 – Выходные переменные нечеткого модуля

На рис. 2 и рис. 3 представлены входные и выходные переменные НЛР треугольной формы. Функций принадлежности такого типа достаточно для проверки точности дефаззификации данных НЛР для ПЛК.

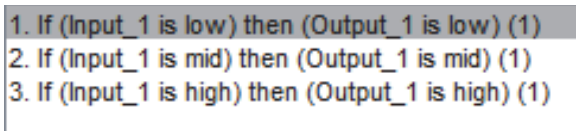


Рисунок 4 – База правил НЛР

В табл. 1 представлены результаты дефаззификации регулятора с Matlab и ПЛК. Данные в интервалах от 1 до 10 и от 30 до 40 были исключены в связи тем, что в зонах, где нет пересечений функций принадлежности результат нечеткого вывода у контроллера и модели идентичны.

Таблица 1 – Сравнение результатов дефаззификации ПЛК и Matlab

Входные параметры	Вывод Matlab (x1)	Вывод ПЛК (x2)	Ошибка (x1-x2)
11	11,3	11,61	-0,31
12	12,4	12,73	-0,33
13	13,3	13,59	-0,29
14	14,2	14,32	-0,12
15	15	15	0
16	15,8	15,8	0
17	16,7	16,61	0,09
18	17,6	17,43	0,17
19	18,7	18,28	0,42
20	20	20	0
21	21,3	21,61	-0,31
22	22,4	22,73	-0,33
23	23,3	23,59	-0,29
24	24,2	24,32	-0,12
25	25	25	0
26	25,8	25,8	0
27	26,7	26,61	0,09
28	27,6	27,43	0,17
29	28,7	28,28	0,42

Из таблицы видно, что в зоне пересечения функций принадлежности имеется повторяющаяся ошибка при генерации результата НЛР, которую необходимо нивелировать при построении системы на выбранном ПЛК. Появление данной ошибки связано с тем, что алгоритм нечеткого вывода Мамдани осуществлённый в библиотеке eFLL для Arduino реализован не в полной мере и имеет свои существенные ограничения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бесекерский, В.А. Теория автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – СПб. : Профессия, 2004. – 749 с

2 Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат ; пер. с англ. А. Г. Подвесовского ; под ред. Ю. В. Тюменцева. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 798 с

3 Штовба, С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику / С. Д. Штовба. – Винница: Континент-ПРИМ, 1997.– 246с.

4 Кудинов, Ю. И. Нечеткие системы управления / Ю. И. Кудинов. – М.: Техническая кибернетика № 5, 1990. – 196-206с.

УДК 681.5.01:658.5
Худолей Михаил Сергеевич, студент; Khudoley Mikhail Sergeevich
Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент;
Cherniy Sergey Petrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

ANALYSIS OF A MODEL OF A FUZZY CONTROL SYSTEM FOR A TRACTION ELECTRIC DRIVE

Аннотация. Данная работа посвящена анализу системы управления тяговым электроприводом на основе нечеткой логики; рассмотрена существующая система управления и выявлены ее недостатки; предложен вариант модернизации системы управления; разработана математическая модель объекта регулирования и сделан сравнительный анализ применения классической и интеллектуальных систем управления.
Abstract. This work is devoted to the analysis of a traction electric drive control system based on fuzzy logic; the existing management system is examined and its shortcomings are revealed; the option of modernizing the control system is proposed; a mathematical model of the regulatory object has been developed and a comparative analysis of the application of classical and intelligent control systems has been made.
Ключевые слова: нейро-нечеткий подход, математическая модель объекта регулирования, нечеткая логика, ANFIS-сеть.
Keywords: neuro-fuzzy approach, mathematical model of the object of regulation, fuzzy logic, ANFIS network.

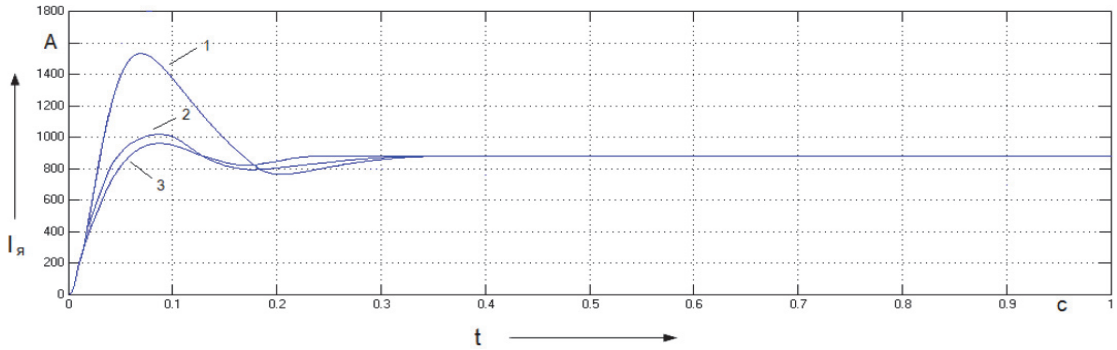
В данном случае в обратную связь по току объекта регулирования включена структура интеллектуальной системы управления, заменяющая блок электромеханического регулятора.

В результате моделирования с использованием языка инженерных вычислений, можно сделать ряд выводов:

1 При прочих равных условиях и при оптимальных параметрах погрешность регулирования с применением классической системы управления значительно больше, чем с применением нечеткого и нейросетевого регуляторов. Как видно из приведённых в работе графиков, классическая система управления обладает наибольшими перерегулированием и временем переходного процесса.

2 Нечеткий регулятор является самым простым из представленных. На практике дает лучшие результаты в системе управления в сравнении с классическим, но уступает по качеству регулирования гибридной системе. Достаточно прост в настройке и обслуживании.

3 Нейросетевой регулятор обладает наилучшим качеством регулирования: минимальное время переходного процесса и минимальные динамические ошибки. Но более сложная структура и необходимость в обучении делает его менее целесообразным для реализации.



1–классическая система; 2–система с нечетким регулятором;
3–система с нейросетевым регулятором
Рисунок 1 – Переходной процесс по току

В целом результаты компьютерного моделирования показывают, что применение нечетких систем позволяет добиться уменьшения значений пиковых моментов, увеличить быстродействие системы и повысить точность управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Круглов, В. В. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети / В.В. Круглов, М. И. Дли, Р. Ю. Голунова. – М. : Физматлит, 2001. – 224 с.

2 Нечеткие множества в системах управления : учеб. пособие для студентов вузов / под ред. Ю. Н. Золотухина. – Новосибирск : ГОУВПО «НГУ», 1997. – 40 с.

3 Якушев, А. Я. Исследование системы автоматического управления тяговыми электродвигателями электровоза переменного тока : в 2 ч. : учеб. Пособие для студентов вузов ж.-д. транспорта / А. Я. Якушев. – Санкт-Петербург : ФГОУ ВПО «ПГУПС», 2010. – 260 с.

4 Поспелов, Д. А. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Д. А. Поспелов. – М. : Наука, 1986. – 312 с

6 Соловьёв, В. А. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами : монография /В.А. Соловьёв, С.П. Чёрный. – Владивосток : Дальнаука, 2010. - 267 с.

7 Амосов, О. С. Искусственные нейронные сети, нечеткие и экспертные системы : учеб. пособие для вузов / О. С. Амосов, Д.С. Магола. – Комсомольск-наАмуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2005. – 100 с.

УДК 621.311
Чернышова Дарья Витальевна, студент; Chernyshova Darya Vitalievna
Гринкруг Мирон Соломонович, кандидат технических наук, профессор;
Grinkrug Miron Solomonovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЗАДАЧА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРИ НОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ

THE PROBLEM FOR DETERMINING THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE POWER SUPPLY SYSTEM AT NORMAL OPERATION MODES

Аннотация. В статье рассматривается оптимизация работы системы электроснабжения, предлагается постановка задачи для определения оптимальных параметров системы электроснабжения при нормальных режимах работы.
Abstract. The article discusses the optimization of the power supply system, a method for solving the mathematical problem of determining the optimal parameters of the power supply system under normal operating conditions is proposed.
Ключевые слова: математическое моделирование, оптимизация системы электроснабжения.
Keywords: mathematical modeling, power supply system optimization.

В современном обществе энергия является одним из важных условий поддержания жизни и развития экономики. Энергетика представляет собой сложную цепочку процессов преобразования и передачи энергии от источников до приемников.

Одной из особенностей электрической энергии является то, что она не накапливается в промышленных объемах и передаётся практически мгновенно – со скоростью электромагнитного поля, то есть потребляется в момент производства.

Надежное функционирование системы достигается при точном соответствии объемов произведенной и потребленной электроэнергии в каждый момент времени.

Система электроснабжения состоит из следующих основных элементов: источников электроэнергии (электростанций), понижающих и повышающих трансформаторных подстанций, линий электропередач. У каждого элемента системы электроснабжения есть номинальные параметры и соответствующие максимально допустимым значениям величин текущие значения величин, характеризующие режим работы данного элемента.

С формальной точки зрения имеем следующую задачу: имеется система электроснабжения, которая описывается узлами сетки, в которых со-

средоточены источники питания с располагаемой мощностью и источники потребления электрической энергии мощностью. Число узлов в сети - N, причем могут существовать узлы, в которых нет источников питания. Основные характеристики узла с номером i представлены следующими параметрами:

- Суммарная максимальная мощность электростанций в узле $P_{i\,max}$ (кВт).

- Количество и мощность каждого генераторного блока в узле P_{ik} (кВт), где k – номер генератора, текущая мощность каждого генератора ρ_{ik} (кВт). При этом выполняется условие

$$\sum_{k=1}^{N} \rho_{ik} = P_i$$

- Суммарная мощность потребителей энергии в узле $П_i$ (кВт). Эта величина является переменной. Она зависит от суточных (день, ночь) и сезонных (зима, лето) колебаний нагрузок. Подробно вопрос изменения нагрузок рассмотрен в [1][2].

- Стоимость производимой электроэнергии C_{ik} (руб/кВт*ч), где k – номер генератора в узле. Эта величина даже в одном узле может быть разной для разных электростанций находящихся там.

- Цена потребляемой в узле энергии $Ц_i$ (руб/кВт*ч).

Узлы сетки соединены между собой линиями электропередач, которые характеризуются следующими основными параметрами:

- Номинальное рабочее напряжение U_{ij} (кВ), где i и j – номера узлов, соединяемых линией электропередачи.

- Сопротивление линии электропередачи R_{ij} (Ом).

- Максимальный допустимый ток линии электропередач $I_{ном\ ij}$ (А).

- Предельно допустимая пропускная способность линии электропередачи N_{ij} (кВт).

- Передаваемая мощность по линии электропередач $Q_{Вх\ ij}$ (кВт) в начале линии и $Q_{Вых\ ij}$ (кВт) в конце линии электропередач.

- Мощность потерь в линии электропередач

$$Q_{п\ ij} = I_{ij}^2 R_{ij} = Q_{Вх\ ij} - Q_{Вых\ ij} = \left(\frac{Q_{Вх\ ij}}{U_{ij}}\right)^2 R_{ij}\ (кВт).$$

Не все узлы сетки могут быть соединены между собой. Обычно в реальных системах электроснабжения в узле сходится не более трех-четырех линий. Возможны также случаи, когда два узла соединяют более одной линии электропередач с разными параметрами.

Рассматривать задачу будем при нормальных режимах работы системы энергоснабжения.

При нормальном режиме работы все текущие показатели работы оборудования и систем (генераторов, трансформаторных подстанций, линий электропередач) работают при текущих значениях меньше либо равных номинальным значениям. Это означает, что вырабатываемые передающие мощности и токи меньше номинальных допустимых значений.

В качестве целевой функции при решении задачи поиска оптимальных параметров систем электроснабжения принимаем минимальное значение суммарной стоимости произведенной энергии. При заданном потреблении энергии и ее ценах это соответствует также условию максимальной получаемой прибыли энергокомпании. Математически сформулируем задачу следующим образом:

$$S = \sum C_{ik}\,\rho_{ik} \rightarrow \min.$$

При этом должны выполняться следующие условия. Для каждого узла должно выполняться условие равенства (баланса) произведенной и прибывшей в узел энергии с потребляемой энергией:

$$\sum_{k} \rho_{ik} + \sum_{j} Q_{Вх\,ij} - \sum_{j} Q_{Вых\,ij} = \Pi_i$$

Должны выполняться ограничения по допустимой мощности каждого элемента:

- для генераторов

$$\rho_{ik} \le P_{ik};$$

- для узла

$$\sum \rho_{ik} \le \sum P_{ik} = P_i;$$

- для линии электропередач

$$Q_{Вх\,ij} - Q_{Вых\,ij} = Q_{пот} \le I^2_{нач\,ij} R_{ij}$$

Рассматривать задачу планируется на примере Объединенной энергосистемы Востока, которая расположена на территории пяти субъектов Российской Федерации: Амурской области, Приморского и Хабаровского краев, Еврейской автономной области и республик Саха (Якутия). ОЭС Востока образуют 27 электростанций, мощностью 5МВт и выше, 557 электрических подстанций класса напряжения 110-500 кВ общей мощностью 39,4 млн кВА и 636 линий электропередачи 110-500 кВ общей протяженностью 33439 км. Суммарная установленная мощность электростанций ОЭС Востока по данным на 01.01.2020 составляет 11 069 МВт (без учета работающего изолированно Николаевского энергорайона).

ОЭС Востока связана с ОЭС Сибири тремя высоковольтными линиями электропередачи 220 кВ, имеющими ограниченную пропускную способность, и граничит с энергосистемой Китая.

В структуре генерирующих мощностей преобладают тепловые электростанции, имеющие ограниченный диапазон регулирования. Основные генерирующие источники размещены в западной части ОЭС Востока, а основные районы потребления – на юго-востоке, что обуславливает большую протяженность линий электропередачи. Еще одной особенностью ОЭС Востока является одна из самых высоких в ЕЭС России доля коммунально-бытовой нагрузки в электропотреблении – порядка 25%. Схема энергосистемы представлена на рисунке 1.

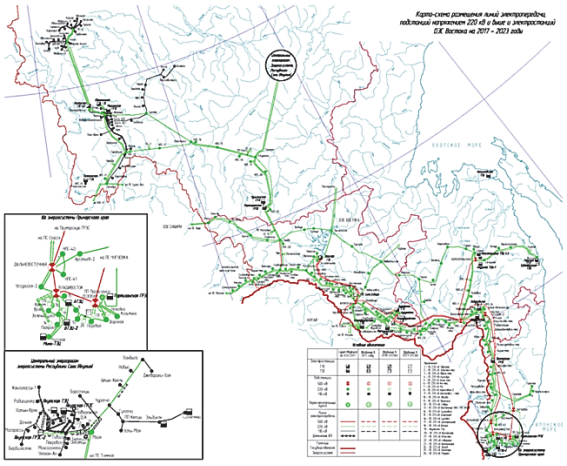


Рисунок 1 – Схема ОЭС Востока

Решение поставленной задачи позволит определить оптимальные параметры системы электропередач: мощности генераторов, включение в работу линий электропередач и передаваемую энергию по ним.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ткачева, Ю.И. Разработка методов и технических средств по снижению потерь электроэнергии в распределительных сетях низкого напряжения : дис. …канд. техн. наук : 05.09.03 / Ткачева Юлия Ильинична. – М., 2003. – 185 с.

2 Гринкруг, Я.С. Управление режимами работы дизельных электростанций в автономных сетях электроснабжения : дис. …канд. техн. наук : 05.13.06 / Гринкруг Яков Соломонович. – М., 2006. – 171 с.

УДК 621.9:519.8

Шевченко Матвей Валерьевич, магистрант; Shevchenko Matvei Valerevich
Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент;
Cherny Sergei Petrovish
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ ОБЪЕКТА НА НЕЧЕТКУЮ И КЛАССИЧЕСКУЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

THE STUDE OF RESEARCH CHANGE OF DEPENDENCE DURING CHANGE OF CONSTANT OBJECTS OF REGULATION OF FUZZY AND CLASSICAL SYSTEM

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию нечеткой и классической системы при изменениях параметров объекта регулирования, а именно постоянной времени тиристорного преобразователя.

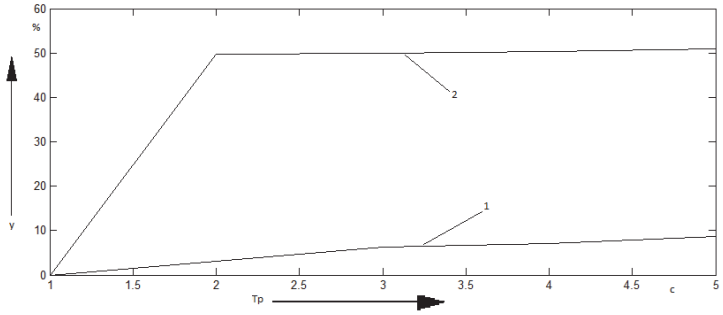
Abstract. This work is devoted to the study of fuzzy and classical systems with changes in the parameters of the control object, namely, the constant time of the thyristor converter.

Ключевые слова: интеллектуальная система управления, нечеткий логический регулятор, вариация параметров системы управления.
Keywords: intelligent control system, fuzzy logic controller, variation of control system parameters.

При анализе системы автоматического регулирования положения с нечетким и с линейным регулятор, можно составить зависимость, а именно как изменяются показатели качества, время регулирования и время перерегулирования в зависимости от изменяемия показателя объекта управления.

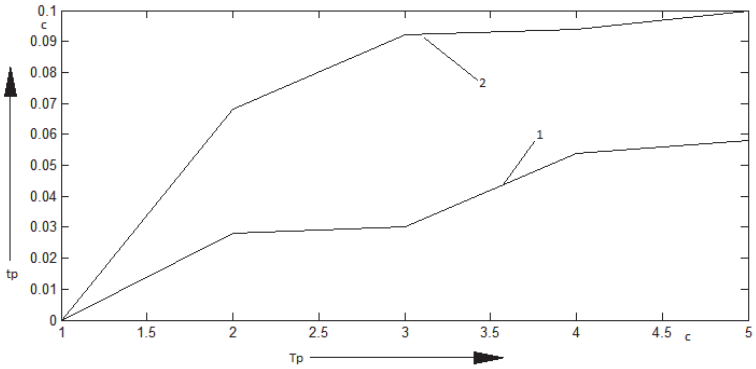
Изменяя постоянную времени тиристорного приобразователя в системах с нечетким регулятором Сугено первого порядка и классическим ПИД регулятором, наблюдается изменение показателей качества переходного проццеса, времени регулярования и перерегулирование.Если нечеткая система реагирует на изменение боллее мягко и подстраивается под них, то классическая система реагирует довольно жестко и при изменение параметра показатель качества изменяется быстрее.

График зависимости перегулирования интеллектуальной и классической системы от изменение постоянной времени тиристорного преобразователя представлен на рисунке 1.



1 – система с нечетким регулятором; 2 – система с линейным регулятором
Рисунок 1 – Характеристика зависимости

График зависимости времени регулирования интеллектуальной и классической системы от изменение постоянной времени тиристорного преобразователя представлен на рисунке 2.



1 – система с нечетким регулятором; 2 – система с линейным регулятором
Рисунок 2 – Характеристика зависимости

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Соловьев В.А., Черный С.П. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами. 2010. С. 115-116.

2 Черный, С.П. Нечеткая многокаскадная система управления электроприводом постоянного тока / С.П. Черный, Д.А. Новак – Электротехнические комплексы и системы управления. 2012. №4. С. 56-60

УДК 681.5.017

Шерзод Кобили Истамкул, студент; Sherzod Kobili Istamkul
Стельмащук Сергей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент; Stelmashchuk Sergey Valerevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННО-ВЕНТИЛЬНОГО КАСКАДА С ПОДЧИНЕННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ В СРЕДЕ

MATLAB SIMPOWERSYSTEMS
SIMULATION MODEL OF ASYNCHRONOUS RECTIFIER STAGE WITH SUBORDINATE CONTROL IN MATLAB SIMPOWERSYSTEMS

Аннотация. В работе рассматривается система подчиненного регулирования, где объектом является имитационная модель асинхронно-вентильного каскада (АВК) построенного в пакете SimPowerSystems. Осуществляется сравнение переходных процессов скорости, момента и выпрямленного тока системы регулирования с имитационной моделью АВК с линеаризованной системой регулирования, по которой осуществляется настройка на модульный оптимум.

Abstract. The paper considers a system of subordinate control, where the object is a simulation model of an asynchronous rectifier stage (ARS) built in the SimPowerSystems. The transient processes of speed, torque and rectified current of the control system are compared with the simulation model of the ARS with a linearized control system, which is configured for a modular optimum.

Ключевые слова: асинхронно-вентильный каскад, SimPowerSystems.
Keywords: asynchronous rectifier stage, SimPowerSystems.

Целью исследований в данной работе является использование АВК как объекта управления системы подчиненного регулирования [1] и сравнение качества настройки системы регулирования с имитационной и с линеаризованной моделью АВК. Исследования системы регулирования проводились на основе асинхронного двигателя с фазным ротором МТ-71-10 мощностью 80 кВт, трехфазного трансформатора ТС-40 мощностью 40 кВА и сглаживающего дросселя ФРОС-65/0,5.

Имитационная модель АВК представлена на рис. 1. Контуры тока и скорости системы подчиненного регулирования АВК настроены на модульный оптимум [1]. Линеаризованная модель системы регулирования АВК представлена на рис. 2.

Настройки линеаризованной системы действительны только для малых отклонений сигналов. Поэтому пуск имитационной модели системы регулирования должен выполняться в разомкнутом состоянии.

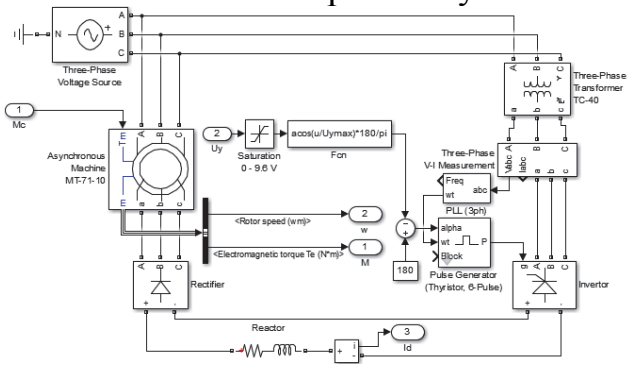


Рисунок 1 – Имитационная модель АВК

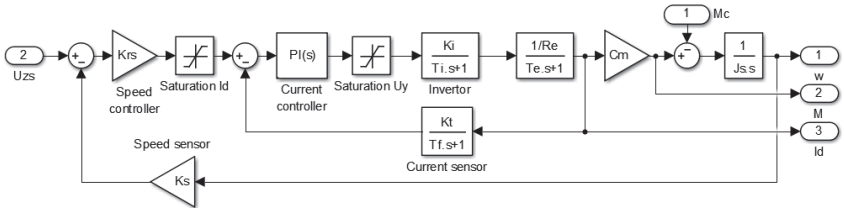


Рисунок 2 – Линеаризованная модель системы подчиненного регулирования АВК

Значение сигнала управления для заданной скорости $\omega_{\text{з}}$

$$U_{\text{у}} = \frac{1}{K_{\text{и}}}\left(E_{d0}\frac{\omega_0 - \omega_{\text{з}}}{\omega_0} - \frac{R_{\text{э}}}{C_M}M_C\right) \qquad (1)$$

После пуска к АВК подключаются контуры обратных связей и регуляторы. Подключение осуществляется без вызова в системе регулирования переходных процессов. При этом действительная скорость двигателя может отличаться от заданной. По установившимся значениям сигналов обратной связи тока $U_{\text{от}}$ и скорости $U_{\text{ос}}$ определяется значение сигнала задания

$$U_{\text{з}} = \frac{U_{\text{от}}}{K_{\text{рс}}} + U_{\text{ос}} \qquad (2)$$

При этом сигнал на входе интегратора регулятора тока должен быть равен нулю, а начальное значение на выходе интегратора

$$U_I = -U_{\text{у}} - U_P,$$

где U_P – сигнал на выходе пропорционального канала регулятора тока.

Модель системы регулирования с имитационной моделью АВК представлена на рис. 3. Подключение контуров и обновление интегратора выполняется с помощью блока Switch по триггерному сигналу от блока Trigger.

Например, необходимо разогнать двигатель МТ-71-10 до скорости 40 $с^{-1}$. В соответствии с (1) $U_у = 7{,}1$ В.

После пуска АВК скорость и выпрямленный ток АВК составили $\omega = 43\ с^{-1}$ и $I_d = 130$ А. Тогда по (2) $U_з = 6{,}9$ В.

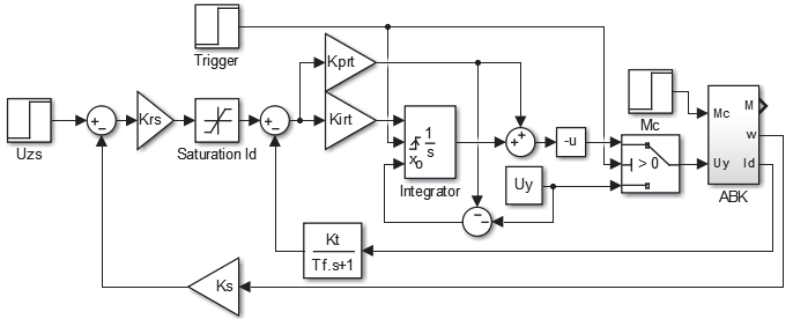


Рисунок 3 – Модель системы с имитационной моделью АВК

Далее, можно регулировать скорость двигателя. На рис. 4 представлены переходные процессы скорости, момента и выпрямленного тока при увеличении сигнала задания на 1 В (верхний ряд) и момента нагрузки с 1000 Нм на 1500 Нм (нижний ряд).

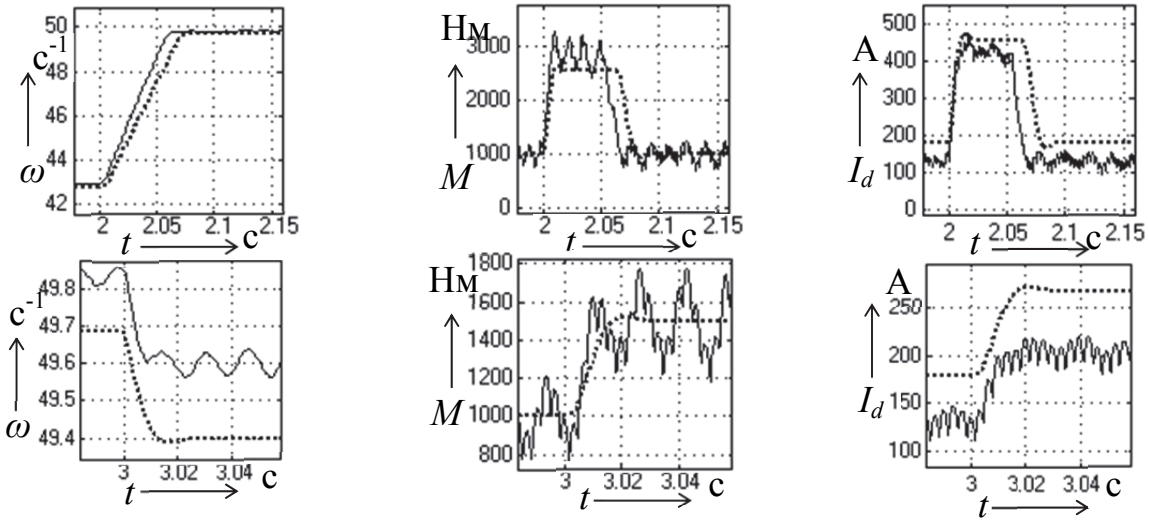


Рисунок 4 – Переходные процессы скорости ω, момента M и выпрямленного тока I_d линеаризованной системы регулирования (пунктирная линия) и системы регулирования с имитационной моделью АВК (сплошная линия)

По результатам моделирования видно, что настройка на модульный оптимум, полученная на основе линеаризованной модели системы регулирования, в малых отклонениях применима к системе регулирования с имитационной моделью АВК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Справочник по автоматизированному электроприводу. / Под редакцией Е. А. Елисеева, А. В. Шинянского. - М.: Энергоатомиздат, 1983. - 616 с.

УДК 681.5.01
Шестаков Михаил Игоревич, студент; Shestakov Mikhail Igorevich
Черный Сергей Петрович, кандидат технических наук, профессор;
Cherniy Sergey Petrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЧЕТКИХ МНОГОКАСКАДНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ

RESEARCH OF FEATURES OF MODELING OF FUZZY MULTI-CASCADE CONTROL SYSTEMS WITH VARIABLE STRUCTURE

Аннотация. В работе представлены подходы к коррекции пораметров ПИД-регулятора на основ технологии многокаскадного нечеткого управления. Показаны возможности такой интеллектуальной сиситмы по формированию различных законов управления для сложных технологичеких объектов.
Abstract. This paper presents approaches to correcting the parameters of the PID controller based on multistage fuzzy control technology. The possibilities of such an intelligent system for the formation of various control laws for complex technological objects are shown.
Ключевые слова: интелектуальная система, многокаскадный нечеткий регулятор, ПИД-закон управления.
Keywords: intelligent system, multistage fuzzy controller, PID control law.

Классические системы управления технологическими процессами чеще всего ориентированы на реализацию ПИ- или ПИД-закона регултрования. При этом сложность и нестационарность самого объекта регулирования приводит к необходимости динамической коррекции коэффициентов таких регуляторов по каждому каналу управления [1].

Подход основанный на технологии нечеткого многокаскадного управления позволяет не только оперативно варьировать коэффициенты классического регулятора, но и выбирать необходимую форму закона управления в зависимости от текущей ситуации.

Структурно многокаскадная нечёткая система регулирования может быть реализована путём добавления дополнительного НЛР в систему. НЛР ставится последовательно в канал управления [2]. Интеллектуальные свойства нечёткого регулятора дают возможность формировать корректирующее воздействие на каждый локальный канал управления. Регуляторформирует корректирующие поправки заменяющие коэффициенты К1, К2 и К3 ПИД – регулятора. Выходы интеллектуального переключающего устройства пода-

ются на вход НЛР внутреннего каскада, который соответственно вырабатывает управляющий сигнал сходный с управляющими сигналами ПИД-регулятора и являющийся суммой трёх слагаемых. Структурная схема многокаскадной нечёткой системы регулирования представлена на рисунке 1. Данная система должна обеспечить формирование переходных характеристик рассматриваемых каналов, близких к полученным в системе с ПИД-регулятором и улучшить основные показатели качества [3].

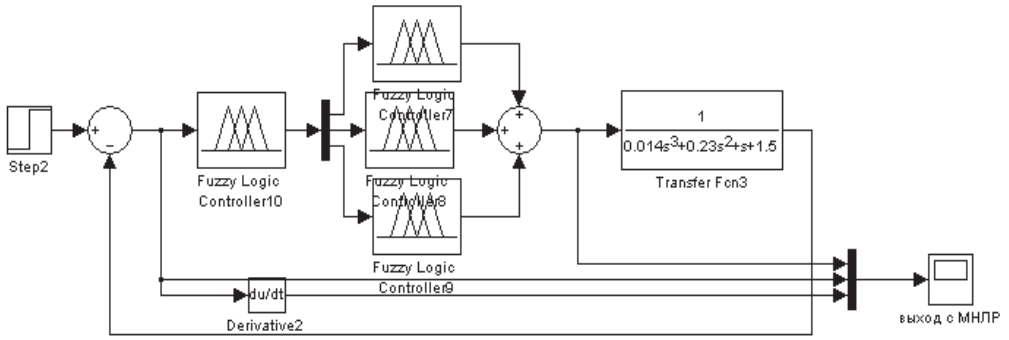


Рисунок 1 – Структурная схема многокаскадной нечёткой системы

Учитывая особенности реализации различных алгоритмов нечеткого логического, при моделировании такой интеллектуальной системы необходима выраотка целого ряда структурных решений. Вместе с тем, необходимо отметить, что реализация такого нечеткого управляющего модуля позволит решать проблему не только достижения заданных показателей качества, но и расширить возможности классических подходов по управлению до решения многокритериальных задач.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Соловьев В.А. Искусственный интеллект в задачах управления. Интеллектуальные системы управления технологическими процессами / В.А. Соловьев, С.П. Черный - Учебное пособие, Владивосток, «Дальнаука», 2010

2 Cherniy S.P. Modeling Multi-Cascade Fuzzy Controller with Integrated Implementation of Various Control Laws / S.P. Cherniy, V.I. Susdorf ; A.V. Buzikayeva - 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon). DOI: 10.1109/URALCON.2019.8877652

3 Cherniy S.P. A Model of Multi-Cascade Fuzzy Logic Controller Implemented Using Different Variations of Inference Algorithms / S.P. Cherniy, A.V. Buzikayeva, A.S. Gudim - 2019 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). DOI: 10.1109/FarEastCon.2019.8934872

УДК 621.313
Шестопалько Дмитрий Константинович, студент;
Shestopalko Dmitryi Konstantinovich
Янченко Андрей Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;
Yanchenko Andrey Vyacheslavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С ИНЕРЦИОННЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ

ELECTROMECHANICAL SYSTEM WITH INERTIAL ENERGY STORAGE

Аннотация. В работе представлена электромеханическая система с инерционным накопителем энергии, рассмотрено устройство, обоснован выбор основных элементов системы, показаны преимущества и эффективность такого накопителя энергии.
Abstract. The work presents an electromechanical system with an inertial energy storage, the device is considered, the choice of the main elements of the system is substantiated, the advantages and effectiveness of such an energy storage are shown.
Ключевые слова: инерционный накопитель, маховик, магнитный подвес.
Keywords: inertial storage, flywheel, magnetic suspension.

На современном этапе самые распространенные накопители энергии – это электрохимические накопители (аккумуляторы и батареи). Основной их недостаток – сложность утилизации. Поэтому создание новых экологичных накопителей энергии имеет большое значение. Если сравнить наиболее известные накопители энергии, то можно увидеть (таблица 1) [1],[2], что механические дисковые накопители вращения по объемной удельной энергоемкости занимают первую позицию.

Таблица 1 - Энергоемкость различных накопителей энергии

Накопители энергии	Удельная энергоемкость, Вт·час/кГ	Объемная удельная энергоемкость, Вт·час/дм^3
Гидравлические	0,029	0,029
Конденсаторные	0,072	0,087
Свинцово-кислотные	15,47	60-75
Пневматические	22,20	0,556
Теплоаккумуляционные	58,33	58,33
Инерционные вращения	2,780	75-80

Рассмотрим устройство инерционного накопителя. В основе конструкции такого накопителя используется как правило стальной вращающийся диск.

Для увеличения эффективности инерционных накопителей необходимо их обеспечить оптимальным устройством раскручивания (закачки кинетической энергии) и оптимальным преобразователем кинетической энергии в электроэнергию при минимальных потерях на трение W_T в процессе хранения энергии. Для обеспечения этих условий необходимо решить задачи минимизации потерь на трение при вращении маховика и задачи выбора электромагнитных преобразователей энергии (ЭМП).

Исключить трение при вращении маховика можно с помощью двух факторов -организацией магнитного подвеса стального диска и вакуумирования пространства, в котором он будет вращаться. Стабилизацию плоскости вращения следует выполнить на магнитном подвесе. Его достоинство состоит в отсутствии механических потерь на трение. Магнитные опоры на постоянных магнитах обладают демпферными свойствами. При появлении колебаний диска в плоскости вращения они сглаживают эти колебания. Отталкивающая сила одноименных магнитных полюсов центрирует положение диска. Оценить эту силу на единицу площади магнитной опоры можно по формуле $F_{уд} = B_\delta^2/2\mu_0$, где B_δ – значение индукции в зазоре опоры; μ_0 – магнитная постоянная ($4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м). При необходима магнитная стабилизация вращения диска как в плоскости вращения, так и в осевом направлении. Для осевой стабилизации можно использовать наряду с магнитным демпфированием и механическое в виде центрирующей опоры минимального трения (стальной иглы в центре диска). Таким образом практически бесконтактное вращение маховика с электромагнитным ускорением и торможением позволяет решить проблему герметизации вращающегося диска и сделать работу устройства малошумным, т.е. минимизируется механический и аэродинамический шум. По нашим оценкам в зависимости от глубины вакуума инерционный накопитель будет терять не более 2-4% энергии за 24 часа. Это делает возможным практическое использование такого накопителя для сохранения и обмена энергией в течении нескольких суток или часов. Для инерционного накопителя, который вращается в вакууме, важно бесконтактно его разгонять и также бесконтактно тормозить, получая энергию обратно. Поэтому требуется особый выбор ЭМП для ввода и вывода энергии. Для раскручивания маховика целесообразно взять асинхронный короткозамкнутый двигатель. Для обратного преобразования кинетической энергии в электрическую необходимо задействовать индук-

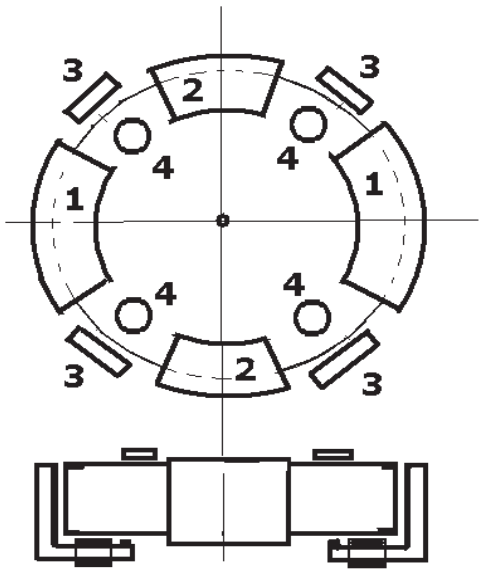


Рисунок 1 – Компоновка ЭМС

торный генератор. В этом случае для обоих преобразований можно использовать ротор без возбуждения, то есть в виде обычного стального диска с пазами на торцевой поверхности. На рисунке 1 показана конструктивная схема (компоновка) электромеханической системы (ЭМС) с инерционным накопителем: 1 - индукторный генератор, 2 - асинхронный двигатель, 3 - ПМ осевой стабилизации, 4 - ПМ стабилизации плоскости вращения.

Расчеты такого накопителя были сделаны для практического применения в быту при двухтарифном графике электроснабжения, т.е. при разнице тарифов на электроэнергию днём и ночью. В этом случае ночью можно запасать энергию (низкий тариф), а днем (высокий тариф) тратить. Сделаем оценку работы накопителя со стальным диском массой 100 кГ. Диски из стали по условиям прочности допускают внешнюю окружную скорость до $\upsilon = \Omega r = 400$ м/с [1]. Тогда при диаметре диска 40 см максимальная частота вращения составит примерно 19 тысяч оборотов в минуту. При радиусе диска R = 0.2 м и толщине H = 0.1 м (масса диска 100 кГ) максимально накопленная энергия составит: $0.25 \cdot 3.14 \cdot 7800 \cdot 0.2^2 \cdot 0.1 \cdot 400^2 \sim 3.9$ МДж ~ 1.083 кВт · час. Это количество энергии позволит накопителю в генераторном режиме в течение часа выдавать мощность 1080 Вт или в течении двух часов 540 Вт. Это вполне достаточно для использования в быту. Известно, что среднесуточное потребление электроэнергии на квартиру составляет 3-5 кВт · часов. Тогда пять инерционных накопителей с общим объемом около 100 литров (объем современного холодильника) могут обеспечить суточное энергопотребление в квартире. В промышленности такие накопители могут быть использованы в специальных электротехнологиях, например, в установках электроконтактной сварки с импульсной подачей накопленной энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бут Д.А. , Алиевский Б.Л., Мизюрин С.Р., Васюкевич П.В. Накопители энергии: учеб.пособие для вузов //; Под ред. Д.А. Бута. - М.: Энергоатомиздат, 1991. С. 203-211.

2 Какой накопитель энергии самый энергоемкий [Электронный ресурс]: Электронная библиотека - Режим доступа: https://econet.ru/articles/109310-kakoy-nakopitel-energii-samyy-energoemkiy, свободный

3 Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения [Электронный ресурс]:-Режим доступа: http://www.ekopower.ru/vetrogeneratoryi-s-vertikalnoy-osyu-vrashheniya-rossiyskogo-proizvodstva/, свободный

УДК658.512
Шмырин Дмитрий Павлович, студент;ShmyrinDmitryPavlovich
Дерюжкова Нелли Егоровна, кандидат технических наук, доцент;
DeryuzhkovaNelliEgorovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХ СМЕЖНЫХ КЛЕТЕЙ ПРИ ПРОКАТКЕ С ПЕТЛЕОБРАЗОВАНИЕМ

THE MATHEMATICAL MODEL OF TWO ADJACENT STANDS DURING ROLLING WITH LOOP FORMATION

Аннотация. Статья посвящена разработке математической модели двух смежных клетей при прокатке с петлеобразованием.
Abstract. The article is devoted to the development of a mathematical model of two adjacent stands during rolling with loop formation.
Ключевые слова: клеть, петлевой стол, петлеобразование.
Keywords: stand, loop table, loop formation.

Повышение точности прокатки металла является одной из важнейших задач. Оптимальным по эффективности методом решения данной задачи является регулирование натяжения петли. На натяжения и образования петли напрямую влияет скорость между клетями. Иными словами, скоростной режим для клетей можно настроить так, чтобы между ними присутствовал полный контроль всех усилий натяжения металла, это позволит не превышать границу требований, за пределами которой снижается на качество продукции.

Максимально приближенное поведение полосы, при прокатке в режиме со свободной петлей, когда петля появляется на плоскости гладкого петлевого стола,может быть описано уравнением:

$$\Delta l = \frac{\pi}{60} \cdot \int_0^n \left[\frac{D_{vn-1}}{i_{rn}} \cdot \left(1 + P_{opn-1}\right) \cdot n_{egn-1} - \frac{D_{vn}}{i_{rn} \cdot \lambda} \cdot \left(1 + P_{opn}\right) \cdot n_{egn} \right] \cdot dt,$$

где P_{opn-1}и P_{opn}- создаваемое при прокатке в смежных клетях опережение;

D_{vn-1}и D_{vn}– диаметры катающих валков соседних клетей;

λ_i- коэффициент вытягивания в последней клети;

i_{rn-1}иi_{rn}- передаточные отношения редукторов соседних клетей;

n_{egn-1}иn_{egn}- скорости в оборотах в минуту приводных двигателей клетей;

Этот режим имеет большое количество погрешностей из-за трения полосы прокатки, которое возникает при прохождении металла по поверхности столов на месте, где происходит процесс петлеобразования, а также о входы и выходы привалковых арматур[1].

Данный недочёт может быть исправлен, если использовать системы управления режимом прокатки, в которых задействованы петлеобразователи двух типов.

Первый тип петлеобразователей будет иметь рядом с привалковыми арматурами предыдущих клетей специальный гибочный ролик. С помощью него, при входе переднего конца полосы прокатки в следующую клеть, будет осуществляться отклонение её от оси прокатки. Тогда поведение полосы станет описываться уравнением выше.

Второй тип петлеобразователей создаёт силовую петлю. Усилие P_{nc}, развитое петлеобразователем при образовании симметричной петли, связано с величиной натяжения F_Hследующей зависимостью:

$$P_{nc} = 2 \cdot F_H \cdot \sin \alpha_{no},$$

где α_{no} –угол отклонения полосы между петлеобразователем и осью прокатки.

Рассчитать величину опережения можно с помощью формулы Дрездена:

$$P_{on} = \frac{R}{h_1} \cdot \gamma^2,$$

где γ– нейтральный угол, величина которого определяется с помощью уравнения Экелунда:

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{2} - \frac{1 - \cos \alpha}{2 \cdot \mu},$$

где α –угол захвата;

μ – коэффициент вытяжки металла.

Угол захвата α можно определить из выражения:

$$\cos \alpha = 1 - \left(\frac{\Delta h}{D_H} \right),$$

При возникновении в полосе проката усилий натяжения опережения, на выходе полосы из очага деформации предыдущей клети и его задержки в начале прохода через калибр следующей клети растут, и их расчет будет производиться по аналогии с режимом прокатки с натяжением.

Модель системы управления двумя смежными клетями представлена на рисунке 1.

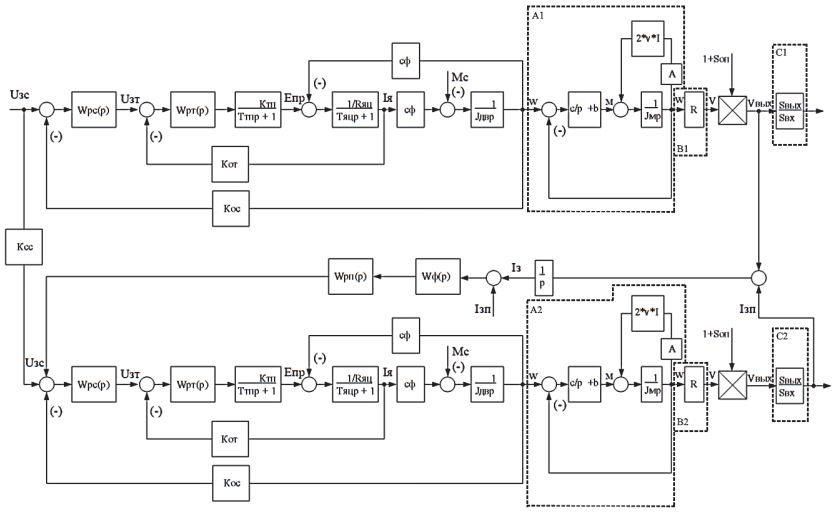


Рисунок 1 – Математическая модель двух смежных клетей, при прокатке со связью через металл

Разработанная математическая модель двух смежных клетей обладает группой регуляторов, которые помогают производить контроль над скоростью. Поскольку отклонения, связанные с опережением, деформациями также отрицательно влияют на систему, были добавлены следующие элементы, позволяющие их компенсировать[2]:

A1 и A2 – Элементы, отвечающие за очаг деформации металла и упругую деформацию клети;

B1 и B2 – Радиусы валков;

C1 и C2 – Элементы, отвечающие за опережение.

Исходя из вышеизложенного, следует, что спроектированная математическая модель двух смежных клетей при прокате с петлеобразованием способна осуществлять контроль натяжения петли посредством группы регуляторов настроенных на корректировку скорости до необходимого значения, а также отрабатывать погрешности связанные опережением или деформациями. Эти особенности системыположительно влияют на её точность, что позволяет повысить качество выпускаемой продукции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пашков, Е.В. Автоматизация в промышленности / Е.В. Пашков.—Севастополь: СевНТУ, 2011. — 225 с.

2 Поляков, А. Е. Электропривод и системы интеллектуального управления электротехническими комплексами / А. Е. Поляков. — Москва : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2019. — 224 с.

СЕКЦИЯ

ЭНЕРГЕТИКА, ТРАНСПОРТ И ОКЕАНОТЕХНИКА

УДК 621.43
Аблапов Иван Васильевич, студент; Ablapov Ivan Vasilievich
Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Smirnov Aleksey Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

USING THE WATER-FUEL EMULSION IN THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF AUTUMOBILES

Аннотация. На сегодня автомобильная отрасль оказывает весьма негативное влияние на экологию. Одним из способов уменьшения этого влияния является применение в качестве топлива двигателей внутреннего сгорания водотопливной эмульсии. Это позволяет улучшить не только экологические, но и технико-экономические показатели двигателя. Важным вопросом является разработка эффективной и компактной системы подготовки и подачи водотопливной эмульсии к двигателю автомобиля.
Abstract. Currently, the automotive industry has a very negative impact on the environment. One way to reduce this impact is to use water-fuel emulsion as fuel of internal combustion engines. This allows you to improve not only environmental, but also technical and economic performance of the engine. An important issue is the development of an effective and compact system for the preparation and supply of water-fuel emulsion for car engines.
Ключевые слова: автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, водотопливная эмульсия, система топливоподачи.
Keywords: automobile, internal combustion engine, water-fuel emulsion, fuel supply system.

В автомобилях в качестве силового агрегата в абсолютном большинстве применяют двигатели внутреннего сгорания. В качестве топлива, несмотря на перспективы газа, используют в основном жидкое топливо. Но сегодня интенсивное развитие автотранспортной отрасли создает большую угрозу экологии за счет вредных выбросов, образующихся при сгорании топлива. Одним из способов улучшения экологических показателей автомобильных двигателей является применение в качестве топлива водотопливной эмульсии. При этом также улучшается и экономичность двигателя.

Водотопливная эмульсия представляет собой смесь топлива, являющегося дисперсной средой, и воды, являющейся дисперсной фазой. По сравнению с обычным, например, дизельным топливом, применение гомогенизированной водно-топливной смеси позволяет повысить эффективность сжигания топлива и снизить вредные выбросы в атмосферу [1].

По данным источника [2], вода в качестве добавки к топливу позволяет: повысить детонационную стойкость (особенно низкооктановых топлив);

снизить до 10 % удельный расход топлива на отдельных режимах работы двигателя; повысить долговечность работы и продлить срок службы двигателей; снизить концентрацию токсичных компонентов в выхлопных газах [2].

Применение водотопливной эмульсии возможно по двум направлениям: применение заранее приготовленной эмульсии и приготовление её непосредственно на автомобиле. Второй способ предпочтительнее, особенно после создания высококачественных диспергаторов и компактных ультразвуковых эмульгаторов [3].

Также в источнике [3] описываются особенности использования водотопливной эмульсии в двигателях. Например, в карбюраторных двигателях добавка 30–40% воды положи2тельно сказывается на детонационной стойкости горючей смеси, приводя к повышению октанового числа почти на 10 единиц. Это способствует увеличению степени сжатия, и соответственно мощности и экономичности двигателя. Но наилучшие результаты даёт использование водотопливной эмульсии в дизелях. Подача эмульсии в камеру сгорания обеспечивает существенное улучшение распыливания топлива за счёт микровзрывов. Присутствие воды снижает тепловую напряженность и позволяет дополнительно форсировать дизель, в том числе и наддувом. Однако, применение водотопливной эмульсии в дизелях увеличивает период задержки воспламенения, а следовательно, и жёсткость работы двигателя. Обводнение топлива до 15% приводит к некоторому снижению расхода топлива за счёт дополнительного дробления и более полного сгорания [3].

Однако, при рассмотрении возможности использования водотопливной эмульсии следует учитывать мнение, существующее у ряда некоторых специалистов и говорящее о том, что наличие воды в топливе приводит к коррозии прецизионных элементов топливной аппаратуры и деталей цилиндро-поршневой группы. Но, несмотря на возможные риски коррозии, применение водотопливной эмульсии дает всё же больше положительных моментов в вопросах эксплуатации двигателя.

Также следует учитывать, что приготовление водотопливной эмульсии требует усложнения топливной системы двигателя и введения новых элементов. А так как в современных автомобилях, особенно легковых, остается очень мало места в подкапотном пространстве, то разработка компактной и эффективной системы приготовления и подачи топлива является весьма важной задачей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Галка, Г. А. Обзор применения водно-топливных эмульсий в ДВС / Г. А. Галка, Е. С. Корскова // Молодой ученый. - 2017. - № 18 (152). - С. 27-30.: электронный ресурс, режим доступа: свободный. URL: https://moluch.ru/archive/152/43111/.

2 Коленко Н.Н., Духанин Ю.И. Водотопливные системы для дизельных энергетических установок //Двигатель, №5 (83), 2012, с. 24 – 27.

3 Водотопливные эмульсии: электронный ресурс, режим доступа: свободный. URL: https://helpiks.org/2-121195.html.

УДК 621.165
Баранова Анастасия Викторовна, студент; Anastasia Victorovna Baranova
Малыхин Анатолий Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Malykhin Anatoliy Aleksandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОТЫ ДРЕНАЖА СИСТЕМ РЕГЕНЕРАЦИИ ТУРБОУСТАНОВОК

ANALYSIS OF EFFICIENCY OF VARIOUS SCHEMES OF USE OF HEAT OF DRAINAGE OF TURBO INSTALLATION REGENERATION SYSTEMS

Аннотация. Проводится анализ различных схем использования теплоты дренажа для турбоустановки Т-180/210-130.
Abstract. An analysis is made of various schemes for using the heat of drainage for a T-180/210-130 turbine.
Ключевые слова: регенерация, отвод дренажа, поверхностный подогреватель.
Keywords: regeneration, drainage, surface heater.

Электроэнергия является одним из наиболее востребованным источником энергии для хозяйственной деятельности человека, поскольку данный тип энергии является универсальным и легко преобразуется в другие виды энергии. Большая часть электроэнергии в России производится на тепловых электростанциях в паротурбинных установках. От эффективности процесса производства электроэнергии зависит её конечная стоимость.

Одним из важнейших факторов повышения эффективности как турбоустановки, так и энергоблока в целом, является эффективное использование теплоты дренажа системы регенеративного подогрева питательной воды.

Регенерация – основной фактор, который позволяет экономить значительное количество тепла. Расход пара на подогреватель зависит от его типа, схемы включения, параметров пара и воды. Для регенеративного подогрева воды на электростанции применяют преимущественно поверхностные подогреватели и частично — смешивающие. Схема с поверхностными подогревателями усложняется наличием дополнительных линий дренажа (конденсата греющего пара). Наиболее простой схемой использования теплоты дренажа греющего пара – это отвод (слив) дренажа из данного подогревателя в соседний, более низкого давления. Недостаток схемы — вытеснение греющего пара из отбора с более низким давлением дренажом из подогревателя, идущий далее по линии подогрева основного конденсата (или питательной воды). Схему с поверхностными подогревателями и каскадным сливом дренажа совершенствуют, включая у подогревателя охладитель дренажа. Благодаря охлаждению конденсата греющего пара водой, входящей в теплообменник, уменьшается расход пара на этот подогреватель и увеличивается расход на соседний подогреватель, в который сливается дренаж. В результате возрастает работа пара отборов и уменьшается потеря теплоты в конденсаторе турбины.

В рамках работы были просчитаны четыре варианта модернизации турбоустановки Т-180/210-130. Результаты расчетов показали, что по термодинамической эффективности схемы располагаются в порядке: схема с обратным каскадом дренажей (4), схема с перекачкой дренажа в линию основного конденсата после подогревателя (3), схема с перекачкой дренажа в линию основного конденсата до подогревателя (2), и затем схема с каскадным сливом дренажей (1). В результате расчета были получены следующие значения, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Технико-экономические показатели теплофикационной турбины Т-180/210-130

Параметры	Исходная схема	Схема 1	Схема 2	Схема 3	Схема 4
Электрическая мощность турбины $N_{эл}$, МВт	180	180	180	180	180
Теплофикационная мощность турбины $Q_т$, МВт	302	302	302	302	302
Полный расход тепла на турбоустановку $Q_{ту}$, МВт	516,9	517,3	516,9	508,8	500,02
Суммарный расход пара на регенерацию α_i	0,249	0,253	0,256	0,271	0,202
Расход пара, учитывающий пар на отборы D_0 , кг/с	185,6	185,8	185,6	181,6	179,4
Коэффициент полезного действия турбоустановки по производству электроэнергии $\eta_{туэ}$	0,844	0,842	0,843	0,877	0,916
КПД ТЭЦ по производству электроэнергии $\eta_{эл}$	0,761	0,759	0,761	0,791	0,826

Сопоставление технико-экономической эффективности различных систем регенерации питательной воды котлов турбоустановки Т-180/210-130 проведено при одинаковой электрической – 180 МВт и тепловой – 302 МВт мощности установки.

Анализ результатов показывает, что по величине КПД по производству электроэнергии схемы расположены в порядке: 4, 3, 2, 1 или в цифровом выражении: 0,916, 0,877, 0,843, 0,842.

Следовательно, КПД по производству электроэнергии схемы регенерации с обратным каскадом дренажей имеет наибольшую эффективность и превышает КПД турбоустановки по выработке электроэнергии на 7,2 % по сравнению с исходной схемой регенеративного подогрева.

Схемы 3, 2, 1 по данному показателю менее эффективны, более того, схема с каскадным сливом дренажей несколько уступает исходной схеме. Остальные технико-экономические показатели по существу являются производными от КПД по производству электроэнергии. В частности, полный расход тепла на турбоустановку по схеме с обратным каскадом дренажей уменьшен, сравнительно с исходной схемой, на 3 %. Суммарный расход пара на регенерацию уменьшен на 23 %, расход пара, учитывающий пар на

отборы – на 3 %, КПД ТЭЦ по производству электроэнергии увеличился по сравнению с исходной схемой на 6,5 %.

Однако, эта схема требует дополнительной установки 7 дренажных насосов, учитывая среднюю стоимость одного насоса примерно 1,8 млн. руб., прямые дополнительные расходы только на покупку основного оборудования, составят 12,6 млн. руб. К этому надо добавить установку смесителей и монтажные работы.

В тоже время, увеличение КПД по производству электроэнергии на 6,5 %, позволяет на столько же уменьшить себестоимость выработки 1 кВт·ч электроэнергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Рыжкин, В. Я. Тепловые электрические станции : учебник для теплоэнерг. спец. вузов. – М. : Энергия – 1987. − 400 с.

2 Оглоблин, Г. А. Регенеративный подогрев питательной воды в паротурбинных установках тепловых электростанций : учебн. пособие / Г. А. Оглоблин. – Л. : СЗПИ, 1988. – 87 с.

3 Турбины тепловых и атомных электрических станций : учебник для вузов / А. Г. Костюк, В. В. Фролов, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний / под ред. А. Г. Костюка, В. В. Фролова. – М. : Издательство МЭИ, 2001. – 488 с.

УДК 621.43

Барашнин Алексей Михайлович, студент; Barashnin Alexey Mihaylovich
Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент; Khvostikov Aleksandr Stanislavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОБСЛУЖИВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ НА КОМПРИМИРОВАННОМ ПРИРОДНОМ ГАЗЕ

MAINTENANCE OF COMPRESSED NATURAL GAS ENGINES

Аннотация. Работа посвещенна анализу требований к обеспечению бесперебойной работы двигателей на природном газе. В работе описаны неисправности таких двигателей, методы их устранения и требования к организации автотранспортных предприятий, занимающихся обслуживанием автомобилей.

Abstract. The paper is devoted to the analysis of requirements for ensuring uninterrupted operation of natural gas engines. The paper describes the failures of such engines, methods of their elimination and requirements for the organization of motor transport enterprises engaged in servicing vehicles.

Ключевые слова: компримированный природный газ, обслуживание автомобилей, надежность, организация предприятия.

Keywords: compressed natural gas, car maintenance, reliability, enterprise organization.

В связи с нестабильной ситуацией на нефтяном рынке, газовые углеводородные топлива становятся всё более привлекательными для использования в качестве источника энергии автомобильных двигателей. В качестве автомобильного топлива используют сжиженный и копримированный природный газ. Компримированный газ используют в качестве источника энергии для пассажирских, легковых и грузовых автомобилей. Количество автомобилей на компримированном газе неуклонно растет. Увеличиваются и автомобильные заправки.

Автомобили на газовом топливе отличаются большей экономичностью, технологичностью и экологичностью. Согласно [1], газовое топливо в 1,5…3 раза дешевле и дает экономию 800 руб. на 100 км, увеличивается ресурс двигателя вдвое, увеличивается срок службы моторного масла и свечей зажигания в 1,2…1,5 раза, что дает возможность окупить установку газобалонного оборудования за 1,5 года.

На Дальнем Востоке сложилась непростая ситуация с обслуживанием автомобилей, работающих на природном газе. Выработка рекомендаций по организации автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания автомобилей с двигателями на природном газе является важной научной и практической задачей.

Газовое топливо имеет температуру сгорания значительно выше по сравению с бензиновыми и дизельными топливами. Из-за повышенных температур и сухости газа в камерах сгорания значительно быстрее происходит износ направляющих втулок и седел клапанов. Также в процессе работы из-за износа уменьшается сопряжение седло клапана – тарелка клапана. Такая особенность эксплуатации обуславливает необходимость выполнять регулировку зазора механизма газораспределения каждые 10…15 тыс. км. Форсунки, работающие на газе, «коксуются» гораздо чаще. необходимо производить обслуживание форсунок каждые 15…20 тыс. км.

Исходя из вышесказанного на автотранспортном предприятии, обслущивающем газомоторные двигатели, необходимо увеличить колличество постов по ремонту и обслуживанию газораспределительной системы двигатели или выделения в отдельный пост в малых предприятиях и увеличения постов очистки коксующихся деталей.

Особое внимание на автотранспортном предприятии должно быть уделено обслуживанию газового оборудования, работающего под давлением и сертификацией такого вида деятельности. Автотранспортное предприятие, обслуживающее автомобили на газовом топливе должны быть дополнительно оснащено постом проверки герметичности газовой системы питания, зоной диагностики и обслуживания газобаллонной аппаратуры, зоной ремонта газобаллонной аппаратуры и переоборудования автомобилей, участком ремонта газовой аппаратуры, пунктом освидетельствования автомобильных газовых баллонов, оборотным складом газовой аппа-

ратуры, складом автомобильных газовых баллонов и автогазонаполнительной станцией [2].

Эксплуатация газоматорных автомобилей предполагает модернизацию перечня работ по ежедневному сезонному техническому обслуживанию автомобилей. Подробное описание работ по обслуживанию газомоторных двигателей описано в источнике [2].

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке предприятия по обслуживанию автомобилей, работающих на компримированном газе. Проектирование предприятия производится на основе расчета трудоемкости технического обслуживания и ремонта, выбора оборудования. На основании этих данных производится расчет численности рабочих и оборудования, на основании чего определяется площадь предприятия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гребенников А.С., Гребенников С.А., Федоров Д.В. Особенности эксплуатации ДВС газобаллонных автомобилей // Вестник СГТУ. 2013 №2 (71). Выпуск 2 С. 77-80.

2 Певнев, Н.Г. Техническя эксплуатация газобаллонных автомобилей: Учебное пособие /Н.Г. Певнев, А.П. Елгин, Л.Н. Бухаров, 2-е изд., перераб. и дополненное.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2010.– 202 с.

УДК 621.311

Березин Максим Борисович, студент; Berezin Maxim Borisovich
Шаломов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, доцент;
Shalomov Vyacheslav Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТУРБОУСТАНОВОК СЕМЕЙСТВА Т-100

EFFICIENCY OF THE METHOD FOR INCREASING THE THERMAL ECONOMY OF A TURBINE PLANT OF THE T-100 FAMILY

Аннотация. В статье проведено расчетное исследование тепловой экономичности турбоустановки, при повышении температуры свежего пара выполнено на базе Т-110/120-130 при её работе в теплофикационном режиме на номинальных параметрах.

Abstract. The article carried out a calculation study of the thermal efficiency of a turbine unit, with an increase in the temperature of fresh steam, it was made on the basis of T-110/120-130 when it was operating in the heating mode at nominal parameters.

Ключевые слова: теплофикационная турбоустановка, Т-110/120-130.
Keywords: heating turbine installation, T-110/120-130.

На станции «Хабаровская ТЭЦ-1» филиала «Хабаровская генерация» АО «Дальневосточная генерирующая компания» в эксплуатации находятся три турбины семейства Т-100. Две турбины Т-100-130 станционные № 7 (ввод в строй в 1967 г.) и 8 (ввод в строй в 1969 г.) и одна турбина Т-100/120-130 (ввод в строй в 1972 г.). При парковом ресурсе 220 тысяч часов наработка турбин составляет: ТГ-7 – 374119 часов, ТГ-8 – 350620 часов, ТГ-9 – 330273 ч. В связи с выработкой ресурса необходимость замены хотя и надёжных, но устаревших турбоустановок назрела давно.

В 2008 г. ЗАО «Уральский турбинный завод» (УТЗ) разработал комплексный пакет технического перевооружения турбин семейства Т-100 [1]. Все решения данного пакета использованы при модернизации новой модификации турбины Т-120/130-12,8-8МО, которая в настоящее время предлагается отечественным и зарубежным ТЭС. Турбины уже поставлены на Астанинскую ТЭЦ (Казахстан) и Абаканскую ТЭЦ. В 2013 г. турбины отгрузили для Кировской ТЭЦ-4, а в 2014 г. – для Улан-Баторской ТЭЦ-4 (Монголия) и Астанинской ТЭЦ. Однако начальные параметры пара турбоустановки (ТУ) Т-120/130-12,8 восьмой модификации сохранены традиционными для семейства Т-100: $p_0 = 12{,}8$ МПа, $t_0 = 555\ ^0$С.

Одним из способов повышения эффективности паротурбинных установок (ПТУ) является повышение параметров свежего пара. В связи с появлением новых материалов появилась возможность использовать в отечественных турбинах с докритическими начальными параметрами повышенных температур свежего пара.

Начальную температуру пара можно увеличивать при постоянном давлении. При этом мощность турбины и термический КПД паросилового цикла возрастают (рисунок 1). Это происходит за счёт повышения располагаемого теплоперепада в турбине, изменяющегося пропорционально начальной температуре ($H_0 < H'_0$). Одновременно рост температуры свежего пара приводит к снижению влажности пара в последних ступенях турбины – уменьшаются потери от влажности и, как следствие, повышается внутренний относительный КПД турбоустановки.

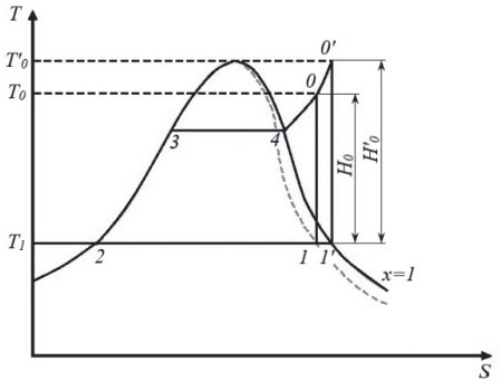


Рисунок 1 – T,S – диаграмма цикла ТУ при увеличении начальной температуры пара перед турбиной

Однако максимальное допустимое значение t_0 зависит от свойств металлов теплопередающих поверхностей оборудования. Для сталей перлитного класса наивысшая температура t_0, которая может быть достигнута без появления разрушения в условиях длительной эксплуатации, равна примерно 540 ^{0}С, для сталей аустенитного класса – 600 - 650 ^{0}С [2].

Расчётное исследование тепловой экономичности ТУ при повышении температуры свежего пара выполнено на базе турбины Т-120/130-12,8-8МО при её работе в теплофикационном режиме на номинальных параметрах. Тепловая схема ТУ приведена на рисунке 2.

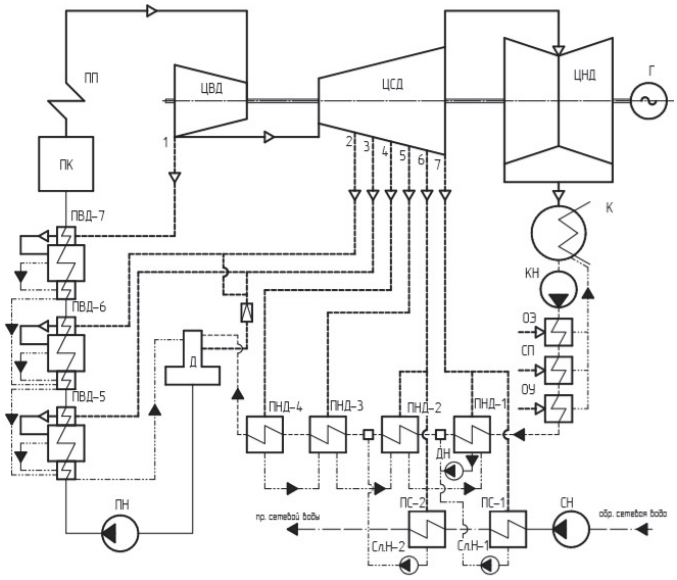


Рисунок 2 – Принципиальная тепловая схема турбины

Номинальный расход пара в турбину 520 т/ч. Подогрев сетевой воды происходит последовательно в двух поверхностных горизонтальных сетевых подогревателях – ПСГ-1 и ПСГ-2. Номинальное давление в верхнем отопительном отборе 0,098 МПа. Структура системы регенерации 3ПВД+Д+4ПНД. Температура питательной воды 236 ^{0}С. Температура охлаждающей воды 20 ^{0}С.

Исследование заключалось в проведении расчёта тепловой схемы ТУ при заданных значениях начальной температуры пара: 555 ^{0}С, 565 ^{0}С, 580 ^{0}С, 590 ^{0}С и 600 ^{0}С. Давление в конденсаторе было принято 5 кПа и выдерживалось постоянным в каждом варианте расчёта. Тепловая нагрузка турбины 175 Гкал/ч (203 МВт) также была неизменной в ходе всего исследования.

Расчёт тепловой схемы выполнен методом тепловых и материальных балансов на базе сопряжённых компьютерных программ Mathcad и XSteam.

Некоторые итоги расчёта технико-экономических показателей ТУ сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Технико-экономические показатели ТУ

Показатель	Температура пара на входе в турбину t_0, °С				
	555	565	580	590	600
Мощность, МВт	120	120.7	122	123.2	124.1
Расход свежего пара, кг/с	148	146.65	144.8	143.73	142.6
КПД ТУ по производству электроэнергии	0.727	0.73	0.734	0.736	0.738
Удельный расход теплоты на производство электроэнергии, кДж/(кВт·ч)	4953	4933	4907	4890	4875
Удельный расход условного топлива на производство электроэнергии, г/(кВт·ч)	187.71	186.94	185.95	185.32	184.74

Анализ расчётных данных показывает, что при повышении температуры свежего пара от 555 до 600 ^{0}С энергетические показатели ТУ изменяются следующим образом: мощность повышается на 4 МВт или на 3,3 % в относительном выражении; КПД ТУ по производству электроэнергии увеличивается на 1,51 %, при этом удельный расход условного топлива на производство электроэнергии уменьшается на 1,58 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Семейство теплофикационных турбин Т-100-12.8: вчера, сегодня, завтра //А.Е.Валамин, А.Ю.Култышев, Т.Л.Шибаев, А.Ю.Сахнин, М.Ю.Степанов. – Теплоэнергетика, 2013, № 8, с. 21 – 26.

2. Тумановский, А.Г. Пути совершенствования угольных ТЭС России А.Г.Тумановский, Г.Г. Ольховский // Теплоэнергетика. - 2015.- № 1, с.67 - 73.

УДК 66.045.53

Богданов Константин Сергеевич, студент; Bogdanov Konstantin Sergeevich
Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент; Khvostikov Aleksandr Stanislavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МОДЕРНИЗАЦИЯ БАШЕННОЙ ГРАДИРНИ БГ-2600-70 ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ОРОСИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

UPGRADING THE BG-2600-70 TOWER COOLING TOWER BY REPLACING IRRIGATION DEVICES

Аннотация. Градирни определяют эффетивность работы энергоблока и всей электростанции. Используемые в настоящее время оросители из асбесто цементных блоков являются неэффективны и имеют низкую надежность. Для обеспечения эффективности теплосъема предложенно произвести замену асбоцементного оросительного устройства пленочного типа на капельно-пленочный.

Abstract. Cooling towers determine the efficiency of the power unit and the entire power plant. Currently used sprinklers made of asbestos-cement blocks

are inefficient and have low reliability. To ensure the efficiency of heat removal, it is proposed to replace the film-type asbestos-cement irrigation device with a drip-film one.
Ключевые слова: башенная градирня, эффективность охлаждения, капельно-пленочный ороситель, теплообмен.
Keywords: tower cooling tower, cooling efficiency, drip-film sprinkler, heat exchange.

Являясь важным элементом системы технического водоснабжения, градирни влияют на экономичность работы основного генерирующего оборудования. Из-за несоответствия состояния параметров градирен расчетным происходит недоохлаждение технической воды, а следовательно снижение эффективности работы основного и вспомогательного оборудования, снижению установленной мощности электростанции.

Серия башенных градирен БГ-2600-70 проектировалась Ленинградским отделением «ТЕПЛОЭЛЕКТРОПРОЕКТ» совместно с ВНИИГ им Б.Е. Веденеева в 70-х годах прошлого века. Срок эксплуатации большинства из них истек, вследствие чего они интенсивно разрушаются. В качестве материала оросителей использовались асбоцементные листы, собранные в двухъярусные блоки высотой 2,4 м и расстоянием между листами 25 мм в свету. Данная конструкция оросителя не является оптимальной с точки зрения тепловой эффективности, надежности и долговечности. Асбоцементные листы обладают рядом недостатков, таких как большой вес, недолговечность, склонность к биологическому обрастанию. Гладкие листы расположены вертикально, пленка воды стекает равномерно, так как отсутствует источник турбулезации, на поверхности пленки образуется ламинарный поверхностный слой, ухудшающий теплообмен с охлаждающим воздухом. Кроме того блоки оросителей собраны с небольшим зазором между листами, в процессе эксплуатации происходит разрушение, отклонение листов, приводящие к засорению и уменьшению проходного сечения для восходящего потока воздуха.

Для эффективного охлаждения воды ороситель должен обеспечивать необходимый теплосъём, при минимально возможном аэродинамическим сопротивлении. Конструкции оросителя необходимо обеспечивать достаточную жесткость и удобность в монтаже, исключать забивание блока взвешенными веществами. На сегодняшний момент наиболее эффективными является капельно-плёночные оросители сетчатого типа, выполненные из полимерных материалов. В практических условиях сложно добиться равномерного распределения воды по поверхности оросителя. За счет решетчатой структуры поток воды, двигаясь сверху вниз имеет возможность перераспределения по объему. При этом пленка охлаждающей воды, стекающая по перемычкам решёток, и капели, срывающиеся с них обновляются и турбулизируются потоком воздуха, что интенсифицирует процесс охлаждения воды. Важным достоинством полимеров является стойкость к биологическому обрастанию.

На оросительном устройстве, происходит до 90 % теплосъема и охлаждения технической воды, следовательно этот элемент конструкции наибольшим образом влияет на тепловую эффективность.

На основе метода Л.Д. Бермана [1] произведен теплотехнический расчет башенной градирни БГ-2600-70, с целью, замены асбоцементного оросительного устройства пленочного типа на капельно-пленочный марки ОС ПНД. Ороситель марки ОС ПНД является улучшенной модификацией оросителя немецкой фирмы Бальке-Дюрр. Элемент оросителя имеет вид сетчатого гофрированного листа со стяжками по краям (для придания ему дополнительной жесткости).

Расчет произведен при средних климатических показателях г. Комсомольска-на-Амуре в июле месяце: температура атмосферного воздуха θ = 20 °С, относительная влажность воздуха φ = 73%, скорость ветра $V_{уд}$=1,8 м/с и теплоперепад градирни Δt=10 °С, расход воды через оросители Q = 18000 м^3/ч.

Показателем работы градирни является средняя разность удельных энтальпий воздуха $\Delta i_{ср}$, ккал/кг, на входе и выходе из оросителя, по методу Л.Д. Бермана, $\Delta i_{ср} = \frac{c_ж \gamma_ж q \Delta t}{\varepsilon k_\beta \beta_{xv} h_{ор}}$. Для асбоцементного оросителя

Величина объемного коэффициента массообмена β_{xv}, кг/(м^3·ч) $\beta_{xv} = A\lambda^m q$, где А - коэффициент характеризующий интенсивность массоотдачи, равный для нового асбестоцементного оросителя 0,479, м$^{-1}$, m=0.66 – показатель степени, характеризующий зависимость объемного коэффициента массоотдачи от изменения массовой скорости воздуха [2].

Относительный расход воздуха λ, кг/кг $\lambda = \frac{V_{уд}\gamma_{вс}}{q\gamma_ж}$, где $V_{уд}$ – удельный расход воздуха при заданной скорости в оросителе, м^3/ч; $\gamma_{вс}$ – плотность атмосферного воздуха, $\gamma_{вс}$= 1,115 кг/м^3; $\gamma_ж$ – плотность воды, $\gamma_ж$=1000 кг/м^3

$$\lambda = \frac{V_{уд}\gamma_{вс}}{q\gamma_ж} = \frac{6480 \cdot 1{,}153}{7 \cdot 1000} = 1{,}067 \text{ кг/кг}$$

$$\beta_{xv} = A\lambda^m q = 0.479 \cdot 1.067^{0.66} \cdot 7000 = 3499.6 \text{ кг/м}^3\text{ч}$$

при высоте асбоцементного оросителя $h_{ор}$=2,4 м.

$$\Delta i_{ср} = \frac{c_ж \gamma_ж q \Delta t}{\varepsilon k_\beta \beta_{xv} h_{ор}} = \frac{1 \cdot 1000 \cdot 7 \cdot 10}{0{,}966 \cdot 0{,}95 \cdot 3499{,}6 \cdot 2{,}4} = 9{,}08 \text{ ккал/кг}$$

Из требуемой разности энтальпий выразим $h_{ор}$, тем самым найдем необходимую высоту блока оросителя для поддержания найденного значения $\Delta i_{ср}$:

$$h_{ор} = \frac{c_ж \gamma_ж q \Delta t}{\varepsilon k_\beta \beta_{xv} \Delta i_{ср}}, \text{ м}$$

Затем по полученному необходимому относительному расходу воздуха λ найдем величину объемного коэффициента массообмена β_{xv} для сетчатых блоков оросителей, при А=1,373 м$^{-1}$ - коэффициент характеризующий интенсивность массоотдачи; m=0.55 – показатель степени, характеризующий зависимость объемного коэффициента массоотдачи от изменения массовой скорости воздуха.

Для оросителя ОС ПНД плотной схемы сборки:

$$\beta_{xv} = 1{,}373 \cdot 1{,}067^{0{,}55} 7000 = 9960 \text{ кг/м}^3 \text{ ч:}$$

$$h_{\text{ор}} = \frac{1 \cdot 1000 \cdot 70}{0{,}966 \cdot 0{,}95 \cdot 9960 \cdot 9{,}08} = 0{,}843 \text{ м}$$

Произведенные расчеты показали, что эффективным решением является замена асбоцементного блока оросителя на пластиковый ороситель капельно-пленочного типа. Для обеспечения температуры охлажденной воды $t_2 = 30°\text{C}$ (При $\Delta t = 10°\text{C}, q = 7\text{м}^3/\text{м}^2\text{ч}$), в башенной градирне БГ-2600-70 достаточно высоты оросителя 0,84 м ОС ПНД, выполненного из полимерных материалов, в отличие от оросителя из асбоцементных листов высотой 2,4 м, следовательно тепловая эффективность блоков ОС ПНД примерно в 3 раза выше оросителя из асбоцементных листов, при равных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Берман Л.Д. Испарительное охлаждение циркуляционной воды. М.-Л.: Госэнергоиздат, 1949. - 440 с.

2. Пособие по проектированию градирен (к СНиП 2.04.02-84 «Водоснабжение, Наружные сети и сооружения»)/ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989 - 190 с.

УДК 656.025.6
Болдырева Анастасия Максимовна, студентка;
Boldyreva Anastasia Maximovna
Гунькова Ольга Владимировна, доцент; Gunkova Olga Vladimirovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОК ЦЕМЕНТА НА ЭКСПОРТ ИЗ РОССИИ

RESEARCH OF TRANSPORTATION OF CEMENT FOR EXPORT FROM RUSSIA

Аннотация. В данной работе описывается динамика объема экспорта цемента из России. В работе описаны характеристики груза и его назначение.
Abstract. This paper describes the dynamics of cement exports from Russia. The paper describes the characteristics of the cargo and its purpose.
Ключевые слова: цемент, экспорт, темпы роста, транспортировка.
Keywords: cement, exports, growth, transportation.

Одним из самых востребованных материалов, применяемых в строительстве является цемент. Сфера использования цемента практически не ограничена, без него тяжело представить строительство или ремонт зданий и сооружений. Его зачастую применяют в ходе отделочных работ, при возведении фундаментов и устройстве кровель, укладке напольных покрытий и установке сантехники. Главным его предназначением является скрепление конструктивных элементов возводимых зданий.

Цементная индустрия считается одной из старейших в России, первый завод по изготовлению портландцемента был построен еще в далёком 1839 году. В настоящее время в России насчитывается около шестидесяти цементных заводов с общей производственной мощностью порядка 106 млн. тонн цемента в год. Изготовителей цемента на российском рынке условно можно разбить на 3 категории:

– отечественные холдинги;

– независимые российские заводы, которые не входят в состав этих промышленных групп;

– зарубежные холдинги, которые осуществляют свою деятельность на территории нашей страны.

Экспортные поставки российского цемента осуществляются в двадцать пять стран мира, в экспортном направлении нашими главными партнёрами являются Азербайджан, Казахстан, и Беларусь, на их долю приходится около 69 % экспорта России. Также цемент отечественного производства поставляют в страны дальнего зарубежья, это Испания, Финляндия и Польша. Объем экспорта цемента за 9 месяцев 2019 г. составил около 0,9 млн т, что на 14 % больше, чем за тот же период 2018 г., также возобновились поставки цемента в Украину, на которую приходится приблизительно 23 % российского экспорта цемента.

По итогам 2019 года объем производства цемента в России вырос на 7,7 % до 57,8 млн тонн. Потребление за аналогичный период достигло 57,8 млн тонн или 8 % прироста к 2018 году.

Увеличение объемов производства цемента наблюдалось во всех федеральных округах за исключением Северо-Западного. Лидерами по темпам роста производства являются:

– Северо-Кавказский федеральный округ, в котором объем вырос на 21 %;

– Центральный федеральный округ, где прирост составил 17 %;

– Дальневосточный федеральный округ, где прирост составил 16 %.

Наибольшие темпы роста были замечены в Алтайском крае, где объем увеличился в два раза в сравнении с уровнем 2018 года, Магаданской области, где был выявлен прирост на 70 %, Белгородской области, где рост составил 52 %, Чеченской Республики, где объем вырос на 61 %, в Рязанской области вырос на 31 %, в Липецкой области на 33 % и в Республике Мордовия увеличился на 27 %.

Наибольшее падение объемов выпуска продукции 2019 года было замечено в Камчатском крае, где объем производства упал на 95 % по сравнению с уровнем 2018 г., в Пермском крае на 11 %, в Еврейской автономной области на 17 %, в Воронежской и Ростовской областях на 9 % и в Республике Крым на 8 %.

По итогам 9 месяцев 2019 г. по объемам произведенного в стране цемента:

– первое место пришлось на долю портландцементов без минеральных добавок, что составляет 60,4 % общего в России выпуска цемента;

– второе место занимают портландцементы с добавками – это около 34,6 % от общероссийского объема производства;

– третье место – шлакопортландцемент – около 2,5 % от общего объема производства.

Транспортировка цемента может осуществляться различными видами транспорта с соблюдением установленных правил перевозки для данного типа транспорта.

Навалом цемент можно перевозить в специализированных транспортных средствах, предназначенных для транспортировки данного вида груза (автоцементовозах, вагонах-цементовозах, морских и речных судах). При транспортировке без упаковки цемент должен быть защищен от загрязнений и влаги.

Упакованный цемент следует транспортировать в универсальных транспортных средствах закрытого типа. Данный груз может перевозиться поштучно (мешками), транспортными пакетами или в контейнерах.

Самым удобным и экономичным вариантом транспортировки является перевозка в биг-бегах. Биг-бег – это плотный мягкий контейнер большого размера с 1 – 4 стропами. Минимальный вес материала в мягком контейнере составляет от 400 до 1000 килограммов, максимальный – 3000. Внутри контейнера находится водонепроницаемый вкладыш, защищающий груз от влаги и загрязнений.

В таких контейнерах перевозка производится железнодорожным транспортом в полувагонах или на платформах; в судах в трюме или на открытой палубе; в бортовых автомобилях.

Контейнеры, которые применяются для транспортировки и хранения цемента, должны соответствовать требованиям нормативных документов. Изготовитель обязан осуществлять поставку цемента в очищенном и исправном транспортном средстве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Портал Цемент.ру [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://cement.ru/nashi-novosti-i-stati/item/9246-rynok-tsementa-rossii-itogi-9-mesyatsev-2019-goda.html (дата обращения: 10.03.2020).

2 ЗАО «Редакция бюллетеня «Стройка» [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://stroyka.by/news/2013/01/18/world-cement (дата обращения: 10.03.2020).

3 Портал Бетон.ру [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://beton.ru/cemzavodi/ (дата обращения: 10.03.2020).

УДК 629.123
Гончаров Александр Сергеевич, студент; Goncharov Alexander Sergeevich
Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук;
Zhurbina Irina Nikolaevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СУДОВ КОНТЕЙНЕРОВОЗОВ

STAGES OF DEVELOPMENT OF CONTAINER SHIPS

Аннотация. Данная работа посвящена обзору этапов развития судов-контейнеровозов. Выделяются и описываются основные типоразмеры судна для каждого этапа развития.
Abstract. This work is devoted to an overview of the stages of development of container ships. Main ships sizes are allocated and described for each stage of development.
Ключевые слова: контейнеровозы, контейнеровместимость, морские суда, этапы развития.
Keywords: container ships, container capacity, ships, stages of development.

С начала контейнеризации до настоящего времени суда-контейнеровозы быстро эволюционировали. В своём развитии они прошли несколько поколений. Это является признаком того, что контейнерные перевозки стали очень важным фактором мировой экономики.

Основоположником контейнерных перевозок является американец Малкольм Маклин. Впервые идея создать укрупненную грузовую единицу для перевозки груза пришла ему в конце 1930-х гг., во время того, как он наблюдал за рабочими, которые по одному переносили мешки с хлопком из грузовика на борт судна. Однако начало контейнеризации пришлось только на середину 1950-х гг. За это время Малкольм Маклин спроектировал стальной контейнер, спроектировал первый контейнеровоз, а также разработал автомобильную площадку для перевозки контейнеров по суше. Самый первый контейнеровоз переставлял собой переоборудованный нефтеналивной танкер «Ideal X». 26 апреля 1956 г. он успешно доставил 58 контейнеров из Ньюарка в Хьюстон, тем самым показав, что контейнерные перевозки гораздо дешевле и эффективнее по сравнению с прежними видами грузоперевозок [1]. С этого момента контейнерные перевозки и в особенности суда-контейнеровозы (их размеры, грузовместимость TEU) начали развиваться с небывалой скоростью, началось их массовое строительство [2]. В настоящее время на транспортировку грузов судами-контейнеровозами приходится до 90% от объёма перевозок [3].

Этапы развития контейнеровозов принято рассматривать в зависимости от их размеров и грузовой вместимости.

Первым поколением контейнеровозов, которое просуществовали с 1956 г. по 1968 г., являлись обычные сухогрузные суда [4], переоборудованные специально для размещения на них контейнеров, крепление которых осуществлялось, как на палубе, так и в трюме, при помощи найтовочных устройств [5]. Их вместимость не превышала 1100 TEU при максимальной скорости в 21 узел.

Второе поколение контейнеровозов строилось с 1968 г. по 1972 гг. Суда этого поколения имели грузовместимость 2000 TEU при средней скорость 24–25 узла [4]. Отличительной особенностью второго поколения является то, что это были первые суда спроектированные и построенные специально для контейнерных перевозок.

Третье поколение контейнеровозов строилось с 1972 г. по 1984 гг. Суда третьего поколения имели грузоподъемность до 4000 TEU при максимальной скорости в 33 узла [4]. Такое значение скорости достигалось за счет введения более острых обводов корпуса [5]. Показатель скорости у третьего поколения является максимальным среди всех поколений, потому что в дальнейшем из-за ряда обстоятельств оно будет снижаться.

Четвертое поколение или, как его принято называть Panamax Class, строились с 1984 г. по 1996 г. [4]. Максимальная грузовместимость контейнеровозов достигла 5000 TEU [6]. Эти суда обладают максимальными габаритами для того, чтобы пройти через старые исторические шлюзы Панамского канала. Длина судов этого типа не превышает 300 м, ширина 43 м, осадка 13,5 м, скорость до 25 узлов максимум.

Пятое поколение, названо Post-Panamax Class. Впервые о создании нового поколения контейнеровозов заговорили в 1996 г., когда компания «APL» предложила новые морские пути без прохождения Панамского канала. После того, как в 1996 г. контейнеровоз «Regina Maersk» преодолел барьер грузовместимости в 6400 TEU, суда данного поколения начали стремительно расти в размерах вплоть до 2012 г. При этом контейнеровозы достигли максимальной грузовместимости в 12 000 TEU [7]. Увеличение размеров таких судов привели к ограничениям, связанным с прохождением их через Суэцкий канал. Средняя длина судов пятого поколения была около 300 м, ширина 46 м, осадка 14 м, а скорость 25 узлов.

Шестое поколение контейнеровозов или E-Class, начали строится после углубления дна Суэцкого канала в 2012 г. После этого канал способен был пропускать суда грузовместимостью до 19000 TEU. Контейнеровозы шестого поколения достигают в длину 335–400 м, в ширину 56 м, осадку до 15 м, при скорости в 21–23 узла.

Седьмое поколение, названное Triple-E класс, впервые начали строится после того, как в 2011 г. компания «Maersk» заключила с «Daewoo Shipbuilding» два контракта на постройку двадцати судов. Название Triple-E происходит от трех главных принципом проектирования этих судов: экономия, эффективность и экономичность. Контейнеровместимость нового поколения судов лежит в пределах от 19 000 TEU до 21 000 TEU. При этом су-

да имеют в длину 400 м, 60 м в ширину и среднюю осадку 15 м, оптимальную скорость 19 узлов.

Восьмое поколение судов-контейнеровозов, последнее на сегодняшний день, названо Post-Triple-E Class. Грузовместимость нового поколения контейнеровозов будет лежать в пределах от 21 000 TEU до 23 000 TEU. Одно из первых судов этого поколения «MSC GULSUN» было построено в 2019 г. Еще 12 контейнеровозов будет построено во втором квартале 2020 г. по заказу компании «HYUNDAI Merchant Marine». Суда этого поколения достигают около 400 м в длину, в ширину 62 м, имеют осадку 16 м, при этом их скорость достигает 19 узлов [8].

Изучив представленную информацию, можно предположить, что в дальнейшем грузовместимость судов-контейнеровозов будет продолжать расти.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Как устроен гигантский контейнеровоз // POPMECH.RU : ежедн. интернет-изд. 2014. 14 марта. URL: https://www.popmech.ru/technologies/15652-kak-ustroen-gigantskiy-konteynerovoz (дата обращения 19.03.2020).

2 Логачёв, С. И. Мировое судостроение : современное состояние и перспективы развития / С. И. Логачёв, В. В. Чугунов. – СПб. : Судостроение, 2001. – 312 с.

3 Портовые контейнеры: как перевернулся мир грузоперевозок // POPMECH.RU : ежедн. интернет-изд. 2016. 8 дек. URL: https://www.popmech.ru/diy/9151-na-sushe-i-na-more-konteynerovoz (дата обращения 19.03.2020).

4 Гайкович, А. И. Проектирование контейнерных судов. Часть 1: учеб. пособие / А. И. Гайкович. – Л. : Изд. ЛКИ, 1985. – 91 с.

5 Тарануха, Н. А. Безлюковые контейнеровозы: обзор, особенности проектирования, применение методов модуль-элементов, математическое моделирование / Н. А. Тарануха, А. Д. Бурменский. – Владивосток : Дальнаука, 2010. – 249 с.

6 Кузнецов, И. Контейнеровозы IV поколения / И. Кузнецов // Морской флот. – 1985. – № 10. – С. 60-61.

7 Панамский канал 2.0: Шире, безопаснее, технологичней // POPMECH.RU : ежедн. интернет-изд. 2007. 23 фев. URL: https://www.popmech.ru/technologies/6134-panamskiy-kanal-2-0-shire-bezopasnee-tekhnologichney (дата обращения 19.03.2020).

8 Самый большой в мире контейнеровоз // SEANEWS.RU : информ.-аналит. агентство. 2019. 04 июля. URL: https://seanews.ru/2019/07/04/ru-samyj-bolshoj-v-mire-kontejnerovoz (дата обращения 20.03.2020).

УДК 629.5.023
Даманский Дмитрий Владимирович, студент;
Damanski Dmitri Vladimirovich
Ярополов Валерий Алексеевич, доцент; Yaropolov Valeri Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРАКТИЧЕСКОЕ ТРЁХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СУДОВЫХ КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D

PRACTICAL THREE-DIMENSIONAL MODELLING OF SHIP CASE CONSTRUCTIONS IN SYSTEM KOMPAS-3D

Аннотация. Данная работа посвящена практическому трёхмерному моделированию судовых корпусных конструкций в системе КОМПАС-3D.
Abstract. The given work is devoted practical three-dimensional modelling of ship case constructions in system KOMPAS-3D.
Ключевые слова: трёхмерное моделирование, судовые конструкции, система КОМПАС-3D, цифровая модель, спецификация.
Keywords: three-dimensional modelling, ship constructions, system KOMPAS-3D, digital model, the specification.

Важным направлением обеспечения автоматизации проектирования является применение информационных технологий в создании судна.

На этапе создания 3D-модели корпуса судна предусматривается учёт технологии постройки судна и требований ГОСТ 23891 «Рабочие конструкторские документы судостроительной верфи».

Создание цифровой модели корпуса судна в системе КОМПАС–3D ведется подетально. Деталь корпусной конструкции судна создается отдельным файлом с заданными параметрами. Затем деталь добавляется в сборку на свое место. При этом имеется возможность создания типовых групп деталей на основе параметрических моделей, которые позволяют, изменяя параметры, получать новую деталь требуемых размеров не выполняя её построение.

На рисунке 1 приведен пример параметризированной кницы с отогнутым фланцем, полученной с использованием параметрической модели.

При выполнении технологической сборки корпуса судна целесообразно применять команды **Массив по сетке** и **Массив по точкам**, а также зеркальное отражение элементов.

Так на рисунке 2 показано применение команды **Массив по сетке**.

Имеется возможность создание спецификаций секций с введением кода материалов, кода единицы измерения и массы деталей с разделение элементов по наименованиям:

- листы;
- набор профильный (катанный, прессованный);
- полосы;
- узлы;
- детали россыпи.

Создание спецификаций выполняется с формированием автоматических записей в графе «Примечание». Например, «Рёбра жёсткости», «Заделка», «Бракета шп. 105» и др.

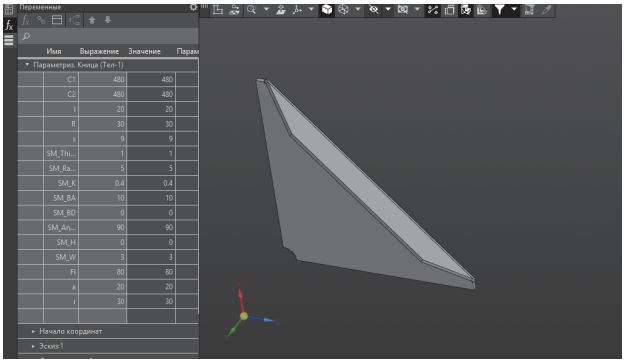


Рисунок 1 – Параметризированная кница с отогнутым фланцем

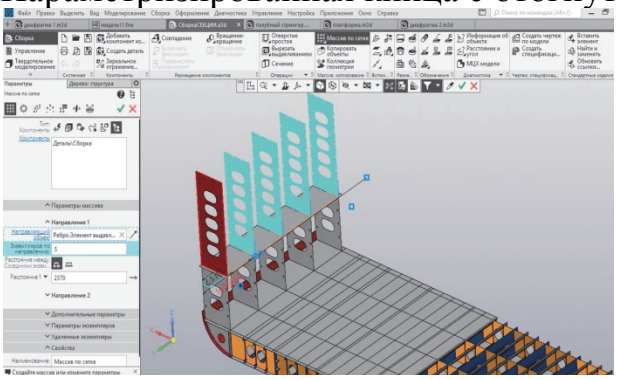


Рисунок 2 – Массив по сетке диафрагм (рамных шпангоутов)

Системные средства КОМПАС-3D имеют возможность создания цифрового плаза, который позволяет выполнить разбивку теоретических линии шпангоутов, палуб, переборок и других элементов. Построение цифрового плаза показано на рисунке 3.

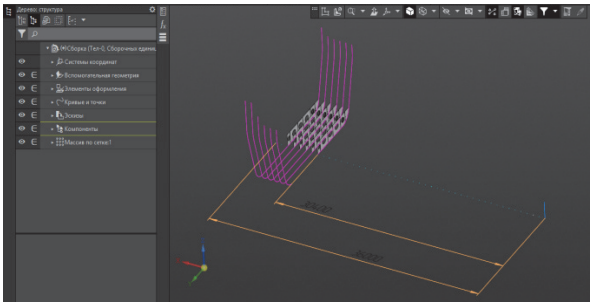


Рисунок 3 – Цифровой плаз

Важным этапом моделирования является создание поверхности корпуса судна. Для этого предусмотрен целый ряд инструментов для работы с поверхностями разной сложности.

Трёхмерное моделирование судовых конструкций системными средствами КОМПАС-3D позволяет решить комплекс задач по разработке проектно-конструкторской документации судна в постройке, а также формированию базы данных корпусных элементов конструкций.

Также трёхмерная модель судна является основой построения «плоских» конструктивных чертежей, составления заказных ведомостей на ма-

териалы на основе сводных данных спецификаций по всему проекту или его отдельным частям.

База данных корпусных деталей является основой комплектации деталями сборочных единиц в зависимости от этапов производства, разработки технологических комплектов, подкомплектов, бригадокомплектов верфи и других технологических документов верфи.

При решении этих задач с применением системных средств КОМПАС-3D, САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ, а также информационной системы для управления данными ЛОЦМАН:PLM имеется возможность сократить сроки разработки конструкторско-технологической документации и повысить её качество.

УДК 629.12.011
Даманский Дмитрий Владимирович, студент;
Damanski Dmitri Vladimirovich
Ярополов Валерий Алексеевич, доцент; Yaropolov Valeri Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ В ПРОВЕРОЧНЫХ РАБОТАХ СУДОКОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

APPLICATION OF ULTRASONIC SOUNDING IN CONTROL WORKS OF SHIP HULL STRUCTURES

Аннотация. Данная работа посвящена применению метода ультразвукового проектирования исходных точек через обшивку судовых корпусных конструкций.

Abstract. The given work is devoted application of a method of ultrasonic designing of base points through a skin of the ship hull.

Ключевые слова: ультразвук, пьезоэлемент, акустическая ось, точность, погрешность.

Keywords: ultrasound, piezoelement, acoustic axis, accuracy, lapse.

Проверочные работы, применяемые при изготовлении полуобъёмных и объёмных замкнутых секций корпусных конструкций судна, выполняются после выполнения сборочно-сварочных работ.

Технические требования к точности изготовления секций устанавливают положение теоретических плоскостей и линий на корпусных конструкциях, предельные отклонения геометрических размеров и формы.

Для выполнения заданных требований контролируемая секция должна иметь разметку базовых плоскостей и контрольных линий. Для этой цели проверяемую секцию большой массы устанавливают на опоры, выравнивают относительно базовой плоскости в соответствии с предварительным определением плазовых координат. На этом этапе выполняют

нанесение контрольных линий крайних и среднего шпангоутов, а также контрольных линий продольных связей на наружной обшивке секции.

Нанесение контрольных линий выполняется путём геометрических построений. Это наиболее доступно со стороны монтажных кромок. Что касается средней части наружной обшивки секции, то требуется разбивка координатных линий на стенде для переноса их на внешнюю поверхность обшивки. Всё это ведет к возрастанию трудоёмкости проверочно-разметочных работ и потере точности.

Решение этой задачи выполняется методом ультразвукового зондирования фиксированных точек с внутренней поверхности корпусной конструкции на наружную поверхность. Сущность ультразвукового зондирования фиксированных точек заключается в распространении ультразвуковых колебаний, создаваемых ультразвуковым излучателем, через слой металлической пластины по нормали к её поверхности.

Известно, что акустическая энергия, заключенная в единице объёма среды, через которую проходит ультразвук, называется плотностью энергии. Плотность энергии есть величина переменная, и зависит от времени, скорости волны и расстояния от излучателя. Поэтому распределение ультразвуковых колебаний по толщине в пределах излучающего пьезокерамического диска в слое металла неоднородно.

С учётом этого фактора важную роль играет средняя величина звукового давления по сечению, перпендикулярному к оси излучения. Воздействие звукового давления на противоположную поверхность плоскопараллельного тела позволяет регистрировать пьезоэлементом амплитуды электроакустических поверхностных волн в виде электрического сигнала.

Метод ультразвукового зондирования фиксированных точек реализуется структурной схемой, представленной на рисунке 1.

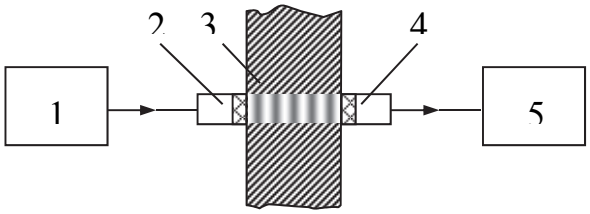


Рисунок 1 – Структурная схема ультразвукового метода зондирования

Геометрический центр пьезоэлектрического вибратора 2 совмещается с точкой подлежащей переносу. Пьезоэлектрический вибратор, возбуждаемый ультразвуковым генератором 1, излучает ультразвуковой сигнал в направлении нормали к поверхности металла 3. Ультразвуковой сигнал поступает на приёмный пьезопреобразователь 4, который преобразует действующее на него звуковое давление в электрический сигнал. Электрический сигнал поступает на вход усилителя приёмника 5, где регистрируется индикатором. Совпадение акустических осей определяется по максимальному значению амплитуды прошедшего ультразвукового сигнала. Ампли-

туда прошедшего сигнала будет тем меньше, чем больше смещены относительно друг друга акустические оси преобразователя.

Считая, что в пределах стальной пластины ультразвуковой пучок имеет форму цилиндра, ось которого совпадает с геометрической осью пьезоизлучателя, напряжение на электродах приёмного пьезопреобразователя при смещении осей определяется по формуле

$$U(x) = \frac{dp}{c} Sk_s\left(\frac{x}{R}\right),$$

где d – пьезоэлектрический модуль, Кл/Н;

p – приложенное ультразвуковое давление, Па;

c – электрическая ёмкость пьезоэлемента, Ф;

S – активная площадь, м^2;

$k_s\left(\frac{x}{R}\right)$ – функция изменения активной площади.

Функция изменения активной площади (рисунок 2)

$$k_s\left(\frac{x}{R}\right) = 1 - \frac{2}{\pi}\arcsin\frac{x}{2R} - \frac{x}{\pi R^2}\sqrt{R^2 - \frac{x^2}{4}}, \text{ при } \frac{x}{R} \in 0,...,2.$$

где x – расстояние между акустическими осями, м;

R – радиус пьезоэлемента, м.

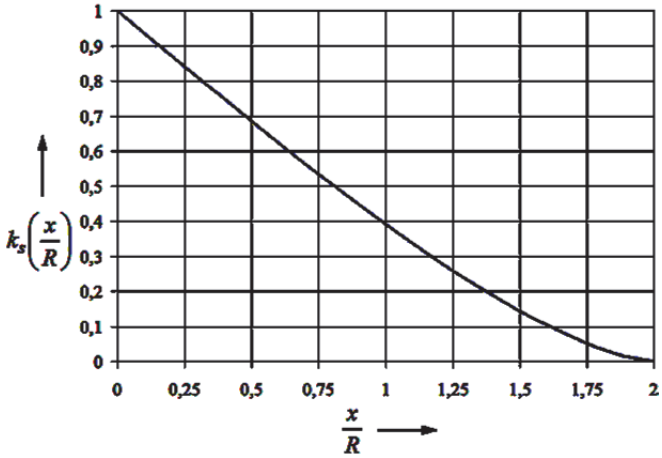


Рисунок 2 – График функции изменения активной площади

Графическая интерпретация функции изменения активной площади приёмного пьезоэлемента показывает, что максимальное значение функции нарастает плавно с уменьшением расстояния между акустическими осями. Это имеет важное практическое значение в поиске приёмным пьезопреобразователем максимального значения амплитуды ультразвуковых колебаний на поверхности металла в выбранных направлениях.Ультразвуковое давление зависит от частоты ультразвуковых колебаний пьезоэлектрического вибратора, степени поглощения ультразвуковой энергии в металле и контактных зонах.

Проведенные исследования показали, что наиболее оптимальной рабочей частотой является частота близкая к резонансной. В этом случае при минимальном сопротивлении пьезоэлектрической системы ультразвуковое

давление максимальное и наблюдается наименьшее отклонение акустической оси от нормали к поверхности излучающего пьезоэлемента.

Изменение частоты генератора возможно при изменении рабочей температуры прибора. Так по результатам проведенных исследований изменение температуры в диапазоне с 20 ^{o}C до –10 ^{o}C изменение рабочей частоты составило 1,1 кГц, но при этом снижение точности переноса точек не наблюдалось.

Точность переноса точки зависит от равномерности растяжения и сжатия по толщине круглого пьезоэлемента, наличия радиальных колебаний. Наличие погрешности ультразвукового переноса точки также возможно вследствие наложения прямой и отражённых волн в стальной пластине.

Кроме акустических факторов на точность переноса точки могут влиять и другие факторы: состояние поверхности металла, наличие скрытых дефектов в металле.

Экспериментальная оценка точности переноса базовых точек на разных толщинах позволила выявить систематические ошибки, возникающие в результате поиска максимальной амплитуды поверхностных электроакустических волн. Исследования проводились с использованием промышленных акустических головок на частотах близких к резонансной частоте.

Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Средняя квадратическая погрешность ультразвукового проектирования точки

Толщина металла, мм	Среднеквадратическая погрешность σ_x, мм	Среднеквадратическая погрешность σ_y , мм
30	1,12	1,21
39	0,52	0,96
45	1,14	1,25

Анализ результатов показывает, что преобладающими ошибками являются систематические ошибки, вызванные точностью установки поисковой акустической головки по индикатору приёмника и погрешностью установки накернивающего устройства.

При переносе базовых точек на больших толщинах средние квадратические погрешности существенно не отличаются друг от друга. Исследования точности переноса базовых точек, выполненные на толщинах 8 и 12 мм, показали аналогичные результаты.

Перенос точек ультразвуковым методом допускается по очищенной поверхности корпусной стали дробемётным или дробеструйным методами со степенью тщательности очистки Sa 2 или Sa $2^{1}/_{2}$ по стандарту ИСО 8501-1:1988 и покрытой грунтом. Для обеспечения акустического контакта между поверхностями излучающей, приёмной пьезоэлектрических головок и поверхностью металла применяется контактная смазка.

Реализация рассмотренного метода переноса точки позволяет существенно снизить трудоёмкость в условиях применения лазерных технологий проверочных работ.

УДК 621.165
Двойничков Данила Андреевич, студент; Dvoinischkov Danila Andreevich
Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент; Khvostikov Aleksandr Stanislavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТУРБИН С ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТБОРАМИ

IMPROVING THE EFFICIENCY OF TURBINES WITH INDUSTRIAL SELECTIONS

Аннотация. Турбины с промышленными отборами после изменения технологии производства работают на неэффективных режимах. Для повышения эффективности предложено установить турбину на органическом цикле Ренкина. Предложенные мероприятия позволяют вернуться к эффективным режимам работы оборудования.
Abstract. Turbines with industrial selections after changing the production technology operate at inefficient modes. To increase efficiency, it is proposed to install a turbine on an organic Rankine cycle. The proposed measures allow you to return to effective modes of operation of the equipment.
Ключевые слова: производственный отбор, паротурбинная установка, органический цикл Ренкина, эффективность, коэффициэнт полезного действия.
Keywords: production selection, steam turbine installation, organic Rankine cycle, efficiency, efficiency coefficient.

В советское время большая часть производства основывалась на потреблении энергии пара. Многие энергетические предприятия строились в непосредственной близости от таких предприятий, чтобы повысить эффективность производства и оснащались противодавленческими турбинами или турбинами с производственными (промышленными) отборами. С начала 1990-х годов структура производства изменилась и потребность в потреблении пара отпала. Эффективность использования энергетического оборудования с попутным производсвом пара резко снизилась.

Отсутствие производств с потреблением пара вынуждает Амурскую ТЭЦ-1 работать на турбоустановке ПТ80-100/130/13 только в зимний период 5 месяцев в году, когда в работе два теплофикационных отбора. Остальное время установка простаивает. И поэтому установка не нагружена в полном объёме. Разрешается также работа только с производственным или только с теплофикационными отборами. На теплофикационном режиме турбина, как правило, должна работать с двумя теплофикационными отборами, так как такой режим является наиболее экономичным.

Необходима нагрузка на промышленный отбор для экономичной работы турбины в теплый период времени. В теплый период времени энергетические предприятия работают преимущественно только на производство электроэнергии (производство энергии для горячего водоснабжения обеспечивается работой других установок). Тепло производственного и теплофикационного отбора относится к нископотенциальным энергиям (температура менее 300 °С). Выработка электрической энергии с помощью низкопотенциальных источников энергии возможно только при в органическом цикле Ренкина [1,2].

Цель работы: разработка предложения по использованию промышленного отбора турбоустановки ПТ80-100/130/13 для выработки дополнительной электроэнергии в органическом цикле Ренкина (ORC).

Достоинства и недостатки турбин, функционирующих по ORC циклу широко освещены в работах [1, 2]. Для более полного использования производственного отбора можно использовать дополнительную турбину малой мощности. Посредством загрузки производственного отбора можно достигнуть дополнительной выработки электрической энергии и отпуска теплоты с выхлопа турбины.

Экономический расчёт производится при максимальной мощности при-ключенной турбины. Пар из промышленного отбора турбины направляется в теплообменник-рекуператор для нагрева агента турбины на низкокипящем рабочем теле. Низкокипящее рабочее тело, циркулирующее в замкнутом контуре, сжимается в питательном насосе, нагревается в теплообменнике-рекуператоре, расширяется в турбине и снижает свою температуру в конденсаторе.

Результаты расчетов показателей турбины в базовом и модернизируемых вариантах показали, что наивыгоднейшие показатели установки будут достигнуты в режиме теплофикации, когда производственный отбор используется для производства тепловой энергии (коэффициент полезного действия достигает $\eta_{\text{туэ}}$=0,675). Однако при этом должно производится 165 МВт тепловой энергии, что в настоящий момент не требуется. При производстве электрической энергии из промышленного отбора показатели эффективности несколько снижаются. При конденсационном режиме показатели эффективности повышаются на 4% при использовании производвенного отбора для производства электрической энергии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белов Г. В., Дорохова М. А. Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике //Наука и образование: научное издание МГТУ им. н.э. Баумана 2014 № 2 С. 99-124

2.Шадек Е.Г., Маршак Б.И., Крыкин И.Н., Блинов А.Н. Тригенерационный энергокомплекс на низкокипящих теплоносителях / // Энергосбережение. 2015. № 5. С. 58-72.

УДК 621.18
Дерека Андрей Андреевич, студент; Dereka Andrey Andreevich
Леонтьев Виктор Иванович, старший преподаватель; Leontyev Victor Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПРОГРАММА РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ СЖИГАНИИ НЕПРОЕКТНЫХ УГЛЕЙ

THE PROGRAM FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF THE BOILER PLANT DURING THE COMBUSTION OF NON-PROJECT COAL

Аннотация. В докладе представлено описание методики для расчёта параметров работы котельной установки при сжигании непроектных углей.
Abstract. The report presents a description of methodology for calculating the operation parameters of a boiler plant during the combustion of non-project coal.
Ключевые слова: котельная установка, непроектное угольное топливо; параметры работы, методика расчета.
Keywords: boiler plant, non-project coal fuel, operation parameters, methodology for calculating.

В настоящее время многие электростанции, построенные еще в СССР, исчерпали свои месторождения топлива, для которых они проектировались. Возникла необходимость перевода энергетических предприятий на новое сырьё. Для оценки эффективности такого перевода, определения ресурса котельных установок необходимо проведение трудоемких вычислений с определением таких основных характеристик как расход топлива, оптимальный коэффициент избытка воздуха в топке, КПД котельной установки в зависимости от известного химического состава топлива и действительной нагрузки в заданный момент.

Во время прохождения производственной практики было получено предложение от специалистов ТЭЦ, главной целью которого было создание программы расчёта основных параметров котельной установки в зависимости от марки используемого топлива. В течение месяца был разработан калькулятор расчёта основных параметров котельной установки. При разработке методики расчета был использован соответствующий нормативный документ «Расчёт теплового котла БКЗ 210/140Ф». Программа расчета сформирована в электронных таблицах Excel, ее объём которой составляет 1018 строк. Общее время расчёта занимает 3-4 минуты, с учётом ввода необходимых данных. Для проведения расчета используются следующие данные.

1) Д – паропроизводительность, кг/час;
2) $P_{б}$ – давление в барабане, атм;
3) $P_{п.з}$ – давление пара за задвижкой, атм;

4) $t_{\text{п.в.}}$ – температура питательной воды, ℃;
5) $i_{\text{п.в.}}$ – теплосодержание питательной воды, ккал/кг;
6) $t_{\text{кип}}$ – температура насыщения, ℃;
7) $i_{\text{нп}}$ – теплосодержание насыщенного пара, ккал/кг;
8) $t_{\text{п.п.}}$ – температура перегретого пара, ℃;
9) $i_{\text{п.п.}}$ – теплосодержание перегретого пара, ккал/кг;
10) $V_{\text{н.п.}}$ – удельный объём насыщенного пара, $м^3/кг$;
11) $V_{\text{п.п.}}$ – удельный объём перегретого пара, $м^3/кг$;
12) $T_{\text{ух}}$ – температура уходящих газов, ℃;
13) $t_{\text{х.в.}}$ – температура холодного воздуха, ℃;
14) $t_{\text{впр}}$ – температура воды, впрыскиваемой в пароохладители, ℃;
15) $i_{\text{впр}}$ – теплосодержание впрыскиваемой воды, ккал/кг;
16) $t_{\text{кф}}$ – температура парового подогрева воздуха, ℃.

Настоящая методика была опробована на Комсомольской ТЭЦ-2, Хабаровской ТЭЦ-1 и Биробиджанской ТЭЦ. При этом получены положительные отзывы. В дальнейшем планируется доработка программы с целью уменьшения времени расчёта и выделения (для быстрой оценки) основных параметров расчета без отвлечения внимания на промежуточные этапы.

В результате работы была получена программа расчета, способная за минимальное время определить основные эксплуатационные характеристики котельной установки и, таким образом, оценить влияние вида топлива на эти характеристики. Данный инструмент сократит время оперативной работы при оценке и переходе оборудования на использование непроектного топлива.

УДК 621.18
Димов Никита Дмитриевич, студент; Dimov Nikita Dmitrievich
Леонтьев Виктор Иванович, старший преподаватель; Leontyev Victor Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ТЕПЛООБМЕННЫЙ АППАРАТ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

HEAT EXCHANGER FOR THE RECOVERY OF LOW POTENTIAL FLUE GAS HEAT

Аннотация. В докладе рассмотрена возможность утилизации низкопотенциального тепла дымовых газов с помощью включения в конструкцию котельной установки подогревателя сетевой воды.
Abstract. The report discusses the possibility of utilizing low-grade heat of flue gases by incorporating a network water heater into the boiler plant design.
Ключевые слова: теплоутилизатор, тепловая схема котельной установки, котлоагрегат, дымовые газы, теплогенерирующая установка, конденсация, теплообменник, охлажденные газы.

Keywords: heat exchanger, heat scheme of a boiler installation, boiler, flue gases, heat generating installation, condensation, heat exchanger, cooled gases.

В настоящее время повышение энергоэффективности тепловых электростанций за счет минимизации потерь теплоты является одним из перспективных направлений развития энергетики. Наибольшими потерями в котлоагрегате являются потери с уходящими газами, связанные с их высокой температурой (около 150 °С) и составляющие около 12 %. Понижение температуры в котлоагрегате приводит к увеличению массогабаритных характеристик воздухоподогревателя котла и стоимости конвективных поверхностей нагрева, что является экономически нецелесообразным.

В тоже время, тепло уходящих газов можно использовать, внедрив в конструкцию котельной установки низкотемпературный подогреватель сетевой воды (НПСВ), установленный в газовом тракте котла между конвективной шахтой и золоулавливающей установкой для котлоагрегатов с мокрым золоудалением, а для котельных установок с сухим золоудалением, например, с электрофильтрами, на тракте между электрофильтром и дымососами (рисунок 1).

В ходе выполнения данной работы был произведен конструктивный расчет НПСВ, состоящего из блоков пакетов змеевиковых поверхностей нагрева. В НПСВ уходящие газы омывают пакеты труб змеевиков и передают своё тепло циркулирующей внутри них сетевой воде.

Для снижения золового износа и скорости коррозии труб змеевиков НПСВ предлагается покрывать их пленкой из фторопластовой композиции типа Ф4К15УВ5, обладающей высокой химической стойкостью и наибольшим, среди фторопластов, коэффициентом теплопроводности (0,385 Вт/м·К).

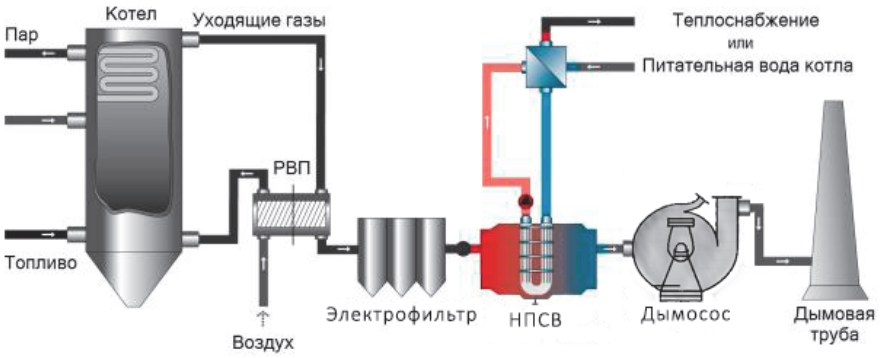


Рисунок 1 – Вариант включения НПСВ в конструкцию котельной установки

Подобные подогреватели нашли применение на электростанциях, работающих на твердом топливе, за рубежом, в частности в Греции, Китае и Польше. В отечественной энергетике же подобные установки нашли достаточно широкое применение на водогрейных котельных установках.

Конструктивный расчет НПСВ был выполнен для котельных установок БКЗ-210-140-Ф Комсомольской ТЭЦ-2, работающих на угле Ургальского месторождения.

Исходными данными являются следующие величины, принятые из теплового расчета котлоагрегата БКЗ-210-140-Ф: объемный расход уходящих газов – 55,75 м³/сек, температура уходящих газов – 146 °С, скорость уходящих газов – 4,1 м/сек, начальная температура сетевой воды – 20 °С.

По результатам расчета были получены следующие данные: температура газов на выходе из НПСВ – 50 °С, снижение температуры на выходе из котельной установки составляет 96 °С, температура воды на выходе из НПСВ – 62,43 °С, повышение температуры сетевой воды составляет 42,43 °С; КПД котельной установки повышается с 93,09 % до 95,09 %.

В связи с низкой температурой газов на входе в дымовую трубу, для повышения точки росы в ней с целью исключения конденсации водяных паров в трубе применяется байпасирование дымовых газов и влагоудаление сконденсированной воды из НПСВ.

Применение НПСВ позволяет повысить КПД котельной установки на 2,002 % и снизить расход топлива на затраты теплоты, связанные с нагревом сетевой воды в сетевых подогревателях.

Возможность утилизация теплоты дымовых газов ниже точки росы позволяет значительно снизить энергетические потери предприятий за счет более полного использования тепловой энергии, вырабатываемой в технологических процессах, значительно сократить эксплуатационные расходы, а также минимизировать выбросы нагретого газа в атмосферу.

УДК 621.311
Дрозд Владимир Сергеевич, студент; Drozd Vladimir Sergeevich
Малыхин Анатолий Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Malykhin Anatoly Alexandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ ПОТОКОВ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ В ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ

IMPROVEMENT OF CHARGEWATER FLOWS DIAGRAMS IN HEAT-LIFE STEAM TURBINE INSTALLATIONS

Аннотация. Рассматриваются способы совершенствования схем потоков подпиточной воды в теплофикационных паровых установках.
Abstract. Methods of improving the flow patterns of make-up water in cogeneration steam plants are considered.
Ключевые слова: эффективность, совершенствование схем, подпиточная вода, низкопотенциальные источники, экономичность.
Keywords: efficiency, improvement of schemes, make-up water, low-potential sources, profitability.

Применяемый на тепловых электрических станциях (ТЭС) способ подготовки подпиточной воды тепловых сетей не гарантирует долговременную и экономически выгодную работу системы. Помимо этого, в таких схемах невозможно полностью реализовать теплоту низкопотенциальных источников [1]. Дополнительную выработку электрической энергии на тепловом потреблении и повышения экономичности ТЭС можно добиться при оптимальном использовании низкопотенциальных источников энергии.

Проанализированы схемы подогрева подпиточной воды теплосетей с использованием низкотемпературных потоков [1]. Предложенные изменения стандартных схем не нуждаются в больших экономических затратах.

Предложенные схемы подогрева исходной воды для подпитки теплосетей основаны на использовании теплоты основного конденсата турбоустановки [2]. Данные схемы позволяют повысить не только экономичность и надежность схем подогрева подпиточной воды теплосетей, но и улучшить тепловую экономичность за счет того, что увеличивается комбинированная выработка электроэнергии паровой турбины. Используемые в данное время на ТЭС схемы подогрева подпиточной воды теплосети имеют один существенный минус – это плохая деаэрация. Наличие этого минуса объясняется тем, что исходная вода для подпитки теплосетей недостаточно подогревается перед установкой водоподготовки, а именно от 10 до 30 градусов Цельсия, точное число зависит от сезонных пропусков пара. В то же время, для хорошего функционирования системы водоподготовки исходной воды, она должна подогреваться в диапазоне от 40 до 50 градусов. Также, в закрытых системах теплоснабжения, где расход подпиточной воды не так велик, подогрев исходной воды для подпитки теплосетей сложен, потому что невозможна достаточная загрузка встроенного пучка. Далее идут схемы, применимые к ТЭС с невысоким расходом подпиточной воды тепловых сетей – до 1000 т/ч.

Первая схема основана на подогреве исходной воды тепловых сетей в теплообменнике, встроенном в основную линию конденсата турбоустановки после охладителя пара и эжекторов. Такая схема позволяет нагреть исходную воду перед водоподготовительной установкой до диапазона от 35 до 45 градусов Цельсия. Такой температуры хватает, чтобы установки водоподготовки работали эффективно и экономично.

Далее идет схема, в которой теплообменный аппарат для подогрева исходной воды включен в главную линию конденсата после регенеративного теплообменного аппарата. Данная схема позволяет нагревать исходную воду до диапазона от 35 до 50 градусов. Также в данной схеме возможно подогревать немного больше исходной воды, потому что объем и температура конденсата по тракту увеличиваются [2].

Следующая схема применяется для открытых систем теплоснабжения с большим расходом подпиточной воды тепловых сетей. В данной схеме теплообменный аппарат для подогрева исходной воды встроен сразу

после встроенного пучка конденсатора. Такое решение позволяет нагревать исходную воду до диапазона от 35 до 50 градусов Цельсия.

Если на ТЭС поддерживать требуемый температурный режим подогрева исходной воды для подпитки теплосетей, как в данных решениях, то электростанция будет работать с высокой тепловой экономичностью, ибо для подогрева исходной воды в теплообменных аппаратах используется теплота низкопотенциальных отборов паровой турбины [3].

Магистерская работа посвящена анализу существующих и предложенных схем совершенствования потоков подпиточной воды в теплофикационных паротурбинных установках, выбору и обоснованию конкретных схем, определению показателей улучшения характеристик турбоустановки применительно к установкам Комсомольской ТЭЦ-2.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Шарапов В.И. Подготовка подпиточной воды систем теплоснабжения с применением вакуумных деаэраторов / В.И. Шарапов. М.: Энергоатомиздат, 1996.- 176 с.

2 Шарапов В.И. Расчет энергетической эффективности технологий подготовки воды на ТЭЦ: учебное пособие / В.И. Шарапов, П.Б. Пазушкин, Д.В. Цюра, Е.В. Макарова. Ульяновск: УлГТУ, 2003.- 120 с.

3 Шарапов В.И., Кузьмин А.В. О подогреве подпиточной воды теплосети в теплофикационных турбоустановках в неотопительный период // Энергосбережение и водоподготовка, 2010, № 6, С. 30-32.

УДК 629.123:534.647:539.433

Жумагалиев Иса, студент; Zhumagaliev Issa
Чижиумов Сергей Демидович, кандидат технических наук, доцент;
Chizhumov Sergey Demidovich
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ВЛИЯНИЯ МАЛОЙ ПОГИБИ ПЛАСТИН НА ВИБРАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА И УСТОЙЧИВОСТЬ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

INFLUENCE OF SMALL DEFLECTION OF PLATES ON VIBRATION PROPERTIES AND STABILITY OF SHIP STRUCTURES

Аннотация. Выполнен расчётный анализ влияния малой погиби на собственные частоты подкреплённых пластин, в том числе с учётом податливости набора, а также на устойчивость пластин от продольных сил и поперечного давления. Показано, что малая погибь может значительно увеличивать собственные частоты и критические нагрузки.

Abstract. Numerical analysis of the influence initial deflection on natural frequencies of strengthened plates, including accounting the effect of girders elasticity, as well as on stability from longitudinal and lateral forces is made. The natural frequencies and critical loads at small plate’s deflection are significantly increased.

Ключевые слова: подкреплённая пластина, малая погибь, собственная частота; критическая нагрузка.
Keywords: strengthened plate, initial deflection, natural frequency, critical load.

Пластины корпуса судна являются наиболее гибкими элементами его конструкции. В результате этого возникает множество проблем технологии постройки и эксплуатации судна, связанных с необходимостью обеспечения требуемых динамических характеристик и устойчивости его конструкций, снижения акустического излучения, обеспечения допустимых остаточных прогибов и напряжений.

Проблема проектирования конструкций по критериям вибрации связана с широким спектром и неоднозначностью внешних динамических нагрузок. Кроме того, исключить при эксплуатации потерю устойчивости и резонансную вибрацию пластин и панелей проблематично из-за сложно контролируемого влияния разных технологических и эксплуатационных эффектов на их собственные частоты и критические напряжения: остаточные деформации и напряжения от сварки и других технологических операций; эксплуатационные напряжения; изменяющийся уровень воды в цистернах, переменное давление грузов и др. Вследствие случайного характера остаточных деформаций достоверно определить собственные частоты и критические нагрузки в конкретных условиях эксплуатации проблематично, так как малые прогибы пластин могут существенно изменить эти параметры/

Итак, определяется задача об уменьшении влияния технологических факторов на жёсткость пластин обшивки и настилов корпуса судна, а также об увеличении их жёсткости, а значит собственных частот и критических напряжений. Известным способом является использование гофрированной обшивки [1, 2]. В связи с этим работа посвящена изучению влияния гофрировки (малой погиби) пластин на их частоты свободных колебаний и критические усилия.

Рассмотрен анализ двух расчётных схем подкреплённых пластин с разной погибью h, шпацией a = 0,7 м и толщиной s = 10 мм. В первом случае [3] подкрепления заменены шарнирными опорами (рисунок 1). Во второй модели учтена деформация рёбер жесткости (полособульб № 18б) (рисунок 2).

Рисунок 1 – Расчётная модель № 1

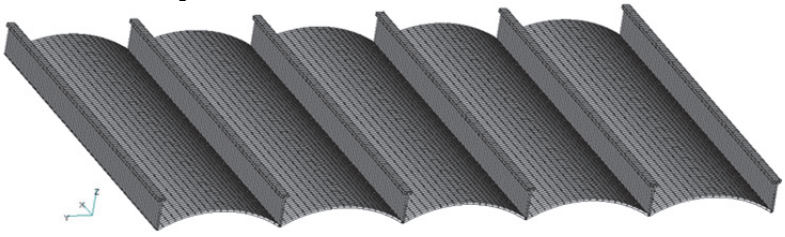


Рисунок 2 – Расчётная модель № 2

Анализ результатов расчётов собственных частот (рисунки 3 и 4) и устойчивости (рисунок 5) показал, что даже малая погибь значительно увеличивает первые частоты собственных колебаний и критические нагрузки пластин. Также было выявлено, что при значительной высоте начальной погиби ($h/s \geq 10$) роль рёбер основного набора становится небольшой и рёбра можно убрать, оставив гофрированные листы обшивки (настила) с уменьшенной шпацией рамного набора.

Основной вывод работы: применяя даже слегка гофрированные пластины обшивки можно эффективно оптимизировать конструкции, уменьшая случайность их отклонений формы, повышая устойчивость и уменьшая вероятность резонансов с низкочастотными динамическими нагрузками.

Особенно перспективен данный способ повышения жёсткости пластин в связи с тенденциями снижения веса и повышения эксплуатационной напряжённости высокоскоростных судов за счёт уменьшения толщин и применения композиционных материалов.

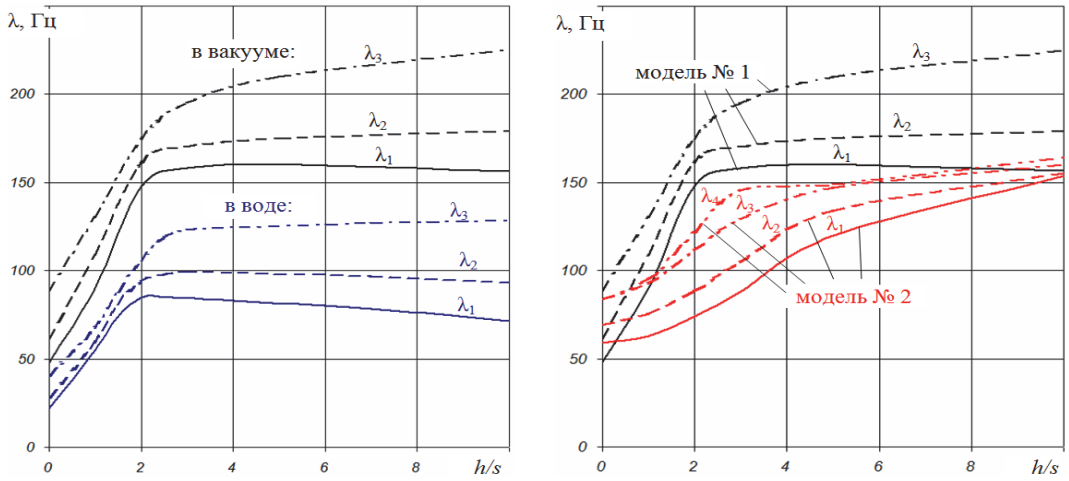


Рисунок 3 – Собственные частоты обшивки в зависимости от малой погиби (модель № 1)

Рисунок 4 – Влияние податливости рёбер жесткости на собственные частоты обшивки

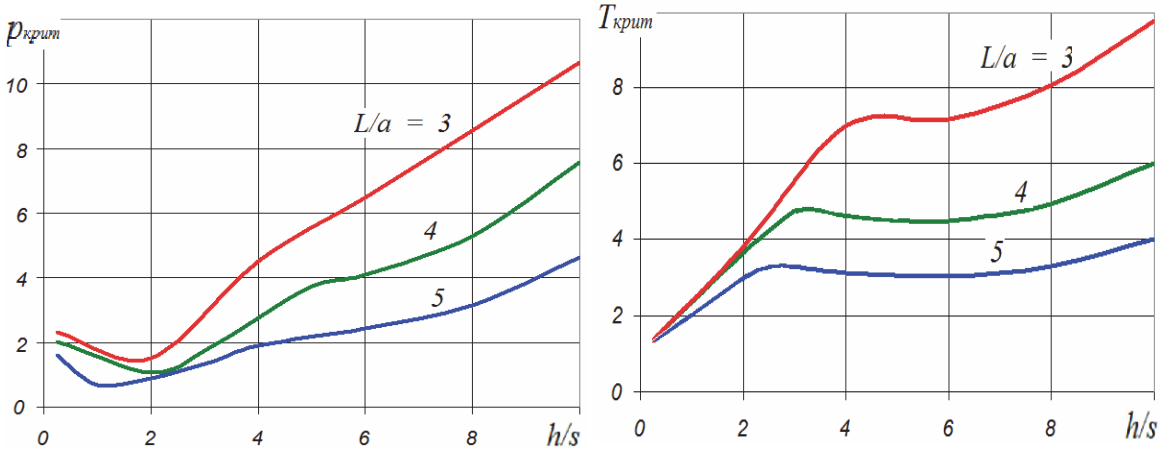


Рисунок 5 – Критическое давление (слева) и критическая продольная сила (справа) при различном удлинении пластин

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пат. US4638754, B63B 3/00, 114/69 R, 79W, 80, 114/56, 65 R. Vessel hull and bulkheads construction employing curved plating / Tornay E. G.; заявл. 27.03.85; опубл. 27.01.87.

2 Пат. EP0646521, Vessel hull structure and method / Goldbach R.A., Salzer R., McConnell F.E.; заявитель Metro Machine Corp., Marinex International Inc.; заявл. 19.12.91; опубл. 05.04.95.

3 Чижиумов, С.Д. Пример вибрационного проектирования обшивки на основе численного моделирования // Сб. тр. НТО им. акад. А.Н. Крылова. – Владивосток: ДВГТУ, 2000. С. 58-62.

УДК 627.74

Заварзин Руслан Витальевич, магистрант; Zavarzin Ruslan Vitalyevich
Жук Александр Юрьевич, кандидат технических наук, доцент;
Zhuk Alexander Yuryevich
Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова

УЛУЧШЕНИЕ СУДОХОДНЫХ УСЛОВИЙ НА УЧАСТКЕ РЕКИ БЕЛАЯ ОТ УСТЬЯ РЕКИ УФА – ГРУЗДЕВКА

IMPROVEMENT OF SHIPPING CONDITIONS AT BELAYA RIVER FROM THE MOUTH OF THE UFA RIVER – GRUZDEVKA

Аннотация. В последние годы проблема судоходных условий на р. Белая приобретает все большую актуальность. На участке реки Белая от устья р.Уфа – д. Груздевка за последние пять лет наблюдается существенное увеличение грузоперевозок, что требует безотлагательных мер по увеличению гарантированых габаритов судового хода. Целью данной работы является анализ состояния реки и разработка предварительной схемы улучшения судоходных условий.

Abstract. In recent years, the problem of navigable conditions on the Belaya river has become increasingly relevant. On the Belaya river section from the mouth of the Ufa river - Gruzdevka over the past five years there has been a significant increase in freight, what requires urgent measures to increase the guaranteed size of the vessel's stroke. The purpose of this work is to analyze the state of the river and develop a preliminary scheme for improving navigation conditions.

Ключевые слова: река Белая, грузоперевозки, нефтепродукты, дноуглубление, гарантированная глубина.

Keywords: the Belaya River, cargo transportation, oil products, dredging, guaranteed depths.

Река Белая протекает по территории Башкортостана и является крупнейшим притоком реки Кама. Длина реки – 1430км, площадь водосборного бассейна – 142 000 км² и принадлежит к 3-му классу водных путей. С 1991 года наблюдается многократное сокращение путевых работ, обусловленное снижением финансирования, в результате чего произошло понижение гарантированной глубины судового хода от 225 см до 180 см. Наиболее остро дела обстоят с нефтеперевозками по реке, осуществляемыми ЗАО СК «БашВолготанкер». В настоящий момент баржи типа «Бельская» проекта Р-27, осуществляющие перевозки нефтепродуктов, при гарантированной глубине 180 см могут загружаться лишь на 62% вместимости. Увеличение гарантированной глубины до 225 см позволит существенно повысить осадку судов до 210 см, что обеспечит загрузку на 86% вместимости.

Первые попытки улучшения судоходных условий на реке Белой были предприняты в конце 19-го века, наиболее активный период проведения путевых работ начинается с 1930-х и заканчивается в конце 1980-х. Значительный объем выправительных работ был выполнен в 1960-70 гг. Во второй половине 20-го века на исследуемом участке реки находилось более 200 выправительных сооружений разного типа. Со временем значительная часть сооружений пришла в негодность и прекратила выполнять свои функции, в большей степени уменьшение глубин судового хода вызвано как раз разрушением выправительных сооружений. Основная функция выправительных сооружений на реке Белая сводится к стабилизации положения судового хода и углублению перекатов за счет саморазмыва.

По имеющимся спутниковым снимкам местности можно сделать анализ состояния выправительых сооружений.

На перекатах: Верхнерязановский, Нижнеалександровский, Верхнечеремшанский, Кустаревский, Среднебирский Второй, Нижнедюртюлинский Первый и Нижнеюсуповский выправительные сооружения были разрушены. На данных перекатах требуется реконструкция сооружений, либо создание новой схемы коренного улучшения с последующим производством работ. В частности на Среднеалександровском перекате все 7 полузапруд находятся в неудовлетворительном состоянии и требуют восстановления. На Кустаревском перекате верхняя его часть подвержена сильному переформированию, все находящиеся на перекате полузапруды повреждены и представляют опасность для судоходства при высоких уровнях. На Нижнедюртюлинским Первом и Нижнедюртюлинским Втором перекатах, согласно данным лоцманским картам и спутниковым снимкам, габариты судового хода крайне неустойчивы, а полузапруды повреждены и представляют опасность для судов, на данном участке реки требуется восстановление полузапруд для стабилизации положения судового хода.

Также стоит отметить, что на перекатах: Среднебирский Второй, Камышинский Первый, Нижнепеченовский и Верхнекушнаренковский необходимо возвести запруды в несудоходных рукавах, что положительно скажется на устойчивости прорезей в судоходных рукавах.

На перекате Среднебирский Второй у левого берега находится остров Бирский, создающий двухрукавность. Имеющиеся на перекате 6 полузапруд и 1 запруда находятся частично в разрушенном состоянии, их функция заключается в перенаправлении расхода воды на судоходный рукав. Для создания более благоприятных судоходных условий требуется восстановление выправительных сооружений.

На Нижнепеченовском перекате наблюдаются сильные переформирования, на данном участке наиболее остро стоит вопрос о восстановлении полузапруд и требуется создание новой схемы коренного улучшения судоходных условий с возведением запруды в несудоходном рукаве. Реконструкция данного участка позволит стабилизировать положение судового хода и повысить безопасность движения.

Таким образом, развитие транспортной магистрали возможно исключительно после проведения на ней путевых работ с увеличением гарантированных глубин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Руководство по проектированию, строительству и эксплуатации выправительных сооружений из грунта. М.: Транспорт, 1971. 191 с

2 Гришанин К.В. Теория руслового процесса. М.: Транспорт, 1972. 215 с.

3 Гришанин К.В. Динамика русловых потоков. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. 311 с.

4 Гладков Г.Л., Чалов Р.С., Беркович К.М. Гидроморфология русел судоходных рек. СПБ: изд-во ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2016. 432 с.

УДК 621.8.034.3; 621.22.018.1

Иванов Николай Петрович, студент; Ivanov Nikolay Petrovich
Чижиумов Сергей Демидович, кандидат технических наук, доцент;
Chizhumov Sergey Demidovich
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ МОРСКИХ ВОЛН

NUMERICAL SIMULATION OF SEA WAVE ENERGY CONVERTER

Аннотация. В работе отмечена перспективность исследований по созданию электростанций на основе преобразователей энергии морских волн. Приведены примеры численных моделей динамики преобразователя с качающейся створкой типа OWSC (Oscillating Wave Surge Converter) на основе метода конечных объёмов. Выполнен анализ результатов расчётов.

Abstract. The paper notes the promise of research on development of power plants based on sea waves energy converters. Examples of numerical models of Oscillating

Wave Surge Converter (OWSC) dynamics based on volume of fluid method (VOF) are presented. The analysis of the calculation results is performed.

Ключевые слова: преобразователь энергии волн; OWSC; метод конечных объемов.
Keywords: Oscillating Wave Surge Converter, OWSC; volume of fluid method.

Наиболее распространённые в настоящее время электростанции на возобновляемых источниках энергии используют энергию ветра и солнца. Они являются малоэффективными в связи с низкой плотностью энергии этих источников (менее 1 кВт/м^2). Морские волны накапливают энергию ветра по мере разгона за довольно длительное время и поэтому имеют гораздо более высокую плотность энергии, пропорциональную квадрату высоты волн. Например, средняя мощность волн на 1 м фронта у побережья Тихого океана на Дальнем Востоке России составляет более 30 кВт [1].

Основой волновой электростанции является первичный преобразователь энергии волн (ПЭВ). Работа посвящена особенностям моделирования динамики ПЭВ типа OWSC (Oscillating Wave Surge Converter), который представляет собой раскачивающуюся створку (понтон), шарнирно закреплённую у дна. Устройство отбора мощности (PTO – power take of) может быть различным, в частности, в виде насосов, подающих воду на гидротурбину, связанную с электрогенератором. Полезная работа ПЭВ за один период колебаний может быть рассчитана в виде:

$$A_e = 2\pi\theta_a^2\omega\, c_{PTO} ,$$

где θ_a – амплитуда раскачивания створки, ω – частота, c_{PTO} - коэффициент сопротивления PTO.

Компьютерное моделирование динамики ПЭВ в современных системах вычислительной гидродинамики (Fluent, FlowVision, Flow-3D и др.) выполняется методом конечных объёмов VOF (volume of fluid). При этом используются разные подходы к дискретизации: 1) с неподвижными расчётными сетками (рисунки 1, 2) [2]; 2) с автоматически перестраиваемыми сетками по мере изменения положения границ жидкости (рисунок 3), которые могут сочетаться с неподвижными сетками в областях, удалённых от подвижных границ.

Моделирование отбора мощности может быть выполнено приложением к шарнирной створке реактивного момента, зависящего от угловой скорости и коэффициента сопротивления PTO. В системе Fluent этот момент можно определить следующей пользовательской функцией:

```
SDOF property compiled UDF with external forces/moments
#include "udf.h"
DEFINE SDOF PROPERTIES(Moment PTO, prop, dt, time, dtime)
{ float c PTO = 50000.0;   /* - koeff. demphirovaniya PTO, N*s/rad */
prop[SDOF_LOAD_M_Z] = -c_PTO * DT_OMEGA_CG(dt)[2]; }
```

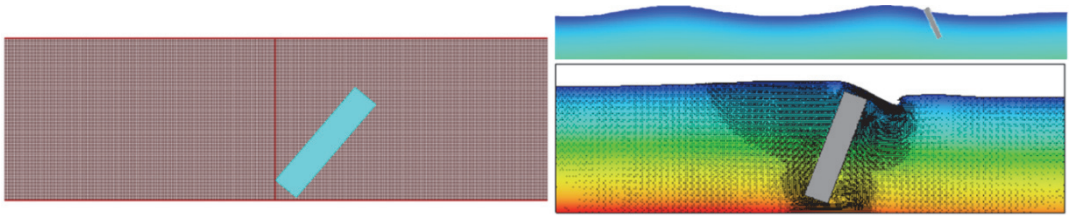


Рисунок 1 – Пример расчётной модели и результатов анализа по методу VOF

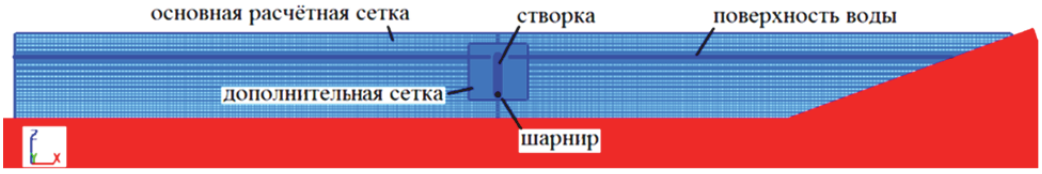


Рисунок 2 – Пример модели VOF с наложением неподвижных сеток

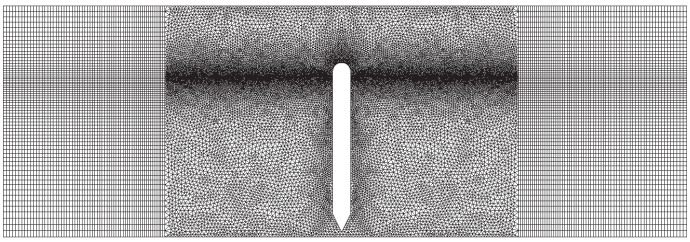


Рисунок 3 – Расчётная сетка модели VOF в программе Fluent

Отметим, что учёт двухфазной среды (вода-воздух) и большая протяжённость области моделирования (между границами на входе и выходе) связаны с существенными вычислительными затратами.

Выполнен ряд расчётов гидродинамики ПЭВ в системе Fluent. Анализируя результаты, следует отметить, что некоторых случаях, особенно при размещении преобразователя на небольшом удалении от берега, формируются отражённые волны, которые, складываясь с набегающими волнами, превращаются в стоячие волны (рисунок 4). В результате раскачка сворки вокруг оси практически исчезает. Для захвата энергии стоячих волн предлагается модификация ПЭВ, изображённая на рисунке 5.

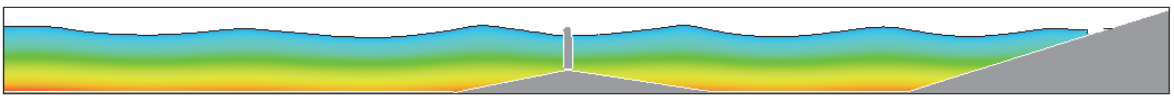


Рисунок 4 – Изменение формы волн в районе преобразователя

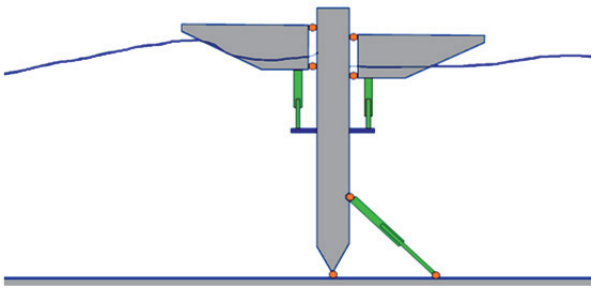


Рисунок 5 – Схема модификации устройства преобразователя

Существенное влияние на работу ПЭВ могут оказать разные местные особенности, в частности, рельеф дна, глубина воды, положение края створки относительно поверхности моря и др. Для изучения этих эффектов проводятся дополнительные исследования [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Преобразование энергии морских волн / С.Д. Чижиумов, В.М. Козин, И.В. Каменских, М.А. Синюкова, А.А. Гентова. – Комсомольск на Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. – 174 с.

2 Чижиумов, С.Д. Проблемы гидродинамики корабля (численное моделирование): учеб. пособие / С. Д. Чижиумов, И.В. Каменских, А.Д. Бурменский. – Комсомольск-на-Амуре: ФБГОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 120 с.

3 Иванов, Н.П. Анализ эффективности преобразования энергии морских волн / Н.П. Иванов, С.Д. Чижиумов // Неделя науки СПбПУ: материалы XLVIII научной конф. с международным участием / Ин-т передовых производственных технологий СПбПУ, Санкт-Петербург, октябрь 2019 г. (в печати).

УДК:62

Кулганатов Аскар Зайдакбаевич, Берестинов Амиржан Ахметжанович, Смирнов Алексей Юрьевич, студенты; Kulganatov Askar Zaydakbaevich, Berestinov Amirzhan Akhmetzhanovich, Smirnov Alexey Yuryevich.
Соломин Евгений Викторович, профессор, доктор технических наук; Solomin Evgeny Viktorovich.
Южно-Уральский государственный университет

РАЗВИТИЕ МАЛОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В РОССИИ

THE DEVELOPMENT OF SMALL DISTRIBUTED GENERATION IN RUSSIA

Аннотация. В данной статье авторами проанализированы технические, экономические и законодательные проблемы развития малой распределенной генерации в России, описаны преимущества и недостатки централизованной системы электроснабжения.

Abstract. In this article, the authors analyzed the technical, economic and legislative problems of the development of small distributed generation in Russia, described the advantages and disadvantages of a centralized power supply system.

Ключевые слова: малая генерация, распределенная генерация, централизованное электроснабжение.

Keywords: small generation, distributed generation, centralized power supply.

Во всем мире становится все более актуальным переход системы электроснабжения от централизованного питания к малой распределенной генерации. В России исторически сформировалось централизованное элек-

троснабжение, в основе такой системы лежит принцип производства энергии на крупных электростанциях и передача ее на большие расстояния. Такой принцип позволил в относительно короткие сроки провести электрификацию всей страны. У централизованной системы электроснабжение есть свои достоинства и недостатки, к достоинствам централизованного электроснабжения относят:

- Низкая стоимость кВт ·ч электроэнергии, благодаря огромным мощностям генераторов электростанций
- Высокая надёжность, благодаря параллельной работе нескольких электростанций и объектов энергосистемы
- Экономичность за счет сокращения ремонтного персонала в виду концентрации мощности оборудования.

Недостатки:

- Большие потери электроэнергии при ее транспортировки
- Сложная система релейной защиты и управления.
- Вероятность возникновения крупных системных аварий

Централизованное электроснабжение привело к тому, что в России имеются множество энергодефецитных регионов. Около 20 миллионов человек, проживающих на 2/3 территории нашей страны не имеют связи с центральной энергосистемой. В основном это малонаселенные, труднодоступные регионы с суровыми климатическими условиями. Проблема качественного электроснабжения энергодефецитных регионов остается актуальной как в социальном, так и в техническом аспектах. Наиболее перспективным решением этой проблемы считается использование распределенной генерации.

Распределенная генерация (также называемая малой генерацией) - является всеобъемлющим термином для любого вида генерации электроэнергии, который происходит в малом масштабе, близко к месту использования энергии. В нашей стране согласно ФЗ «Об электроэнергетике» к распределенной энергетике относят источники электрической и(или) тепловой энергии, приближенные к местам потребления, установленной мощностью менее 25 МВт. В настоящее время доля малой генерации в России занимает менее 2,3 %, когда в странах Европы этот показатель достигает 20% и более. При этом в «Энергетической стратегии России до 2030 года» доля малой распределенной генерации должна составлять 15% в общем объеме производимой электроэнергии [1].

Преимущества использования малой распределенной генерации заключаются в следующим: близкое расположение объектов распределенной генерации к энергоприемникам приводит к сокращению расходов на транспортировку электрической энергии и снижению потерь в сети, повышение энергоэффективности за счет использования местных энергоресурсов, повышение надёжности электроснабжения, уменьшение воздействия на окружающую среду. Помимо преимуществ у малой генерации есть и недостатки: высокая себестоимость вырабатываемой электроэнер-

гии, объекты малой генерации нуждаются в очень сложных системах защиты и автоматики при подключение к единой энергосистеме.

Развитие малой распределенной генерации в России ограничено несколькими основными проблемами среди которых главные это технические сложности: подключения объектов малой генерации к единой сети, в связи с различиями в используемых технологиях и режимах нагрузки внедрение единых стандартов (технических норм) подключения распределенных генераторов к единой сети является проблематичным, в России в настоящее время такие стандарты отсутствуют; перегрузки, связанные с подключением к сети распределенных генерирующих установок; повышение напряжения в сети. Экономические и законодательные сложности: законодательно не отрегулированы взаимодействия объектов малой генерации с сетевыми и сбытовыми компаниями; высокие капиталовложения и долгий срок окупаемости ухудшают инвестиционную привлекательность проектов связанных с малой генерацией; отсутствие стимулирующих механизмов и мер поддержек развития малой энергетики; несмотря на значительное развитие малой генерации, она во многих случаях не конкурентноспособна по сравнению с крупными электростанциями.

Хорошим примером развития малой генерации в России являются две геотермальные станции, находящиеся на полуострове Камчатка. Верхне-Мутновская ГеоЭС и Мутновская ГеоГЭС обеспечивают до 30% общей потребности центрального Камчатского энергоузла. Развитие геотермальной энергетики снижает зависимость региона от привозного топлива, одновременно с этим способствуя разработке и внедрению новых технологий [2].

Малая распределенная генерация дает много преимуществ, в том числе такие как повышение качества и надежности электроснабжения, а учитывая тот фактор, что развитие малой энергетики тесно связано с использованием возобновляемых источников энергии сокращение выбросов парниковых газов. Таким образом можно сказать, что малая энергетика является неким компромиссом между сохранением окружающей среды и энергетической обеспеченностью страны. Развитие малой генерации сильно зависит от цен на энергоносители и мер стимулирования со стороны государства. Но сущность ясна при нынешней ситуации на рынке электроэнергии, когда потребитель выполняет роль подчинённого в виду монополизации рынка, постоянном ухудшение экологии, истощение природных ресурсов - малая энергетика развиваться будет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс]. URL: https://minenergo.gov.ru/node/1026

2. Трофимов Н.А. Распределенная генерация Российской Федерации. Особенности, структура, режимы работы // Н.А. Трофимов, Р.В. Перминов, В.С. Потапов, В.Р. Жандаров. Научный журнал. – 2019. №7 (41). – С. 24-28.

УДК 621.165
Лынник Анастасия Александровна, студентка;
Lynnik Anastasia Alexandrovna
Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент;
Khvostikov Alexander Stanislavovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБОУСТАНОВКИ Т-55-130 ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАТОРА

INCREASING TURBINE PLANT T-55-130 EFFICIENCY BY UTILIZING CONDENSER HEAT

Аннотация. В работе рассмотрены низкопотенциальные источники теплоты при работе турбоустановки Т-55-130. Наибольший объем низкопотенциальной теплоты возможно утилизировать в конденсаторе. Рассмотрены возможные пути использования низкопотенциальной теплоты конденсатора турбоустановки. Рассчитаны показатели эффективности внедрения в тепловую схему турбоустановки теплового насоса для подогрева воды на теплоснабжение.
Abstract. In work considered the low-grade heat sources at the operation of the turbine plant T-55-130. The largest amount low-potentional heat can be disposed of in a condenser. Possible ways of using low-grade heat of a turbine plant condenser are considered. The efficiency indicators of introducing a heat pump turbine in a thermal circuit for heating water for heat supply are calculated.
Ключевые слова: турбоустановка, тепловая схема, тепловой насос, утилизация низкопотенциальной теплоты.
Keywords: turbine plant, thermal circuit, heat pump, utilization of low-potentional heat.

Одной из ключевых задач энергетики на сегодняшний день является повышение энергетической эффективности. Для российской энергосистемы, в которой преобладает доля комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, особую актуальность приобретает проблема повышения эффективности работы существующих теплоэлектроцентралей. Основными тепловыми потерями на Комсомольской ТЭЦ-2 являются, потери тепла в конденсаторе, на трение подшипников, теплообмен теплоэнергетического оборудования с окружающей средой, выбросы через дымовые трубы, РОУ, обогрев мазута и др. Больше всего тепла теряется в конденсаторе.

На ТЭЦ-2 в настоящее время эксплуатируются агрегаты 3 и 4 очереди. Поскольку 4 очередь оснащена турбоагрегатами Т-55-130, которые имеют наименьший износ, поэтому в качестве оборудования для модернизации была выбрана именно эта турбина. Турбина рассчитана на выработку 55 МВт электрической и 87 МВт тепловой энергии.

Была рассчитана тепловая схема турбина Т-55-130. Были рассчитаны

показателями работы турбины: расход тепла на турбину $Q_{my} = 182{,}894$ МВт, теплота, утилизируемая в конденсаторе Q_{my} = 7,8 МВт. При работе турбины, кроме потерь теплоты в конденсаторе имеются следующие источники низкопотенциальной энергии охладитель эжектора около 1 МВт, охладители уплотнений около 0,5 МВт.

Утилизация низкопотенциальной теплоты конденсаторов сопряжено со значительными трудностями связанные с низкой температурой. Температура воды после конденсатора t_k=40 °С. Температура технического водоснабжения должна утилизироваться с температурой отличающейся не более 5 °С летом и 3° С зимой. Использование теплоты таких температур технически нецелесообразно. Для подогрева низкопотенциальным источником более высокопотенциальный источник возможно с помощью теплового насоса. Таким образом, получаем возможность использовать утилизируемую теплоту для теплофикации.

По виду передачи энергии тепловые насосы бывают двух типов: парокомпрессионные и абсорбционные [1].

Основными элементами парокомпрессионного теплового насоса являются: компрессор, конденсатор, расширитель и испаритель. Компрессор, сжимая рабочее тело, подогретое в испарителе, повышает его температуру.

Работа абсорбционных тепловых насосов основана на термохимических реакциях поглощения (сорбции) рабочего агента соответствующим сорбентом, а затем выделении (десорбции) рабочего агента из сорбента. Абсорбционные тепловые насосы отличаются большей эффективностью, так как теплота напрямую используется для подогрева воды. В мировой практике в настоящее время применяют преимущественно солевые тепловые насосы, в котором абсорбентом является водный раствор соли бромистого лития (H_2O/LiBr) [2].

Расчет абсорбционного бромисто-литиевого теплового насоса с утилизацией теплоты от технического водоснабжения и высокопотенциального теплофикационного отбора турбины позволяет получить коэффициент трансформации тепла 1,778 и соотношение подведенной и утилизируемой теплоты 0,56/0,44. Применение теплового насоса в составе турбоустановки позволит повысить эффективность ее работы за счет использования низкопотенциальной теплоты технического водоснабжения.

В выпускной квалификационной работе предлагается произвести анализ эффективности применения бромистолитиевого теплового насоса, использующий теплоту конденсатора и теплофикационного отбора турбины будет произведен сравнительный анализ показателей эффективности работы ТУ Т-55-130 совместно с тепловым насосом на теплофикационный подогрев воды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Горшков, В. Г. Тепловые насосы аналитический обзор / В. Г. Горшков // Справочник промышленного оборудования. – 2004. – № 2. – С. 47-80.

2 Гришкова, А. В. Применение абсорбционных тепловых насосов на паротурбинных ТЭЦ / А. В. Гришкова, А. В. Нечаев // Молодежный научный вестник. – 2018. – №6. – С. 119-127.

УДК 621.311
Мансурова Наталья Игоревна, студентка; Mansurova Natalya Igorevna
Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент; Smirnov Aleksey Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ВНЕДРЕНИЕ ПАРОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

THE INTRODUCTION OF COMBINED CYCLE TECHNOLOGY FOR THERMAL POWER PLANTS

Аннотация. Энергетическая отрасль страны требует постоянного развития и совершенствования. Одним из направлений ее развития является внедрение парогазовых технологий как на новых, так и на действующих станциях. Парогазовые установки имеют целый ряд преимуществ перед традиционными паровыми установками. В то же время комбинированные установки не лишены и недостатков, которые следует учитывать при проектировании и модернизации станций.
Abstract. The country's energy sector requires constant development and improvement. One of the directions of its development is the introduction of combined-cycle technologies at both new and existing stations. Steam and gas installations have a number of advantages over traditional steam installations. At the same time, combined installations are not without disadvantages that should be taken into account when designing and upgrading stations.
Ключевые слова: энергетика, направления развития, парогазовые технологии, достоинства и недостатки.
Keywords: energetic, directs of development, steam-gas technologies.

Энергетика является стратегической и важной отраслью любой страны, в связи с чем очень важно осуществлять ее непрерывное развитие и совершенствование. Основные положения в области развития энергетики России отражены в соответствующих стратегических программах. Одним из направлений развития обозначено внедрение парогазовых технологий. При этом указано как создание новых парогазовых станций, так и внедрение комбинированных циклов на уже действующих станциях. В свете вышесказанного, рассмотрение вопросов в области внедрения и работы парогазовых установок представляется весьма актуальной задачей.

О перспективах и преимуществах парогазовых установок говорится во многих других источниках. Рассмотрим некоторые из них.

В источнике [1] с целью оценки так называемого «парогазового сценария» рассмотрена возможность повышения эффективности действующих станций. Согласно рекомендуемым требованиям, на угольных ТЭС замещающее оборудование должно иметь электрический к.п.д. 42-46% в конденсационном режиме, на ТЭС, работающих на природном газе – 52-58% в конденсационном режиме и 47% в теплофикационном. На ТЭС, работающих на природном газе, данное повышение к.п.д. объясняется возможностью применения парогазовых технологий. Здесь же говорится о строительстве новых ТЭС, работающих на природном газе, на которых следует использовать только парогазовые установки.

В источнике [2] были рассмотрены основные преимущества парогазовых установок в сравнении с традиционными паросиловыми установками, которые заключаются в следующем. Парогазовая установка является самой эффективной по производству электроэнергии. К примеру, взять трехконтурную парогазовую установку на конденсационном режиме с промежуточным перегревом пара, к.п.д. ее достигнет 60%, что составит 82% от возможного теоретического уровня, это при учете температуры газов на уровне 1450 °С на входе в газовую турбину. При этом потенциал повышения коэффициента полезного действия паровых установок сверхкритического давления практически исчерпан и не превышает 40%.

Парогазовая установка является самой экологически чистой энергоустановкой, что объясняется высоким к.п.д.

Потребление охлаждающей воды парогазовыми установками примерно в три раза меньше, чем паротурбинными, при одинаковой мощности. Это можно объяснить тем, что мощность паровой части составляет треть общей мощности парогазовой установки, а газовой части практически не требуется охлаждающая вода.

Немаловажным фактором по части обеспечения надежности энергосистемы является высокая маневренность парогазовых установок, что упрощает задачу покрытия переменной доли плана электрической нагрузки.

Т. к. парогазовым установкам требуются: меньший объём строительной части; отсутствие сложного энергетического котла, дорогой дымовой трубы, системы регенеративного подогрева питательной воды; использование более простых паровой турбины и системы технического водоснабжения; и многое другое, то, в сравнении с паротурбинными ТЭЦ, они имеют примерно на 40% меньшую удельную стоимость установленной мощности. [2].

И наконец, при постройке парогазовых установок основное оборудование поступает на строительную площадку крупными модулями, что значительно сокращает сроки монтажа и предоставляет возможность вводить оборудование поэтапно. Следовательно, парогазовые ТЭЦ имеют намного меньший строительный цикл.

Интересна точка зрения, представленная в источнике [3]. Причиной внедрения парогазовых установок в России является то, что децентрализованный рынок выработки электроэнергии и теплоты требует от энергетических компаний повышать конкурентоспособность своей продукции.

Главное значение здесь имеет минимизация риска инвестиций и реальный эффект, который можно извлечь при использовании данных технологий.

Отмена государственного регулирования рынка электроэнергии и теплоты приведет к усилению конкуренции между их производителями, т. к. данный продукт станет коммерческим. Поэтому в будущем только надежные и высокорентабельные электростанции смогут обеспечить дополнительные капиталовложения в осуществление новых проектов [3].

В работе [4] приводятся следующие характеристики парогазовых установок: электрический к.п.д. от 58 до 64 %; низкая стоимость единицы установленной мощности; меньшее водопотребление на единицу производимой электроэнергии в сравнении с паротурбинными установками; бóльшая технологичность при строительстве (установка от 9 мес.); компактность по отношению кдругими типами электростанций; возможная установка вблизи объектов энергопотребления, что существенно уменьшает расходы на транспортировку электроэнергии.

Впрочем, необходимо принимать во внимание и следующие стороны [4]: парогазовая установка имеет более низкую единичную мощность оборудования (от 160 до 972 МВт на 1 блок), по сравнению, например, с ТЭС, которые имеют мощность блока до 1200 МВт и АЭС- от 1200 до 1600 МВт; потребность в осуществлении фильтрации воздуха, который используют для сжигания топлива, что приводит к удорожанию технологии.

С учетом вышеприведенных характеристик, ясно, что парогазовые технологии имеют большие перспективы в энергетической отрасли России. Следует отметить, что парогазовые установки – это сравнительно новый тип электростанций, на данный момент он используется чаще в западных странах, преимущественно на электростанциях, использующих в качестве топлива природный газ [4].

В настоящем сложилась устойчивая классификация парогазовых установок. Выбор того или иного типа установки зависит от различных факторов, наиболее важными из которых при реализации проекта являются его экономическая эффективность и безопасность. Вместе с тем, исследование существующего рынка энергоустановок демонстрирует заметную нуждаемость в недорогих, надежных в эксплуатации и высокоэффективных энергетических установках.

Учет всех рассмотренных особенностей и характеристик парогазовых установок позволит спроектировать и построить высокоэффективную и конкурентноспособную энергетическую установку для заданных условий эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Современное состояние и перспективы развития теплоэлектростанций // Госсми.ру Достоверный источник информации. URL: http://gossmi.ru/page/gos1_774.htm (дата обращения: 18.04.2020).

2 Основные преимущества парогазовой технологии ТЭЦ // Vuzlit.ru – архив студенческих работ. URL: https://vuzlit.ru/741615/osnovnye_ preimuschestva_parogazovoy_tehnologii (дата обращения: 18.04.2020).

3 Зачем строить Парогазовые ТЭЦ? В чем преимущества парогазовых установок. // CCpowerplant.ru Все о тепловых электростанциях. URL: https://ccpowerplant.ru/zachem-stroit-parogazovye-tec-v-chem-preimushhestva-parogazovyx-ustanovok/ (дата обращения: 18.04.2020).

4 Парогазовая электростанция (ПГЭС) // Neftegaz.ru. URL: https://neftegaz.ru/tech-library/elektrostantsii/141631-parogazovaya-elektrostantsiya-pges/ (дата обращения: 18.04.2020).

УДК 629.5.018

Мин Ко Ко, аспирант; Min Ko Ko
Тарануха Николай Алексеевич, доктор технических наук, профессор;
Taranukha Nikolay Alekseevich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КОЛЕБАНИЙ КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ВИБРОМЕТРА

METHODOLOGY OF INVESTIGATIONS OF VIBRATIONS OF CONSTRCUTIONS BY USING A LASER VIBROMETER

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию методики экспериментального определения параметров гидроупругих колебаний механической системы в виде консольной балки с точечной массой на ее свободном конце, которая полностью погружена в жидкость. Суть данной методики заключается в опосредованной фиксации экспериментальных значений параметров колебания консоли через переходной элемент, который выступает над поверхностью жидкости. В результате проведенных экспериментов была проведена оценка погрешности получаемых экспериментальных данных между прямым и опосредованным определением параметров колебаний конструкции.

Abstract. This work is devoted to the study of the experimental determination of the parameters of hydroelastic vibrations of a mechanical system in the form of a cantilever beam with a point mass at its free end, which is completely immersed in the liquid. The essence of this technique is to indirectly fix the experimental values of the console oscillation parameters through a transition element that protrudes above the surface of the liquid. As a result of the experiments, the error of the obtained experimental data was estimated between the direct and indirect determination of the parameters of the structural vibrations.

Ключевые слова: виброметр, экпериментальная установка, гидроупругие колебания.

Keywords: vibrometer, experimental setup, hydroelastic vibrations.

Исследование гидроупругих колебаний сложных оболочек с учетом сопротивления жидкости является одной из актуальных задач механики [1]. Для исследования влияния сопротивления жидкости на затухания ко-

лебаний механических систем полностью погруженных в жидкую среду в КнАГУ на базе Дальневосточного опытового бассейна была разработана экспериментальная установка, предназначенная для определения параметров свободных гидроупругих колебаний консольной балки с точечной массой на свободном конце (рисунок 1). Экспериментальная установка представляет собой резервуар на одной стенке которого жестко закрепляется консольная балка на заданном уровне заглубления в жидкость. Свободный конец консольной балки с помощью специального «спускового» механизма предварительно отклоняется в горизонтальном плоскости на заданное расстояние и затем «отпускается», запуская свободный колебательный процесс [2].

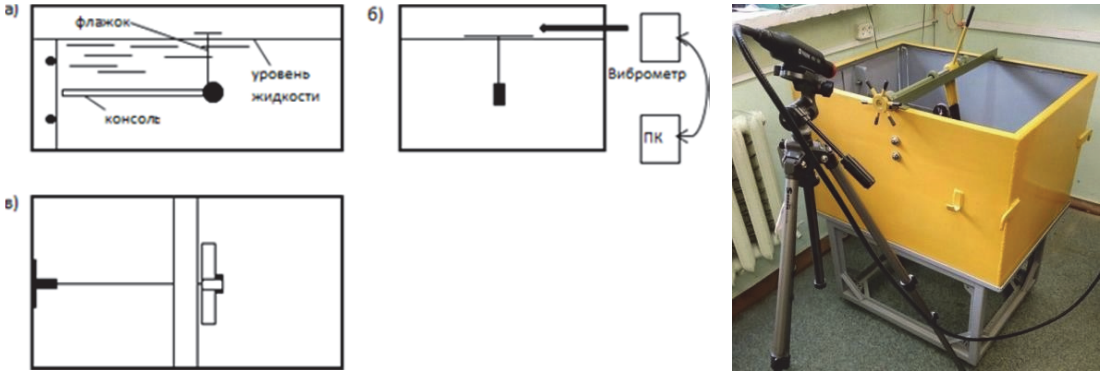


Рисунок 1–Экспериментальная установка

Данная установка позволяет производить экспериментальное определение амплитудно-частотных характеристик, коэффициентов затухания и коэффициентов сопротивления внешней и внутренней среды колеблющейся системы.

Для снятия показаний экспериментов используется бесконтактный способ фиксации параметров колебаний с помощью лазерного виброметра «Polytec High Speed Laser Vibrometer HSV2001». Снятие амплитуд колебаний производится с помощью лазерного луча направленного на колеблющийся исследуемый объект. Данный способ регистрации параметров колебаний является очень точным, од нако данный прямой способ регистрации колебаний тела в жидкости невозможно было реализовать, так как излучающую и приемную головку виброметра пришлось бы погружать в саму жидкость, к чему он не приспособлен.

Следует отметить, что определение параметров колебаний любой механической системы полностью погруженной в жидкую среду представляет собой отдельную сложную задау. Это связано с тем, что при безконтактном прямом способе фиксации параметров колебаний, жидкая среда вносит существенные погрешности в показаниях приборов. Одним из методов решения данной проблемы является применение опосредованных, то есть непрямых снятий характеристик. Техническое решение опосредованных измерений заключалось в снятии показаний колебаний ни с исследуемого объекта, а с переходного элемента (флажка), который выступает над границей жидкой и воздушных сред. Так как в этом случае исследуемая

колеблющаяся система получила дополнительный элемент со своей массой и инерционными характеристиками, то следовало оценить степень вляния передаточного элемента на колебания исследуемой технической системы.

Для этого были проведены сравнительные эксперименты по определеню параметров свободных колебаний консольной балки в воздушной среде прямым и опосредованным методом. В эксперименте исследовались четыре модели «точечных масс», закрепленных на конце консоли балки, с разными площадями парусности (рисунок 2).

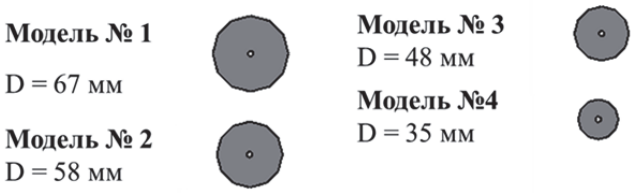


Рисунок 2 – Модели «точечных масс» с разными площадями парусности

Замеры амплитуд колебаний при прямом методе фиксации результатов экспериментов проводились непосредственно с «точечных масс», а при опосредованном с «флажка». Для снятия показаний экспериментов использовалась программа «Polytec vibrometer software». Обработка экспериментальных данных с помощью программы «Microsoft Excel». По полученным данным были построены графики осредненных амплитудно-частотных характеристик на «точечной массе» (рисунок 3) и флажке (рисунок 4).

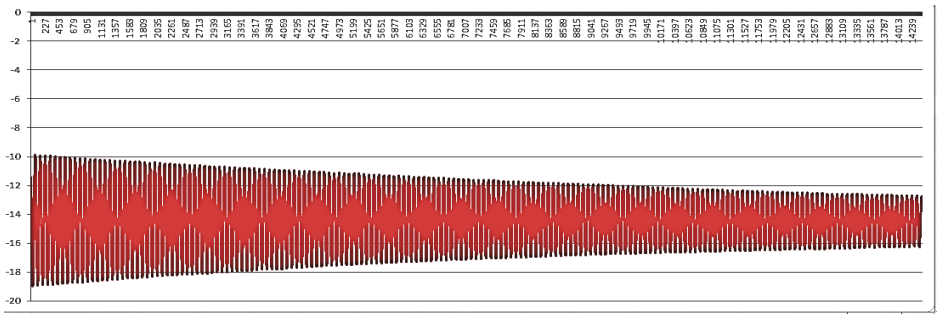


Рисунок 3 - Осредненные данные амплитудно-частотных характеристик консоли без флажка (для середины «точечной массы»)

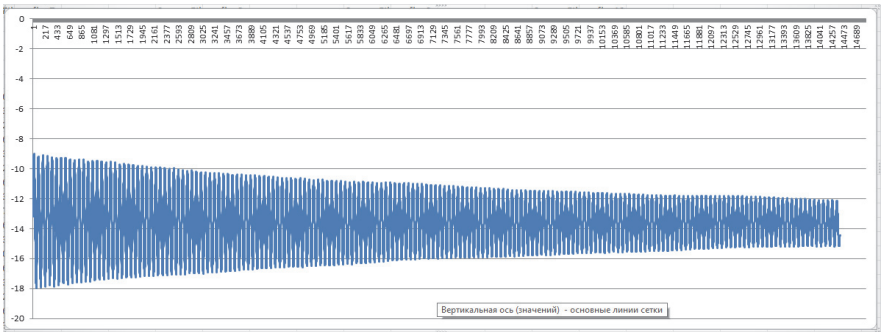


Рисунок 4 - Осредненные данные амплитудно-частотных характеристик консоли с флажком (для середины «флажка»)

Далее проводилось сравнение полученных результатов. Для наглядного рассмотрения разницы между замерами с «флажком» и без «флажка», выделим из графиков, приведенных на рисунках 3 и 4, отдельную часть с устоявшимся периодом колебаний. Данная часть графика представлена на рисунке 5.

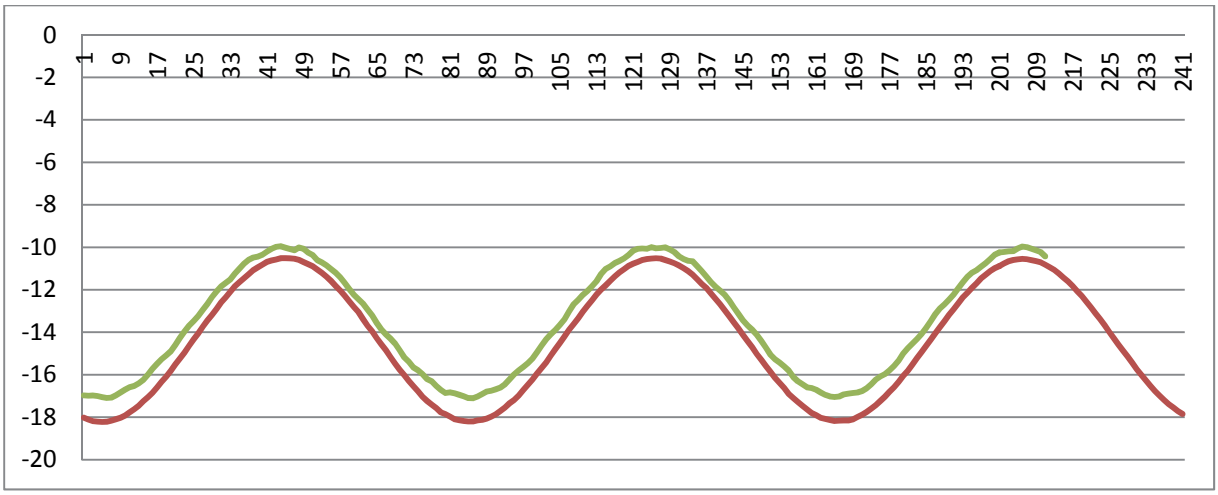


Рисунок 5 – Часть графика с устоявшимся периодом колебания:
красный цвет – для «флажка», зеленый цвет – для «точечной массы»
(временной интервал от 9.5 с до 10.5 с)

Из полученного графика видно, что изменение амплитудно-частотных характеристик при выполнении замеров (лазер на «флажок» и на «точечную массу») незначительны и составляют погрешность менее 5%. Выполнение замеров амплитудно-частотных характеристик на консоли с рядом мисследуемых моделей «точечных масс» показали аналогичный результат.

Полученные результаты по оценке точности прямых и опосредованных измерений в воздухе можно использовать при изучении параметров колебаний «точечных масс» в жидкостях различных плотностей и вязкостей в процессе последующих исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Тарануха, Н. А. Математическое моделирование колебаний сложных оболочек. Гидроупругая постановка с учетом сопротивления / Н. А. Тарануха, О. В. Журбин – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 253 с.

2 Грушин, С.С. Проектирование экспериментальной установки и исследование демпфирующих свойств судовых конструкций, колеблющихся в жидкости / С. С. Грушин, Н. А. Тарануха // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов , Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 г. – г. Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2017. – С. 305-308.

УДК 629.553
Нежинская Олеся Анатольевна, студентка; Nezhinskaya Olesya Anatolyevna
Каменских Ираида Витальевна, кандидат физико-математических наук, доцент; Kamenskikh Iraida Vitalievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ ДЛЯ ПАССАЖИРОВ И ЭКИПАЖА НА РЕЧНЫХ СУДАХ

RESEARCH OF THE PECULIARITIES OF ORGANIZATION OF PREMISES FOR PASSENGERS AND CREW IN THE RIVER VESSELS

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию состава пассажирских помещений и помещений экипажа на речных судах. Выделены основные направления использования речных судов и современные тенденции организации пассажирских помещений. Авторами отмечается существенный рост уровня комфорта на речных судах.
Abstract. This work is devoted to the research of passenger and crew premises in the river vessels. The main direction of use of river vessels and modern trendencies of passenger premises organization are highlighted. The authors note a significant growth of comfort level on river vessels.
Ключевые слова: помещения пассажиров, помещения экипажа, комфортабельность судов, речные суда.
Keywords: passenger premises, crew premises, comfort of vessels, river vessels.

Комфортабельность судов оценивается комплексом удобств для пассажиров. Повышение уровня комфорта приводит к увеличению строительных и эксплуатационных расходов и, следовательно, вызывает необходимость роста тарифных ставок. Очевидно, что рентабельная эксплуатация пассажирского судна зависит от соответствия между затратами на комфорт и потребительской стоимостью судна. Практикой проектирования крупных речных (река-море) пассажирских судов уже определена типовая номенклатура пассажирских помещений, обеспечивающих требуемый уровень комфорта и рентабельности судна [1, 2]. Проектирование помещений на пассажирских судах небольших размеров имеет определенную сложность. На начальных стадиях проектирования установить оптимальный уровень комфорта по всем параметрам довольно трудно. В качестве обобщенного проектного параметра применяется величина удельной площади комплекса пассажирских помещений (отражает уровень комфорта и влияет на размеры судна). С ростом продолжительности рейса данный параметр линейно возрастает. Количество экипажа принято определять в зависимости от объектов обслуживания. Отношение площади палуб жилого блока к численности экипажа – удельная площадь обслуживания, сильно зависит от назначения судна. Площадь палуб жилого блока состоит из площадей служебных помещений, помещений экипажа и пассажирских помещений. Если перечень необходимых служебных помещений и помещений экипажа

определен для большого пассажирского судна, то для малых судов он имеет существенный разброс.

Для определения существующих современных вариантов компоновки помещений для экипажа и пассажиров рассмотрены речные суда с размерами менее 50 м, как современные проекты судов, так и модернизации проекта речного пассажирского судна ОМ (проект 780 и 623). Судно ОМ было спроектировано и построено в 70-х и 80-х годах по существовавшим на тот период требованиям к постройке и комфорту. В настоящее время проекты судов существенно обновлены, изменен и осовременен архитектурный облик, учтены требования Правил Регистра и запросы заказчиков, соответственно, существенно изменились помещения судна. Можно выделить общие черты архитектурно-конструктивного типа обновленного судна: увеличение ярусности надстройки, развитая надстройка по длине, отсутствие коробчатого типа надстроек; цельность и динамичность силуэта, приближение общего силуэта надводной части корпуса к силуэтам скоростных судов; в носовой части уступы надстройки более растянуты, чем в корме; открытые участки палуб на верхнем ярусе надстройки и в корме, тентовая палуба; размещение пассажирских общественных помещений в надстройке (на главной палубе); каюты пассажиров в средней и носовой части корпуса - в зоне наилучшей обитаемости. Определились актуальные варианты назначения судна: для разъездных целей, туристических рейсов и отдыха на воде (1); для служебно-разъездных целей (2); для туристических рейсов (3); для перевозки пассажиров с продолжительностью рейса более 40 часов и перевозки пассажиров на местных линиях (4-5). Основные группы помещений: жилые помещения пассажиров, общественные помещения пассажиров, комплекс обслуживания пассажиров, вспомогательные помещения, камбузный блок пассажиров, помещения экипажа, служебные помещения. Каждая функциональная группа помещений вносит свою долю в доходность судна. Определение площадей помещений обычно ведется по ближайшему судну-прототипу пропорционально численности пассажиров (экипажа) и данных о доле площади группы помещений в общей площади жилого блока. При отсутствии такой информации необходимо проанализировать существующие коммерческие предложения по судам соответсвующего назначения. Для предложения варианта формирования комплекса помещений было проанализировано 20 судов – как новые проекты, так и модернизация проекта речного пассажирского судна ОМ (проект 780 и 623) от ЗАО "Инженерный Центр Судового проектирования", ООО «Минибот-Техфлот», Компания "Си Тех". Общие выводы о численности экипажа и пассажиров по судам приведены в таблице 1. Для судов класса «О» численность экипажа меньше, чем для судов класса «М-ПР», но для судов варианта (3) численность экипажа максимальная. Для судов вариантов (1-2) предусматривается увеличение экипажа на 2-4 человека для обслуживания пассажиров и наличие на судах дополнительных кают.

Основной каютой для экипажа в рассмотренных проектах стала двухместная каюта с санблоком (с двухъярусным расположением спальных мест и ориентированными поперек судна). Встречается расположение

каюты капитана и главного механика рядом с рулевой рубкой. Траектории движения экипажа во время работы и отдыха не пересекают блок пассажирских помещений. В проектах (1-2) выполняется отдельное формирование блока помещений для судовладельца (двухместная каюта, кабинет, гардероб, санблок) или VIP каюты - двухместные каюты повышенной комфортности с санблоком. В данных каютах спальные места ориентированы вдоль судна. Для повышения уровня обслуживания и комфорта предусмотрены холл, салон, салон-бар, сауна, солярий, специальные площадки для размещения гидромотоциклов. Пассажирские салоны судов вариантов (4-5) оснащаются пассажирскими креслами по типу авиационных, обязательно предусмотрен буфет.

Таблица 1 – Численность экипажа и пассажиров

Характеристика	Проекты судов и варианты назначений						
	пр. 780	пр. 623	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Экипаж	11	10	2-9	3-6	14	6	5
Пассажиры	242	271	-	6-12	40	56 (124)	105
Пассажиры в каютах (пассажиры при рейсе до 8 часов)	-	-	6-12 (16-25)	-	-	18 (-)	18

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Егоров, Г.В., "Линейка" круизных пассажирских судов внутреннего и смешанного плавания для российских рек / Г.В. Егоров, И.А. Ильницкий, Я.В. Калугин // Сборник трудов XII междунар. конф. "Российское судостроение и судоходство, деятельность портов, освоение океана и шельфа "Нева 2013". – СПб, 2013. – С. 221-227.

2 Егоров, Г.В., Современные тенденции на мировом круизном флоте / Г.В. Егоров , А.Г. Егоров // www.korabel.ru. – 2019. – Выпуск 2 (44). – С. 16-28. – Режим доступа: https://www.korabel.ru/news/comments/sovremennye_tendencii_na_mirovom_kruiznom_rynke.html

УДК 629.514; 629.52

Новосёлова Ульяна Александровна, студентка;
Novoselova Ulyana Aleksandrovna
Каменских Ираида Витальевна, кандидат физико-математических наук, доцент; Kamenskikh Iraida Vitalievna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ПЛАВУЧИЙ ДОМ ИЗ МОДУЛЕЙ

THE HOUSEBOAT OF MODULES

Аннотация. В работе рассматривается вариант плавучего дома. Предлагается его формирование в виде отдельных частей – модулей. Даются предложения по каждому модулю.

Abstract. The work considers the option of a houseboat. Its formation in the form of separate parts - modules is offered. Proposals are given for each module.

Ключевые слова: плавучий дом, модуль плавучего дома.

Keywords: houseboat, modules of houseboat.

В России дома на воде появились не так давно и пока подобные строения не получили широкого развития, а скорее используются как временное жилье [1, 2]. С каждым годом все больше возникает потребность в организации рекреационных зон на реке Амур из-за малой населенности территории и отсутствия развитой туристкой инфраструктуры. Большее количество людей рассматривает для себя возможность экотуризма, изоляции от внешнего мира и освоение не тронутых человеком территорий. Плавучие модульные дома могут стать не заменимым спутником в данных начинаниях.

Типичная конструкция плавучего дома имеет водоизмещающую часть и строение на палубе. Предлагается плавучий дом, состоящий из модуля (модулей) плавучести и жилого модуля. Жилой модуль напоминает морской контейнер, но общего у них только габариты (длина 6,06 м, ширина 2,4 м, высота 2,6 м). Данные параметры позволяют его перевозить грузовым автомобилем по дорогам общего пользования. Для данных домов можно использовать полиэтиленовые модули плавучести под металлический пространственный каркас. При выборе модуля из пластика нужно учитывать его вес, чем модуль тяжелее, тем толще стенки, соответственно больше срок эксплуатации. Конструкция модуля должна быть максимально проста и адаптирована для монтажа крепежных элементов. Размер и форма модулей может различаться, и зависит от назначения дома. Грузоподъемность полиэтиленовых модулей имеет огромный диапазон от 4 до 40 тонн, что позволяет создавать проекты различных жилых модулей. Даже небольшие размеры модулей плавучести позволяют разместить каркасные конструкции и жилое строение весом до 7 т. Плавучих модулей для одного строения может быть несколько в зависимости от сложности конструкции и пожеланий заказчика. Например, наличие у дома открытых зон отдыха. Конструкция жилого строения может состоять из одного или нескольких модулей. Модули могут производиться удаленно на предприятии так и на месте (сборно-разборные) из готовых профилей и панелей. Модули, изготовленные на предприятии, могут быть полностью готовы к проживанию в них. Сборно-разборные модули дают огромный потенциал в плане разнообразия выбора материалов для внутренней, так и внешней отделки, планировки и наполнения дома. Каркас дома выполняется из металлического швейлера серии 10П (100-46-4,5 мм) с усиленной обвязкой низа дополнительным Т-образным профилем. Предусмотрены технологические отверстия для безопасной погрузки модуля. Из-за сурового климата на Дальнем Востоке использование плавучего дома предполагается в летний период и по уровню комфорта он не проигрывает «дачному жилью». При оснащении плавучего дома соответствующим двигателем и движителем, можно путешествовать по воде с комфортом. Согласно законодательству РФ плавучий дом является маломерным судном, то причалить на нем можно в любом месте, где не запрещена стоянка и не будет помех судоходству.

Плавучие дома, как и любое жилое помещение, независимо от его строения и расположения, должны обеспечивать комфортабельные и безопасные условия проживания. При эксплуатации плавучего дома, пришвартованного к берегу (на длительный период), можно провести подключение к водопроводным, электрическим, канализационным системам береговой линии. Комфортабельное пребывание в плавучем доме возможно и без подключения к коммуникациям берега. Современный рынок предлагает широкий спектр автономного оборудования, которым можно оснастить плавучий дом. К такому оборудованию можно отнести: емкости для питьевой и сточной воды, топлива, портативные генераторы электрического тока, отопительные системы для поддержания комфортной температуры в доме при снижении температуры воздуха. Оборудование компактное, небольшого веса и доступное в обслуживании. Плавучий дом как судно должен иметь средства пожаротушения, спасательное снаряжение соответствующее расчетному количеству человек в доме, «уметь» швартоваться и вставать на якорь. Размеры и конструкция плавучего дома дает возможность свободно путешествовать по водоемам и рекам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Зиятдинов, З.З. Второе жилище типа «плавучий дом» / З.З. Зиятдинов //Архитектон: известия вузов. – 2014. – № 5 (45). – С. 223-233.

2 Плавучие дома [Электронный ресурс] // Дайджест (обзор материалов прессы). – URL: http://www.ad-m.info/history.html

УДК 629.5.012

Пак Таисия Игоревна, студент; Pak Taisiya Igorevna
Александрова Дарья Николаевна, магистрант; Alexandrova Daria Nikolaevna
Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;
Burmenskiy Andrey Dmitrievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

МЕТОДОЛОГИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ

RECONSTRUCTION METHODOLOGY OF LINES PLANS OF TRANSPORT VESSELS

Аннотация. Разработка математических моделей проектирования современных типов судов должна основываться на адекватных данных о проектных характеристиках современных судов. Однако, как правило, полная проектная информация недоступна проектантам. В данной работе рассматривается практический опыт по реконструкции теоретических чертежей на основе грузовых планов и чертежей общего расположения судов.

Abstract. The development of mathematical models for the design of modern types of vessels should be based on adequate data on the design characteristics

of modern vessels. However, as a rule, full project information is not available to designers. This paper discusses practical experience in reconstructing lines plans based on freight general and pocket plans of vessels.
Ключевые слова: транспортное судно, проектные характеристики, теоретический чертеж.
Keywords: vessel, design characteristics, lines plan.

Анализируя опыт отечественного судостроения, следует отметить, что наблюдается серьезный дисбаланс в проектировании и строительстве основных типов транспортных судов. Если кластер судов речных и смешанного плавания достаточно широко представлен в отечественной практике судостроения, то практика проектирования и строительства морских транспортных судов в России практически отсутствует. Это делает актуальными научные исследования и опытно-конструкторские работы в области проектирования транспортных судов различных типов с целью накопления практического опыта в этой области.

Благодаря развитию информационных технологий основой современной методологии проектирования судов является оптимизационное проектирование. Это требует от специалистов в области проектирования, разработки исследовательских систем проектирования транспортных судов различных типов. Основой исследовательских систем являются математические модели расчета функциональных качеств судов.

Математические модели определения функциональных качеств характеризуются своей сложностью и зачастую не имеют аналитического решения. В первую очередь это связано с отсутствием математической модели описания формы корпуса судна, поэтому все расчетные процедуры в теории проектирования основываются на численном моделировании с использованием современных численных методов. Однако из-за своей сложности реализации такие численные методы как методы численной гидромеханики или методы оценки прочности применяются только на последних этапах проектирования в качестве конечных проверочных расчетов. В самих математических моделях определения главных проектных характеристик широкое распространение получили статистические и аналитико-статистические методы

Эмпирические модели, которые используются в математических моделях проектирования, должны отвечать условиям адекватности, т.е. основываться на актуальной информации по проектным характеристикам судов. Поэтому одним из основных направлений деятельности проектанта является непрерывный сбор, накопление и обработки информации по проектным характеристикам современных судов. Источниками такой информации являются как современные публикации в научно-технических журналах, так и различная информация, получаемая через Интернет. Хотя возможности Всемирной паутины поистине безграничны, не всю проектную информацию можно там найти, кроме того научно-техническая информация, распространяемая через сеть, зачастую носит рекламный, а иногда дезинформирующий характер. Поэтому перед проектантом с особой

остротой возникает проблема верификации полученной информации, а также возможности восстановления ее полноты [1].

Особый дефицит проектной информации ощущается в описании формы корпусов судов. Главным документом, характеризующим форму корпуса, является теоретический чертеж, и именно информация по ним практически отсутствует в общем поле научно-техническом информации. Это связано с тем, что теоретические чертежи в основном не входят в комплект эксплуатационной информации, который передается на судно заводом строителем, а для проектных организаций данная техническая документация относится к категории коммерческой тайны.

Конечно, на основе главных размерений, общих видов и достаточного количества методов разработки теоретических чертежей можно разработать приближенный теоретический чертеж рассматриваемого судна [2]. Однако полученный чертеж не будет соответствовать реальному судну. И если для учебной работы такой подход допустим, то для получения реальной проектной информации он не годится.

На кафедре «Кораблестроение» Комсомольского-на-Амуре государственного университета на протяжении ряда лет внедряется опыт восстановления полноты проектной информации и проверки ее адекватности. Данная работа проводится на основе выполнения выпускных квалификационных работ бакалавров, посвященных анализу проектных характеристик и функциональных качеств конкретных судов, а также в рамках выполнения научных исследований в процессе подготовки магистерских диссертаций. Однако, обратно же, проблемой данной работы является явный дефицит теоретических чертежей отражающих реальные обводы современных транспортных судов.

Для решения данной проблемы на кафедре была разработана особая методология реконструкции теоретических чертежей. Рассмотрим более подробно данную методологию, которая состоит из нескольких этапов.

Первый этап посвящен вопросам сбора проектной информации по какому-либо судну. Основное внимание уделяется поиску графической информации, содержащую информацию по проекциям ватерлиний на уровне палуб, платформ и двойного дна, а также изображения миделя и отдельных шпангоутов. Такая информация содержится на чертежах общего расположения, на грузовых планах и конструктивных чертежах (рисунок 1).

На втором этапе проводится верификация графической информации. В данном случае верификация заключается в проверке пропорций изображения, так как зачастую при публикациях редакторы ее непропорционально поджимают. Эта операция осуществляется с помощью различных графических редакторов. В отдельных случаях приходится проводить склейку изображения из отдельных фрагментов.

На третьем этап в CAD-систему вставляются подготовленные изображения в качестве подложки в виде растрового изображения или в PDF формате. Вставленные изображения выравниваются и масштабируются. В качестве рабочей CAD-системы применяется AutoCAD. Выбор AutoCAD в качестве среды реконструкции связан с наличием в нем широкого набора

графических и сервисных инструментов, которые облегчают и ускоряют графическую часть работы [3].

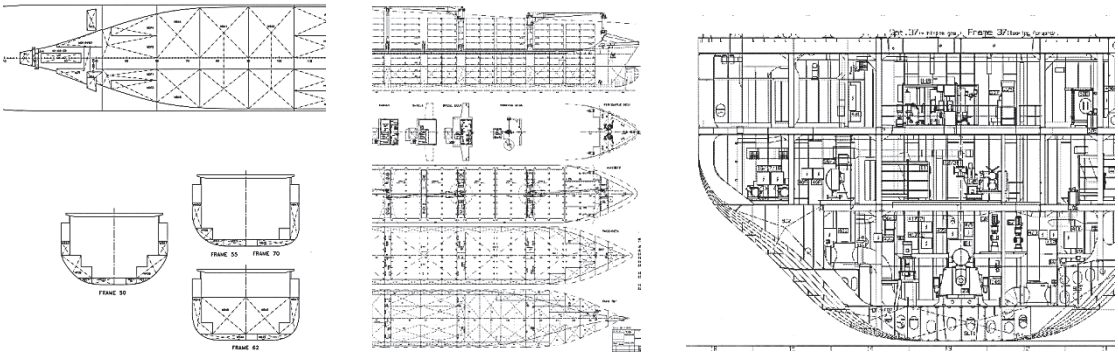


Рисунок 1 – Различные варианты исходной графической информации

В процессе выполнения четвертого этапа работ на чертеже формируется сетка теоретического чертежа, производится обводка конструктивных линий нанесенных на подложке. На проекциях наносятся базовые точки с конструктивных линий в плоскостях теоретических ватерлиний и шпангоутов (рисунок 2а). В качестве графического инструмента обводки используется полилиния. В начале, проводится обводка с помощью прямолинейных сегментов полилинии. Далее полученная полилиния преобразуется в сплайн. На третьем шаге, с помощью редактирования маркеров вершин, сплайн выравнивается относительно изображения линий на подложке.

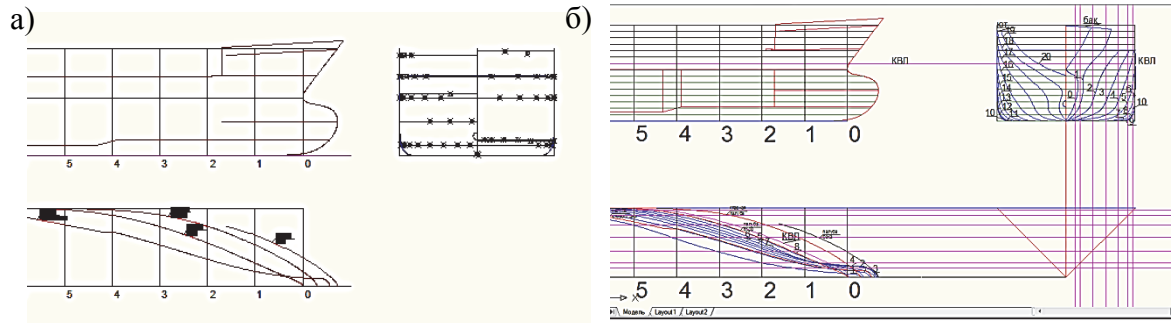


Рисунок 2 – Этапы реконструкции теоретического чертежа в AutoCAD

Пятый этап реконструкции теоретического чертежа является самым трудоемким. На основе узловых точек на проекции корпус начинают отрисовывать теоретические шпангоуты. По мере формирования набора шпангоутов в соответствии с правилами проецирования проводится отрисовка ватерлиний (рисунок 2б). Далее проводится сглаживание ватерлиний и обратное проецирование внесенных изменений на проекцию корпус с целью корректировки формы шпангоутов. Прямой и обратный процесс повторяется до тех пор, пока не будет достигнуто приемлемое согласование. Для контроля постепенно добавляют промежуточные шпангоуты и ватерлинии.

Процесс реконструкции теоретических чертежей является очень трудоемким и требует кропотливости и терпения. Поэтому эту работу поручают успевающим студентам под руководством опытных преподавателей. В результате такой работы формируется банк исходной проектной информации описания поверхности корпусов, на основе которой можно проводить

различные расчеты по моделированию другой недостающей проектной информации и использовать полученные данные для разработки адекватных эмпирических моделей характеристик и качеств современных судов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гайкович, А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т. 2. Анализ и синтез системы «Корабль» / А. И. Гайкович. – СПб.: Изд-во НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. – 872 с.

2 Мытник, Н. А. Проектирование теоретического чертежа корпуса судна: Учеб. пособие. / Н. А. Мытник.– Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре политехнический ин-т, 1992. –86 с.

3 Соколова, Т. Ю. AutoCAD 2011: учебный курс / Т.Ю. Соколова. – СПб: Питер, 2011. – 574 с.

УДК 621.311

Плотникова Наталья Александровна, студентка; Plotnikova Natalya Alexandrovna
Малыхин Анатолий Александрович, кандидат технических наук, доцент;
Malihin Anatoliy Alexandrovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

БЕЗДЕАЭРАТОРНАЯ ТЕПЛОВАЯ СХЕМА ТУРБОУСТАНОВКИ Т-110/120-130

DEAERATOR-FREE THERMAL SCHEME OF A TURBINE PLANT T-110/120-130

Аннотация. Работа посвящена определению рационального использования бездеаэраторных тепловых схем к турбоустановке Т-110/120-130. Проведя тепловой анализ исходный и пяти дополнительных тепловых схем с различным количеством и расположением смесительных регенеративных подогревателей выявим, что применительно к турбоустановке Т-110/120-130 наибольший термодинамический эффект дает схема со смешивающими ПНД и гравитационным регулированием в них уровня конденсата.

Abstract. The paper is devoted to the definition of rational use of non-aerator thermal circuits for the t-110/120-130 turbine unit. After conducting a thermal analysis of the original and five additional thermal circuits with different numbers and locations of mixing regenerative heaters, we find that in relation to the t-110/120-130 turbine unit, the greatest thermodynamic effect is produced by a scheme with mixing PND and gravitational regulation of the condensate level in them.

Ключевые слова: тепловая схема турбоустановки, Т-110/120-130.
Keywords: thermal scheme of a turbo installation, T-110/120-130.

Схема регенерации российских и заграничных паровых турбин имеет устойчивую конструкцию, подключающую подогреватели низкого давления (ПНД), деаэратор, подогреватель высочайшего давления (ПВД) и пе-

рекачивающие насосы. ПВД и ПНД большинства наших российских паровых турбин поверхностного типа с присущими им недочетами.

В согласовании с будущими надеждами формирования процесса электроэнергетики многонациональной России турбоустановки энергоблоков обязаны иметь бездеаэраторную двух подъёмную термическую схему с секционным конденсатором со смешивающим одним или несколькими ПНД.

Для ответа запрос о применении подобных тепловых схематических разметок может решаться в 2-ух аспектах: реконструкция пребывающих в эксплуатации систем регенерации и возникновение комбинированных схематических разметок репродукции низкого давления для по новой проектируемых электростанций.

Выполнен расчет и анализ следующих математических моделей тепловых схем турбоустановки Т-110/120-130: математическая модель промышленной тепловой схемы; математическая модель модернизированной тепловой схемы с заменой одного поверхностного подогревателя низкого давления на смешивающий подогреватель низкого давления при отсутствии деаэратора; математическая модель модернизированной тепловой схемы с заменой двух поверхностных подогревателей низкого давления на два смешивающих подогревателя низкого давления при отсутствии деаэратора; математическая модель третьего типа, дополненная системой гравитационного регулирования уровня в смешивающих регенеративных подогревателях; математическая модель тепловой схемы с заменой трех поверхностных ПНД на смешивающий ПНД при отсутствии деаэратора; математическая модель тепловой схемы с заменой всех поверхностных ПНД на смешивающий ПНД при отсутствии деаэратора,

Основные результаты расчета представленны в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования математических моделей тепловых схем турбоустановки Т-110/120-130

№	Наименование расчетной величины для сравнения	Действующая турбоустановка Т-110/120-130	Бездеаэраторная турбоустановка Т-110/120-130 (вари-ант 2)	Бездеаэраторная турбоустановка Т-110/120-130 (вари-ант 3)	Бездеаэраторная турбоустановка Т-110/120-130 (вари-ант 4)	Бездеаэраторная турбоустановка Т-110/120-130 (вари-ант 5)	Бездеаэраторная турбоустановка Т-110/120-130 (вари-ант 6)
1	Электрический КПД турбоустановки	0,892	0,896	0,900	0,903	0,905	0,906
2	Общий КПД ТЭС	0,8038	0,808	0,8115	0,814	0,8164	0,8169

Максимальную эффективность дает применение тепловой схемы с заменой всех поверхностных регенеративных подогревателей на смешивающие, однако ТЭС не готовы к такой модернизации. Практический интерес для производства могут представить тепловые схемы 4 и 5 вариантов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Исследование системы регенерации бездеаэраторной тепловой схемы энергоблока 300 МВт при сниженной нагрузке // С.Б. Есин, Н.Н Сухоруков, А.Ю. Юрченко. – Теплоэнергетика, 2015, № 9, с. 9.

2. Численное моделирование массопереноса в жидкой фазе барботажного слоя термического деаэратора // А.Г. Лаптев, Р.Ш. Мисбахов, Е.А. Лаптева. – Теплоэнергетика, 2015, № 12, с. 76.

УДК 629.1

Плющик Вадим Романович, студент; Pliushchik Vadim Romanovich
Попов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент;
Popov Aleksey Yurievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОСЕРВИСА

CAR SERVICE ORGANIZATION

Аннотация. Сегодня автомобили стали неотъемлемым атрибутом нашей жизни. Для поддержания автотехники в исправном состоянии требуется производить ее периодическое обслуживание, ремонт и пр. Существуют различные виды организаций, оказывающих автосервисные услуги.

Abstract. Today, cars have become an integral part of our life. To maintain motor-vehicle in good condition, it is necessary to perform periodic maintenance, repairs, etc. There Are various types of organizations that provide car service services.

Ключевые слова: автомобили, техническое обслуживание и ремонт, организации автосервиса.

Keywords: automobiles, maintenance and repair, car service organization.

Автотранспорт задействован в самом большом количестве грузовых и пассажирских перевозок. Таким образом, автомобили являются неотъемлемым атрибутом современного общества. В настоящее время проявляется тенденция к тому, что Российский автомобильный рынок может стать одним из крупнейших в Европе [1].Также необходимо учитывать и такую сферу использования автомобилей как проведение автогонок.

Автомобильный транспорт нуждается в регулярном техническом обслуживании. В спектр обслуживания входят такие виды работ как диагностика, ремонт и восстановление деталей, замена жидкостей, замена деталей и узлов автомобиля, замена покрышек, регулировка подвески, настройка электроники, установка сигнализации, мойка и химчистка и другие виды работ.

Часть операций автовладельцы могут производить самостоятельно (например, заправка, доливка масла, замена воздушного фильтра, подкачка колес и прочие несложные операции). Но большая часть работ осуществля-

ется в специализированных организациях. Рассмотрим существующие на сегодня виды организаций, осуществляющих сервисные услуги.

Автозаправочные станции (АЗС). Помимо осуществления профильных функций – заправки автомобилей топливом и маслами – АЗС обеспечивают также малый сервис: подкачивание шин, чистку салона, доливку охлаждающих жидкостей, продажу некоторых запасных частей и принадлежностей для ухода за автомобилем. Также существуют автозаправочные станции с широким спектром оказываемых услуг.

Станции технического обслуживания (СТО) общего назначения. Являются аналогами российских комплексных станций технического обслуживания. Считается, что СТО с возможностью продажи автомобилей являются очень перспективными. Человек, купивщий автомобиль на СТО впоследствии с высокой долей вероятности становится постоянным клиентом станции, что, в свою очередь, расширяет клиентскую базу СТО.

Станции скоростного обслуживания. На таких станциях производятся исключительно регламентированные работы по техническому обслуживанию (ТО). В частности, на станциях типа «ПитСтоп» в США осуществляют мойку автомобиля, заправку его маслом, топливом и другими жидкостями за 12 минут. Все это возможно благодаря поточным линиям с автоматизированным управлением. Благодаря автоматизированным линиям, стоимость подобного комплекса обслуживания ниже на четверть, чем на обычных СТО.

Станции самообслуживания. На станциях самообслуживания автовладельцу предоставляется рабочее место и весь необходимый набор инструментов для выполнения работ по обслуживанию автомобиля своими силами. Такие СТО выгодны для автовладельцев, ведь ТО и ремонт обходятся значительно дешевле, чем на классических СТО. На таких станциях действует почасовая оплата за аренду оборудования, инструмента и производственного помещения, что, в свою очередь, и позволяет получать прибыль. Станции самообслуживания делятся на два типа – малого ТО и текущего ремонта (ТР) большого объема с использованием диагностического оборудования.

Станции ремонта аварийных автомобилей. После того как были разработаны эффективные методы и средства ремонта поврежденных автомобилей, такие предприятия получили широкое распространение. В большинстве случаев на данных станциях проводится восстановление работоспособности и внешнего вида автомобиля, при помощи эффективных методов ремонта осуществляется устранение деформаций частей кузова.

Станции безопасности движения. На этих станциях осуществляют принудительную проверку и диагностику узлов и агрегатов, которые обеспечивают безопасность движения автотранспорта. Количество таких станций крайне мало, но на некоторых из них применяются поточные линии, что делает эти станции весьма производительными.

Специализированные станции. Эти станции выполняют конкретные виды работ ТО или ремонта. Например, ремонт и замена шин, ремонт автоматической коробки переключения передач, покрасочные работы и т.д.

Передвижные станции. Такие станции представляют собой грузовой автомобиль, на базе которого оборудовано всё необходимое для ремонта и диагностики автомобиля. Все виды работ производит водитель-слесарь. Данные станции делятся на два типа: станции скорой технической помощи для обслуживания попавших в аварию или просто неисправных автомобилей, и станции, которые осуществляют обслуживание автомобилей на дому.

Дорожные станции. Такие станции находятся на равноудаленном расстоянии друг от друга, примерно 40-50 км. Нередко на таких и подобных станциях присутствуют магазины и, в редких случаях, гостиничные комплексы.

Автотранспортные предприятия при заводах (АТП). Данные АТП занимаются не только обслуживанием собственного автопарка, но и осуществляют дорожно-ремонтные работы, грузовые и пассажирские перевозки.

Службы эвакуации автомобилей. Такие службы занимаются эвакуацией автомобилей после аварий или неспособных продолжать движение своим ходом, эвакуируют неправильно припаркованный транспорт.

Тюнинг-ателье. Такие сервисы помимо услуг по обслуживанию, ремонту и продаже автомобилей, предоставляют услуги (как основные) по модернизации автомобилей. В тюнинг-ателье производят: модернизацию силового агрегата (форсирование двигателя, расточка головок блока цилиндров, установка кованных поршней, замена стандартного сцепления на усиленное и т.д.), изготовление обвесов кузова, установку каркаса безопасности, аэрографию, установку «кастомного» ЭБУ, индивидуальной системы выхлопа, установку турбокомпрессора, изменение геометрии кузова, изменение посадки авто и развала схождения, снижение веса, тонирование стекол и т.д. Но зачастую стоимость услуг в таких организациях крайне высока, что связанно со сложностью и индивидуальностью работ.

Гаражные мастерские. Обычные гаражные мастерские, в которых индивидуальные предприниматели производят различные ремонтные работы. Также бывают гаражные мастерские узкой направленности (например, по установке сигнализаций и, в целом, работе с электрооборудованием).

Автосалоны и дилерские центры. Предоставляют услуги по обслуживанию и ремонту автомобилей.

Ну и наконец, можно упомянуть магазины по продаже автозапчастей и прочих комплектующих.

При изучении авторынка нужно всегда обращать внимание на самые популярные у народа автомобили, так как зачастую владельцы самых популярных марок автомобилей и становятся клиентами автосервисов. При этом следует учитывать, что задачей СТО является не только привлечение новых клиентов, но и сохранение постоянных. В свою очередь, нестан-

дартный подход к размещению автосервиса, рекламе также способствует успешному функционированию предприятия.

Отношения с поставщиками запасных частей и оборудования должны быть налажены должным образом, так как своевременное получение последних для ремонта и диагностики, а также их качество напрямую влияют на качество оказываемых услуг. Сюда же можно отнести и квалификацию работников. В завершение хотелось бы добавить, что описанные выше подходы не могут быть эффективно применены без грамотного руководства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Волгин, В.В. Энциклопедия автосервиса. Секреты бизнеса / В.В. Волгин – М.: Ось-89, 2009. – 544 с.

2 Тюрин, И.Ю. Основы автосервиса: краткий курс лекций для студентов IV курса направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / И.Ю. Тюрин – Саратов.: ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2016. – 137 с.

УДК 656.025.4

Попов Михаил Андреевич, студент; Popov Mikhail Andreyevich
Гунькова Ольга Владимировна, доцент; Gunkova Olga Vladimirovna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ЛОГИСТИКА ДОСТАВКИ СПЕЦТЕХНИКИ ИЗ КИТАЯ В РОССИЮ

LOGISTICS OF DELIVERY OF SPECIAL EQUIPMENT FROM CHINA TO RUSSIA

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию принципа перевозки специальной техники из Китая в Россию.

Abstract. This work is devoted to the investigation of theory transportation of special equipment from China to Russia.

Ключевые слова: спецтехника, перевозка, доставка, контейнер.

Keywords: special equipment, transportation, delivery, container.

Спецтехника – это достаточно сложное техническое транспортное средство, машины, механизмы имеющее четко определенное назначение, с целью выполнения конкретных задач и ускорения производства работ. Спецтехника из Китая пользуется повышенным спросом. Обладая практически таким же хорошим качеством, как европейская и американская продукция техника из Поднебесной существенно дешевле. Как правило, из Китая в Россию везут гусеничную и колесную спецтехнику для выполнения земляных и погрузочно-разгрузочных работ, строительства различных сооружений и зданий, дорожного строительства.

Доставка спецтехники со склада производителя или поставщика в Китае в морской порт осуществляют автомобильным транспортом. Негабаритные перевозки спецтехники требуют индивидуального выбора транспортного средства. Для этого пользуются низкорамными грузовыми автомобилями. Изделия могут перемещаться на автомобилях специальной конструкции. Вместо кузова они оснащены мощной грузовой платформой, называемой тралом. Перевозка спецтехники тралом облегчает загрузку негабаритных изделий. Платформа тягача подбирается в соответствии с габаритами и весом груза. Ширина некоторых тралов может увеличиваться за счет раскладывающихся частей. Для погрузки и разгрузки используют лебедки и другое подъемное оборудование. Технику на автомобильном шасси погружают самоходом. Перевозка техники на гусеничном ходу выполняется после загрузки краном. Самоходные модели заезжают на платформу по специальным аппарелям.

После прибытия транспорта в порт производится таможенный контроль. Здесь проверяют документы, оплачиваются сборы, если они предусмотрены. Таможенное оформление проводят согласно китайскому законодательству.

Далее оформляют доставку морским судном. Спецтехнику загружают на грузовое судно, закрепляют, направляют во Владивосток.

Доставка спецтехники морем имеет свои особенности, существенную роль играют форма и вес грузового места. Изделия могут размещаться в трюме, твиндеках или на палубе. Тяжеловесные автомобили, прицепы, комбайны рекомендуется перевозить на палубе. В порту потребуется проделать значительный объем работы по креплению и сепарации груза.

Для морской перевозки спецтехники может использоваться контейнер Flat Rack, состоящий из платформы и двух торцевых стенок, которые могут складываться при необходимости (рисунок 1). Приспособление имеет ограничения по весу изделий, но его объем не регламентируется, что удобно для размещения негабаритных грузов. В отличие от универсальных контейнеров, основание Flat Rack платформы не покрывают деревянным настилом, а укрепляют дополнительными металлическими балками. Специальные крепежные системы, вмонтированные в саму платформу и торцевые стенки, надежно фиксируют груз на основании, не позволяя ему двигаться даже при интенсивной тряске и вибрации.

Рисунок 1 – Flat Rack платформа

С помощью контейнера легко организовать мультимодальную поставку, включающую перевозку морем и автомобильным транспортом.

Перевозка морским транспортом особо выгодна при транспортировке негабаритных грузов – в этом случае экономия достигается за счёт отсутствия расходов на получение разрешительной документации и поиск спецтехники для выполнения погрузочно-разгрузочных работ. Это связано с тем, что порты оборудованы самой современной крановой техникой, а для транспортировки крупных и массивных грузов могут использоваться специально оборудованные суда.

По прибытию в порт назначения Владивосток производится таможенное оформление груза в короткие сроки. Важно только одно – правильно оформленные документы.

После окончания таможенного оформления груз перегружают на поезд. Перегрузку осуществляют на одной из станций. В течение 1-2 дней, как правило, технику отправляют в путь. Небольшой временной промежуток между предполагаемой доставкой в порт и отправкой на поезде необходим, так как на пути могут возникнуть задержки. Погрузку осуществляют с помощью подъемного оборудования. Для перевозки используют вагоны с открытыми платформами. Изделия размещаются на платформе, в обычных и усиленных вагонах или полувагонах. Они крепятся в соответствии с правилами перевозки. Перевозка спецтехники ж\д транспортом допускается только после утверждения порядка загрузки.

Собственно доставка. Во время перевозки, на остановках спецтехнику периодически проверяют: оценивают крепление, устойчивость на платформе, комплектацию. Возможно сопровождение, однако обычно груз везут в штатном порядке, без экспедитора.

Последней стадией перевозки является доставка по адресу получателя. Если это предусмотрено договором, технику перегружают на тралы и привозят на территорию предприятия или по адресу заказчика. Если клиент берет доставку на себя, спецтехнику только разгружают.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Петрова, А. М. Транспортная логистика: организация перевозки грузов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. М. Петрова, Ю. Н. Царегородцев, А. М. Афонин и др. М. : Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2014. 368 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. Режим доступа: http://www.znanium.com/catalog.php.

2 Логистика доставки спецтехники из Китая [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://unotrans.com/perevozki. – Загл. с экрана.

3 Перевозка негабаритных и тяжеловесных грузов [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://mos-interlogistics.com. – Загл. с экрана.

УДК 629.5.01
Попова Нина Анатольевна, студент; Popova Nina Anatolievna
Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;
Burmenskiy Andrey Dmitrievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ В СУДОСТРОЕНИИ

PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT SYSTEMS IN SHIPBUILDING

Аннотация. Рассматриваются PLM-системы, преимущества их использования; основные PLM системы в судостроении и вектор их развития.
Abstract. View of PLM-systems, advantages of their using; mainstream shipbuilding PLM systems and vector of their development.
Ключевые слова: жизненный цикл, PLM-системы, судостроение.
Keywords: life cycle, PLM-systems, shipbuilding.

Период создания и функционирования продукции характеризуется ее жизненным циклом (ЖЦ). Жизненный цикл включает несколько основных этапов. Это проектирование продукции (изделия), когда требования к осуществлению полного жизненного цикла образца определяют проектно-конструкторские, технологические и иные решения. Следующий этап – производство; затем эксплуатация. Завершает ЖЦ утилизация.

Для того, чтобы вышеописанные шаги и действия осуществлялись успешно, в деятельности человека применяются PLM-системы. Термин «PLM-система» за последние два десятилетия устоялся и обрел наполнение. Это информационная среда для информационной поддержки ЖЦ изделия.

PLM (Product Lifecycle Management) – современная технология сопровождения жизненного цикла изделия, которая объединяет процессы управления на протяжении всего жизненного цикла, от проектирования и производства и до снятия с эксплуатации, всей информации об изделии и связанных с ним процессов.

Главным преимуществом PLM-технологии является оперативный доступ к требуемой и актуальной информации об изготавливаемой технической системе, что является базой повышения эффективности производства. Важнейшими преимуществами применения PLM-технологий зпелючается в следующем:

- сокращение сроков производства за счет ускорения процессов проектирования и подготовки производства;
- существенное уменьшение ошибок;
- повешение качества проектирования и производства за счет усиление контроля за данными процессами;
- сокращение издержек на проектирование и производства изделий.

Под PLM-системой при этом следует принимать не один суперпродукт, а совокупность программных продуктов.

При проведении анализа рынка PLM-систем для судостроительной отрасли важно понимать разнообразие и специфику предлагаемых решений. На сегодняшний день PLM концепцию обеспечивают программные решения, подразделяемые условно на два класса, а именно на машиностроительные PLM-системы, адаптированные к специфике судостроения, и на продукты, изначально ориентированные на судостроителей.

Рассматривая PLM-системы универсальной направленности, следует отметить их направленность на машиностроение и приборостроение; их функциональные возможности ограничены управлением документацией, моделями, инженерными данными в процессе конструкторской подготовки и лишь малая часть PLM-систем имеет модули технологической подготовки классического машиностроительного производства; нет функционала для проектирования и подготовки производства корпуса корабля/судна для судостроительной отрасли.

И хотя машиностроительная и судостроительная информационные составляющие неразрывно связаны, и PLM-система для судостроения должна отражать эти связи – к сожалению, в настоящее время ни одна PLM-система полностью не соответствует потребностям судостроения.

Машиностроительные PLM-системы с их гибким функционалом стали находить применение в судостроении только после их адаптирования к специфике отрасли. В первую очередь это касается выполнения в едином информационном пространстве моделирование поверхности корпуса судна с полной геометрической привязкой к ней элементов корпусных конструкций, а также обеспечение возможности осуществления объемной компоновки внутренних помещений, решать задачи детального проектирования сложных узлов, механизмов и систем, автоматизировать процессы технологической подготовки производства.

Пока отечественные PLM-системы не обладают полными функциональными возможностями в судостроительной области, но могут служить основой, на базе которых могут быть разработаны отраслевые решения в будущем. Следует отметить, что доля использования современных общемашиностроительных PLM-систем в судостроительной области расширяется.

PLM-системы, ориентированные только на судостроителей, создавались 30-40 лет назад; за это время тщательно отработаны с множеством заказчиков. Однако они предназначались главным образом для решения вопросов производства корпусов судов. Это обусловило их широкое распространение, ввиду того, что стоимость корпуса – это примерно три четверти стоимости судна. Таким PLM-системам необходимо расширять свои функциональные возможности касаемо других дисциплин: проектирование судовых систем и механизмов, компоновка оборудования и т. п. Этот процесс идет, но проходит достаточно сложно и не всегда корректно отвечает требованиям судостроителей.

PLM-системы российских ИТ-компаний неоднородны и в разной степени развиты. CAD-системами (программы конструкторско-технологической подготовки) машиностроительные предприятия охвачены практически полностью. PLM-системы внедрены уже не на каждом пред-

приятии. Автоматизация решений управления требованиями распространена еще меньше, и наконец, полностью автоматизированный жизненный цикл – от управления требованиями до сопровождения продукции при эксплуатации пока что редкость для российского производства.

В судостроении PLM-направления разрабатываются несколькими российскими ИТ-компаниями.

ИТ-компании планируют развитие PLM-систем в нескольких направлениях.

Интегрировать российские квалификации и продукты в плане консалтинга.

Создать проектные решения, соединенные по отраслевому признаку – судостроение и авиационная промышленность, тяжелое машиностроение.

Предоставить решения для производств по автоматизации бизнес-процессов, ведущей к оптимизации функционирования изделий и сокращению эксплуатационных расходов.

Совместная работа над PLM-системами по этим направлениям с учетом особенностей каждой отрасли позволит производству достичь намеченных целей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Левин, Д. В. Энциклопедия PLM / Д. В. Левин, В. Н. Малюх, Д. Н. Ушаков. – М.: Азия, 2008. – 448 с.

2 Saaksvuori, A. Product lifecycle management / Antti Saaksvuori, Anselmi Immonen. – New York : McGraw-Hill, 2009. – 334 p.

3 Судов, Е. В. О концепции управления жизненным циклом изделий / Е. В. Судов, С. С. Кондрашина // Технологии PLM и ИЛП. – 2012. – № 6. – С. 1-8.

УДК 532.5: 519.6: 629.5.015

Привезенцев Михаил Игоревич, студент; Privezencev Mikhail Igorevich
Чижиумов Сергей Демидович, кандидат технических наук, доцент;
Chizhumov Sergey Demidovich
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

АНАЛИЗ УДАРА О ВОДУ

ANALYSIS OF WATER IMPACT

Аннотация. Рассматривается анализ гидродинамических нагрузок при слеминге высокоскоростных судов. Применяются численные методики анализа динамического погружения с применением методов конечных объёмов и граничных элементов. На основе численных экспериментов по проникании в воду плоскокилеватого днища катеров, получены аппроксимирующая формула для наибольших гидродинамических давлений в зависимости от начальной скорости входа, угла килеватости и положения по ширине днища.

Abstract. The hydrodynamic loads analysis at slamming of high-speed vessels is considered. Numerical methods of dynamic immersion analysis are applied using

the methods of finite volumes and boundary elements. On the base of numerical experiments on the hard chine bottom penetration into water, an approximating formula is obtained for the maximum hydrodynamic pressures depending on the initial inlet speed, wedge angle and position along the bottom width.
Ключевые слова: удар о воду, килеватое днище; динамическое давление; метод граничных элементов, метод конечных объёмов.
Keywords: water impact, hard chine bottom, dynamic pressure, boundary element method, finite volume method.

Основным критерием проектирования корпуса мореходных высокоскоростных судов (ВСС) является мореходность на волнении, обеспечивающая прочность, а также допустимые перегрузки для пассажиров и экипажа при ударах о воду (рисунок 1). Анализ правил классификации и постройки высокоскоростных судов показал, что их структура у российского морского регистра судоходства и у зарубежных классификационных обществ значительно отличаются. Но даже при единообразии подходов в определении расчётных ударных ускорений и давлений в большинстве зарубежных правил имеются значительные отличия результатов (рисунок 2). Таким образом, методики определения ударных нагрузок следует совершенствовать.

В работе выполнен анализ параметров ударов о воду плоскокилеватого днища в двумерной постановке на основе численного моделирования методами конечных объёмов (МКО) и граничных элементов (МГЭ) [1, 3]. Сопоставление результатов расчётов по МКО в трёхмерной постановке для судна длиной 23 м показало, что при хорошем согласовании давлений и ударной силы применение двумерной постановки и МГЭ позволяет на 2-3 порядка снизить вычислительные затраты [1].

На рисунках 3, 4 приведены примеры расчётов в двумерной постановке (пренебрегая изменением параметров удара по длине судна). Высокая вычислительная эффективность методики на основе МГЭ обеспечила проведение большой серии расчётов удара о воду малых судов с плоскокилеватым днищем.

В расчётах варьировались: угол килеватости в, погонная масса судна m и начальная скорость удара о воду V. Анализ результатов расчётов показал, что изменение погонной массы в практически реальных случаях для малых судов имеет относительно малое влияние на наибольшие давления.

Рисунок 1 – Характерный процесс удара о воду

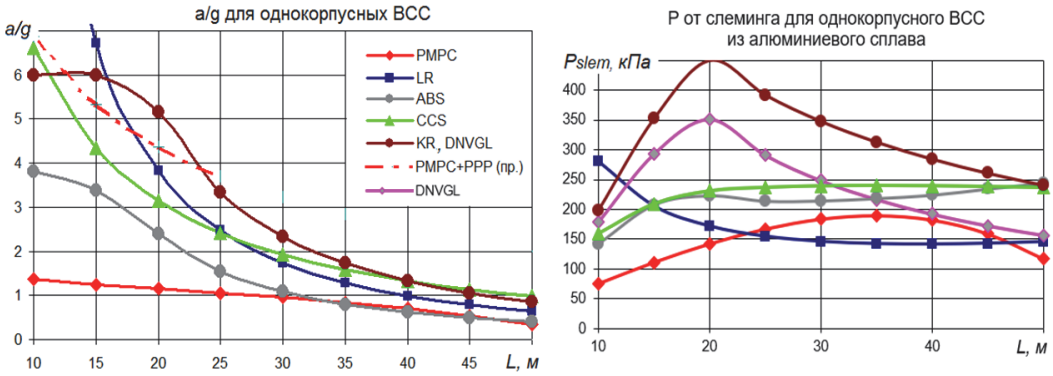


Рисунок 2 – Вертикальные ускорения (слева) и давления от слеминга (справа) по правилам классификационных обществ в зависимости от длины судна ($H_{1/3} = 4$ м, $V = 30$ уз, $\beta = 20°$)

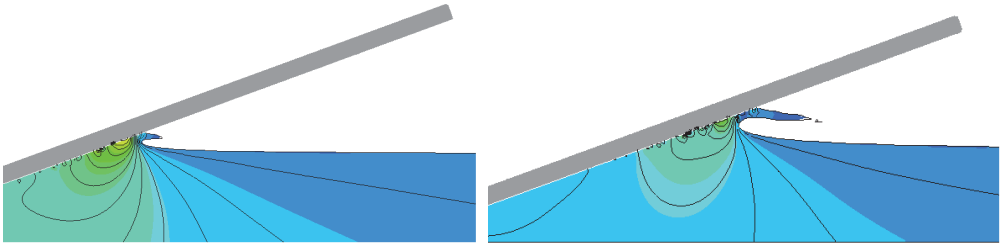


Рисунок 3 – Поле давлений при ударном погружении в воду

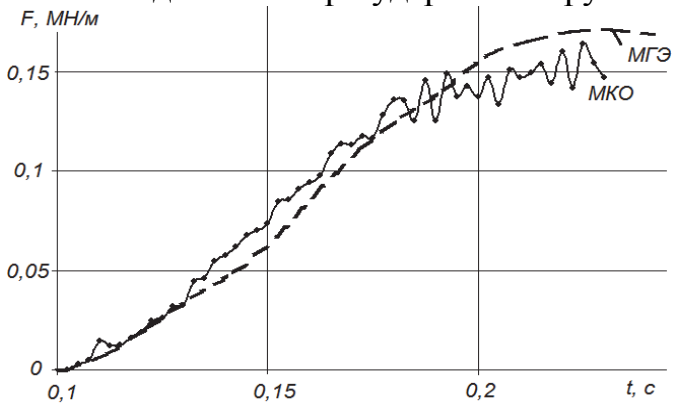


Рисунок 4 – Изменение ударной силы, полученное для плоской задачи по МКО (200 тыс. ячеек сетки) и по МГЭ (20+25 элементов)

При этом наибольшие давления существенно изменяются по ширине днища $0 < y < B/2$, что, однако, не учитывается в правилах классификационных обществ. Результаты численных экспериментов обобщены в виде аналитических зависимостей. В частности, получена аппроксимирующая формула для определения наибольших давлений:

$$p_{max} = a - \frac{200}{\beta^{1.7}} \cdot V \cdot y + \frac{b}{y};$$

где $a = a_0 + a_1 \cdot V + a_2 \cdot V^2;$ $b = b_0 + b_1 \cdot V + b_2 \cdot V^2;$

$a_0 = 214 - 20.4 \cdot \beta + 0.445 \cdot \beta^2;$ $b_0 = -10.387 + 1.042 \cdot \beta - 0.0231 \cdot \beta^2;$

$a_1 = -64.2 + 6.49 \cdot \beta - 0.145 \cdot \beta^2;$ $b_1 = 0.709 \cdot cos(0.193 \cdot \beta - 1.14);$

$a_2 = 11.8 - 1.055 \cdot \beta + 0.0225 \cdot \beta^2;$ $b_2 = -0.196 + 13.79/\beta.$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Тарануха, Н.А. Численные исследования ударного погружения в воду / Н.А. Тарануха, С.Д. Чижиумов, Го Цзюнь // Морские интеллектуальные технологии. – 2016. – Т. 2, № 3(33). – С. 81-87.

2 Чижиумов, С.Д. Проблемы гидродинамики корабля (численное моделирование): учеб. пособие / С. Д. Чижиумов, И.В. Каменских, А.Д. Бурменский.– Комсомольск-на-Амуре : ФБГОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 120 с.

3 Чижиумов, С.Д. Гидродинамика удара о воду высокоскоростного судна/ С.Д. Чижиумов, М.И. Привезенцев // Рождественские встречи: современные проблемы гидродинамики: всероссийская конф., СПбГМТУ, Санкт-Петербург, 24 декабря 2019 г. (в печати).

УДК 629.123

Роменкова Варвара Александровна, магистрант;
Romenkova Varvara Alexandrovna
Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук;
Burmenskiy Andrey Dmitrievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СОВРЕМЕННЫЕ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ ТИПЫ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ

MODERN ARCHITECTURAL-CONSTRUCTIVE TYPES OF VESSELS FOR TRANSPORTATION OF LARGE AND HEAVY CARGO

Аннотация. Данная работа посвящена вопросам анализа современных архитектурно-конструктивных типов судов, предназначенных для транспортировки крупногабаритных и тяжеловесных грузов. Приведена классификация судов в зависимости от способов грузообработки. Рассмотрены конструктивные особенности многоцелевых судов для транспортировки КТГ.
Abstract. This work is devoted to the analysis of modern architectural and struc-tural types of ships intended for the transportation of bulky and heavy cargo. The classification of ships depending on the methods of cargo handling. The de-sign features of multi-purpose vessels for transporting bulky and heavy cargo are considered.
Ключевые слова: многоцелевые сухогрузные суда, способ грузообработки, архитектурно-конструктисный тип, конструктивные особенности.
Keywords: project heavy-lift ship, methods of cargo handling, architectural and structural types, design features.

Изменения в подходах строительства крупных предприятий тяжелого машиностроения, нефтехимических комплексов, масштабное освоение морских шельфов, создания энергетических технологий, требующих монтажа все более крупного моноблочного оборудования, определило развитие морских перевозок крупногабаритных тяжеловесных грузов (далее –

КТГ) и тем самым строительство специализированных судов различных типов. Доставка КТГ повышенной степени заводской готовности к строящимся промышленным и энергетическим объектам значительно повышало экономический эффект, за счет доставки КТГ, с завода-изготовителя (он же грузоотправитель) до строительной площадки в собранном виде и существенного снижения затрат на монтаже крупных строительных блоков, по сравнению с детальной сборкой.

К КТГ относят грузы единичный массы от 1,5 тонн, к крупногабаритным – длиной от 3 м, высотой более 2,1 м, шириной свыше 2,6 м. Перечень КТГ многогранен. Отдельные наименование груза можно рассматривать для конкретных производств, например: для энергетики – гидрогенераторы, парогенераторы, трансформаторы, котлы, лопасти ветряных турбин, оборудование для атомных и геотермальных электростанций; для нефтяной и газовой промышленности – реакторы, конверторы, отстойники, нефтяные платформы и многое другое.

Транспортировку КТГ могли осуществлять только специализированные суда, архитектурно-конструктивный тип которых определяют способы грузообработки перевозимых грузов (рисунок 1).

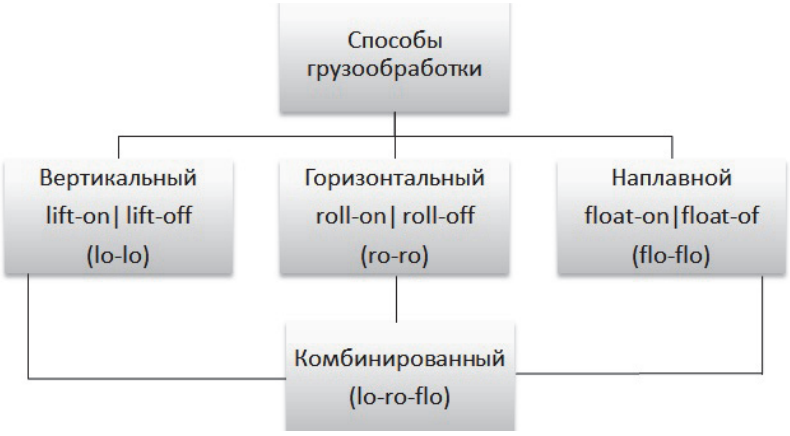


Рисунок 1 – Способы грузообработки

По сути можно выделить три архитектурных типа судов для КТГ.

К первому типу относятся полу-погружные суда. Данная группа судов малочисленна и предназначена в первую очередь к транспортировке грузов, которые не могут быть загружены на судно ни какими грузовыми устройствами из-за своих огромных габаритов (которые могут выступать за пределы грузовой палубы) или массы. К таким грузам относятся плавучие буровые платформы, средне-тоннажные суда и поврежденные корабли, контейнерные перегружатели и т.п. Данные грузы загружаются на палубу либо наплавным способом, либо накатным.

Ко второй группе относятся многоцелевые полу-погружные транспортные суда докового типа – суда типа Lo-Ro (рисунок 2).

Они отличаются от классических лихтеровозов тем, что не осуществляют наплавную грузообработку, хотя и конструктивно напоминают последние.

Эти суда имеют один большой открытый трюм на всю длину грузовой части судна. В корме трюм имеет водонепроницаемое закрытие, которое в открытом положении образует рампу – аппарель. Загрузка тяжеловесного груза производится накатным способом, но в отличии от ролкеров, распределение груза по грузовым уровням производится не за счет наличия на судне наклонных пандусов и лифтов, а за счет подтопления судна до совмещения «погрузочной палубы» с уровнем причала.

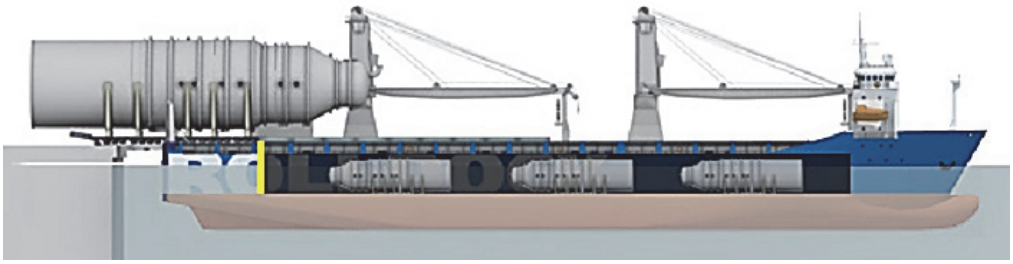


Рисунок 2 – Процесс грузообработки на судне для КТГ докового типа

Также этот тип судов оборудован собственными кранами большой грузоподъемности для ведения вертикальной грузообработки.

Третью группу судов для перевозки КТГ составляют так называемые «проектные» суда («Project ship»). Это непогружные многоцелевые сухогрузные суда типа Lo-Lo (рисунок 3). Эти корабли образуют самый крупный подтип тяжеловесных судов.

Рисунок 3 – Универсальное судно для транспортировки КТГ

Проектные суда универсальны и могут перевозить самые разнообразные грузы, в том числе и контейнеры. Типичные грузы для проектного судна – это локомотивные части, портовое оборудование и небольшие суда. Груз может быть погружен с помощью собственного оборудования судна.

Универсальные судна для КТГ имеют один большой и несколько мелких грузовых отсеков коробчатого типа, которые могут быть разделены на более мелкие трюмы за счет применения «промежуточных палуб», формируемых из люковых крышек понтонного типа. Понтоны грузовых люков могут быть сделаны плавающими и временно храниться в воде во время грузовых операций. Этот тип судов имеет большое разнообразие компоновок, но общими атрибутами являются: большая открытая палуба, краны большой грузоподъемностью смещенные к борту.

Поскольку этот тип может быть использован для перевозки контейнеров, его грузовые трюмы, спроектированные для стандартных размеров

УДК 621.43
Сандалов Илья Владимирович, студент; Sandalov Ilya Vladimirovich
Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Smirnov Aleksey Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СПИРТ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

ALCOHOL AS AN ALTERNATIVE FUEL FOR AUTOMOTIVE ENGINES

Аннотация. В работе рассматриваются особенности применения спирта в качестве топлива для автомобильных двигателей. Показаны достоинства и недостатки спирта как топлива. Приведены опыт Бразилии и пример испытаний в нашей стране.
Abstract. The paper considers the features of using alcohol as a fuel for automotive engines. The advantages and disadvantages of alcohol as a fuel are shown. The experience of Brazil and an example of testing in our country are given.
Ключевые слова: автомобильный двигатель, топливо, спирт, достоинства и недостатки, опыт применения.
Keywords: automotive engine, fuel, alcohol, advantages and disadvantages, application experience.

Сегодня, в эпоху растущих цен на традиционное топливо, ухудшающейся экологической обстановки, как нельзя актуальным становится поиск и внедрение нетрадиционных топлив для автомобильных двигателей внутреннего сгорания. Одним из таких топлив является спирт. Рассмотрим характеристики топлива на основе спирта и особенности его использования.

Наиболее известными видами спиртов, применяемых в качестве топлива являются метиловый и этиловый спирты – метанол и этанол соответственно. Метанол бесцветен, с характерным запахом, ядовит даже в небольших дозах и отрицательно влияет на зрение. Этанол – это сырье, из которого изготавливают спиртные напитки. Он является бесцветным одноатомным спиртом, производится из растительного сырья, а его структура позволяет смешиваться с рядом жидкостей: глицерином, бензином, спиртом, водой, эфирами и т.д.

Спирты нашли применение в качестве топлива, благодаря следующим преимуществам [1]: невысокая цена (по сравнению с нефтяным аналогом на 5-15 % ниже); меньшее загрязнение окружающей среды (по сравнению с бензином); возможность работы при достаточно низких температурах; меньшие риски воспламенения при аварии; возможность поддерживать приемлемую температуру двигателя в жаркую погоду; увеличение ресурса использования моторного масла; меньшие шумовые характеристики.

Но необходимо учитывать и недостатки [1]: увеличение расхода топлива; необходимость обеспечения специальных условий для перевозки и хранения топлива; невозможность использования топлива в карбюраторных двигателях (хотя по другим источникам этого нет); малая сеть заправочных станций; худшие пусковые качества двигателя в зимнее время года; увеличение времени прогрева при отрицательных температурах; большая стоимость автомобилей на спиртовом топливе; ухудшение эксплуатационных характеристик двигателя при увеличении доли спирта в топливе.

Но, несмотря даже на отрицательные качества спирта как топлива, сегодня не только рассматривают возможности его применения, но и демонстрируют опыт его применения. Так, по данным источника [2], в Бразилии почти 50% внутреннего спроса на топливо удовлетворяется за счет этанола. Две трети автотранспорта страны способно ездить на спирту. Конечно, путь этот был не быстрый. Начало было положено в 1970-е годы, когда глава государства Эрнесто Гизель принял решение о старте государственного проекта по переводу автомобилей на спирт. Это было связано с двумя проблемами: трехкратным ростом цен на нефть и значительным падением спроса на предмет экспорта №1 – сахар. К началу 1980-х годов все крупнейшие автоконцерны, производящие и экспортирующие машины в Бразилию, обязаны были выпускать автомобили, способные ездить на чистом спирту [2]. Были, конечно, и критические моменты в данном проекте, но в целом результаты национального проекта Бразилии можно признать положительными. Ведь ей удалось создать огромный рынок рабочих мест, избавиться от нефтяной «зависимости», снизить нагрузку на окружающую среду, и самое главное – на практике доказать реальность перехода на возобновляемый вид топлива в рамках целого государства [2].

В нашей стране также проводятся исследования возможностей использования спирта в качестве топлива. Примером служат испытания, проводимые на АО «Автоваз», где в качестве топлива применяли бензин с 5- и 10-процентным содержанием спирта [3]. При этом оценивались эксплуатационные характеристики автомобиля.

Остается еще много вопросов, связанных с составом топлива, режимами работы, условиями эксплуатации, регулировкой двигателя и пр. Поэтому исследования в указанной области необходимо продолжать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Сайт «fb.ru»/ Двигатель на спирту: описание, устройство, принцип работы, плюсы и минусы, фото // https://fb.ru/article/413066/dvigatel-na-spirtu-opisanie-ustroystvo-printsip-rabotyi-plyusyi-i-minusyi-foto (Дата обращения: 24.04.2020).

2 Сайт «a-forester.livejournal.com»/ Этанол – топливо для автомобилей по-бразильски. История успеха // https://a-forester.livejournal.com/100723.html (Дата обращения: 24.04.2020).

3 Сайт «www.autocentre.ua»/ Спирт в качестве топлива: Автомобили-алкоголики // https://www.autocentre.ua/opyt/tehnologii/spirt-v-kachestve-topliva-avtomobilialkogoliki-289906.html (Дата обращения: 24.04.2020).

УДК 661.935
Удовиченко Константин Сергеевич, студент;
Udovichenko Konstantin Sergeyevich
Попов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент;
Popov Alexey Yurievich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ОБЗОР РЫНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КИСЛОРОДНЫХ УСТАНОВОК

OXYGEN PRODUCERS MARKET OVERVIEW

Аннотация. Рассматриваются кислородные установки различных производителей с целью применения для производства кислорода на ТЭЦ с последующим сжиганием его в энергетических котлах.
Abstract. Oxygen plants of various manufacturers are considered for the purpose of using oxygen for the production of heat and power plants with subsequent combustion in energy boilers.
Ключевые слова: кислородная станция, оксиды азота, паровой котёл, абсорбционные установки, криогенные установки.
Keywords: oxygen station, nitrogen oxides, power boiler, absorption plants, cryogenic plants.

На современных ТЭС процессы сжигания топлива сопровождаются выбросами различных газов, в том числе вредных. Наиболее токсичными из них являются оксиды азота (NO_X), которые в атмосфере, взаимодействуя с воздушной влагой, образуют сильные кислоты, а также считаются одной из основных причин образования фотохимического смога.

Главной причиной образования NO_X является наличие азота в воздухе, который используется при сжигании топлива. Такие оксиды возникают в ходе реакции окисления при горении. Большая часть оксидов азота образуется по высокотемпературному механизму Зельдовича.

Поскольку воздух является источником азота, то целесообразно удалять азот из воздуха, а оставшуюся часть газов подавать в топочную камеру котла. На данный момент уже предложены способы использования кислородного сжигания топлива в паровых котлах [1, 2].

На сегодняшний день существует несколько способов получения кислорода: химический (в лабораториях); электролитической диссоциацией воды; газоразделительный. В статье будем рассматривать кислородные установки, основанные на разделении воздуха, поскольку они обладают наибольшей производительностью по сравнению с первыми двумя. В свою очередь, мембранные газоразделительные установки обладают малой производительности. Поэтому не будем рассматривать данный тип установок.

На рисунке 1 представлена схема газоразделительной установки, работающий по принципу короткоцикловой безнагревной адсорбции (КБА).

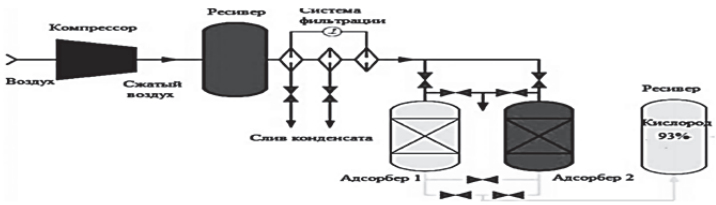
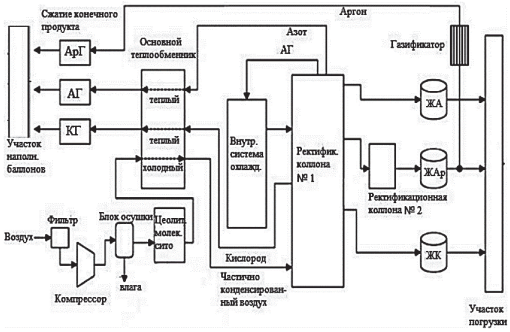


Рисунок 1 – Схема аппаратурного оформления установки получения кислорода способом КБА

На рисунке 2 представлена схема получения кислорода способом низкотемпературной ректификации на криогенной установке.



АрГ – аргон газообразный; АГ – азот газообразный; КГ – кислород газообразный; ЖА – жидкий азот; ЖАр – жидкой аргон; ЖК – жидкий кислород

Рисунок 2 – Схема аппаратурного оформления установки получения кислорода способом низкотемпературной ректификации

Фирма «Грасис» предлагает мембранные и адсорбционные установки для производства кислорода. Адсорбционные установки могут обеспечить производительность до 6000 м^3/ч с чистотой кислорода, равной 95 %. Для котлов электростанций средней и большой мощности данной производительности адсорбционной установки недостаточно. В свою очередь, мембранные установки обладают меньшей производительность (до 250 м^3/ч), а также меньшей чистотой кислорода на выходе (производительность применена к нормальным условиям: $t = 20$ ℃ и $P = 1$ атм).

Компания «Цеприкон» предлагает на рынке кислородные станции, работающие по методу короткоцикловой адсорбции, позволяющему получить кислород чистотой 95 %. Производительность таких станций не превышает 6000 м^3/ч. Стоимость таких установок начинается от 1,5 млн рублей.

Компания «Азотная станция» производит кислородные станции, работающие по принципу короткоцикловой адсорбции с производительностью до 7000 м^3/ч. Установки позволяют получать кислород с чистотой до 95 %.

Компания «Air Products» специализируется на строительстве крупных криогенных станций. Эта компания поставляет криогенные установки производительностью до 10000 м^3/ч с чистотой кислорода до 99,9 %.

Компания «КриоСпецЦентр» предлагает на рынке установки разделения воздуха Cryotec. Кислород, а также другие газы (аргон и азот) получаются на этой установке методом низкотемпературной ректификации (криогенный метод). Установки моделей ONG 5000 и OANG 5000 позволяют производить 5000 м^3/ч газообразного кислорода с чистотой до 99,5 %.

Преимущества криогенных кислородных установок перед установками, работающими по принципу короткоцикловой абсорбции, следующие: более высокая производительность, а также большая чистота получаемого кислорода. В то же время, производство кислорода на абсорбционных кислородных станциях является менее энергозатратным.

Для работы парового котла на сахалинском газе с паропроизводительностью 210 т/ч требуется подавать 17012,26 $м^3$/ч топлива. Для его сжигания необходимо подавать 34521,1 $м^3$/ч кислорода. Из установок, рассмотренных в статье, не было выявлено установок такой производительности. Для производства такого количества кислорода необходимо снабжать кислородную станцию несколькими установками.

Также возможна работа котла на обогащённым кислородом воздухе. В таком случае уже требуется меньшая производительность кислородной станции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пат. 1959193 Япония, МПК^7 F 22 B 35/00, F 23 N 5/00, F 23 C 99/00. Способ и устройство для управления горением в кислородном котле / Ямада Т., Фухимори Т., Такано Ш. (Япония) ; заявитель Electric Power Development Co, LTD. – №06833456.4 ; заявл. 28.11.05 ; опубл. 20.08.08, Бюл. № 2008/34 ; приоритет 28.11.05, № 2005342356 (Япония). – 12 с.

2 Пат. 2101604 США, МПК^7 F 23 L 7/00, F 23 C 9/00. Кислородный угольный котёл и способ перехода между сжиганием воздуха и кислорода / Задирака А. Д., МакДональд, Д. К., Стоун, Б. Б. (США) : заявитель Бабкок и Вилькокс Компани. – № 09157876.5 ; заявл. 13.04.09 ; опубл. 21.10.09, Бюл. № 2009/43 : приоритет 13.04.09, № 44528 (США). – 5 с.

УДК: 621.43.052

Уманцев Данил Павлович, студент; Umantsev Danil Pavlovich
Шаломов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, доцент;
Shalomov Vyacheslav Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ВЫБОР ТИПА И КОМПОНОВКИ ОПОР РОТОРА АВТОМОБИЛЬНОГО ТУРБОКОМПРЕССОРА

CHOOSING THE TYPE AND CONFIGURATION OF THE ROTOR BEARINGS OF AN AUTOMOBILE TURBOCHARGER

Аннотация. В работе приведены разные типы опор ротора автомобильного турбокомпрессора. Рассмотрены схемы и приведено сравнение этих типов опор. Выявлены их недостатки и преимущества.

Abstract. The work presents different types of the rotor bearings for an automobile turbocharger. Schemes are considered and a comparison of these types of bearings is given. Their disadvantages and advantages are revealed.

Ключевые слова: турбокомпрессор, опоры, типы и компоновка, сравнение.
Keywords: turbocharger, bearings, types and configuration, comparison.

В настоящее время специалистами в области автомобилестроения разрабатываются проекты по модернизации и увеличении эффективности эксплуатации автомобильного транспорта – это увеличение мощности двигателя при меньшем потреблении топлива. Самым полезным, а главное эффективным способом для этого, является применение турбокомпрессора (ТК) [1]. Надежность работы турбокомпрессора зависит, в том числе, от его внутренних элементов, в частности, опор. Для повышения надежности работы ТК необходимо совершенствовать его конструкцию и условия эксплуатации. Одним из таких путей является совершенствование подшипникового узла. Подшипниковый узел – это главная составляющая турбокомпрессора и важнейшая его часть. Именно от его технического состояния зависит работоспособность ТК.

В целом, из большого количества конструкций подшипников выделяют следующие основные типы: подшипники качения, подшипники скольжения (гидростатические подшипники, гидродинамические подшипники, газостатические подшипники, газодинамические подшипники), магнитные подшипники.

Рассмотрим основные схемы ротора турбокомпрессора. Их отличие состоит в расположении колеса турбины и компрессора относительно друг друга, а также, расположения корпуса подшипников. Ниже приведены пять схем (рисунок 1) [2].

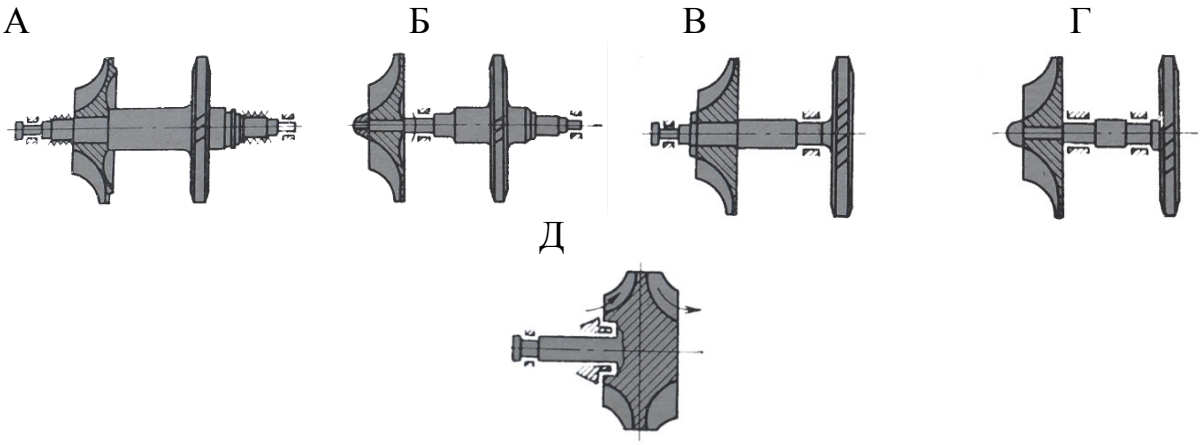


Рисунок 1 – Схемы турбокомпрессоров

Турбокомпрессоры по схеме А очень тяжелые и габаритные в отличие от других, но они в своей конструкции имеют подшипники малого диаметра, которые находятся удаленно от турбины. Благодаря этому достоинству, такая схема турбокомпрессора наиболее надежна и проста, и используется по сей день. По схемам Б и В выполняют, как правило, ТК, встроенные в многоцилиндровые двигатели. Их вес и габаритные размеры почти одинаковы со схемой А, но они более сложны в конструкции из-за подшипников с большим диаметром, а также большого количества уплотнений. Схема Г имеет простейшую конструкторскую основу, тем самым позволяя обеспечивать малую массу и размеры. В настоящее время такие ТК получают все большее распространение. Такая схема господствует у

ТК автотракторных двигателей и начинает получать распространение в двигателях самых больших мощностей. Вновь разрабатываемые ТК, как правило, также выполняются по этой схеме. Она предъявляет большие требования к конструкции, качеству производства подшипников, а также балансировке ротора [2].

ТК, представленный на схеме Д, имеет наименьшие габаритные массу и размеры и очень прост в конструкции. Однако, такие ТК не получили распространение в связи с трудностями получения надежной теплоизоляции в компрессоре.

Очень много недостатков имеют турбокомпрессоры, подшипники которых работают с рабочей средой в виде масла. К ним относятся: дороговизна, меньшая долговечность, огромное потребление масла, сложность конструкции, потребность в индивидуальной системе смазки, потребность предварительной смазки после простоя. Такая система смазки применяется и в подшипниках качения и в подшипниках скольжения. Однако, такие подшипники имеют и достоинства. Например, подшипники качения имеют наименьшие механические потери, а подшипники скольжения очень просты в конструкции и обладают большей долговечностью, а также экономичнее за счет того, что могут работать на масле, циркулирующем в системе смазки двигателя.

Для того, чтобы избавиться от перечисленных выше недостатков, но при этом, не усложняя конструкцию, увеличить эффективность работы турбокомпрессора, применяют турбокомпрессор, работающий на газостатических опорах. В его конструкции полностью отсутствует масляная система смазки, что делает его проще и дешевле, как в изготовлении, так и в использовании. В таком типе опор практически отсутствуют потери на трение, что увеличивает мощность ТК. Такие подшипники могут функционировать при высоких температурах. Ниже приведены две схемы газостатических подшипников. (рисунок 2) [3].

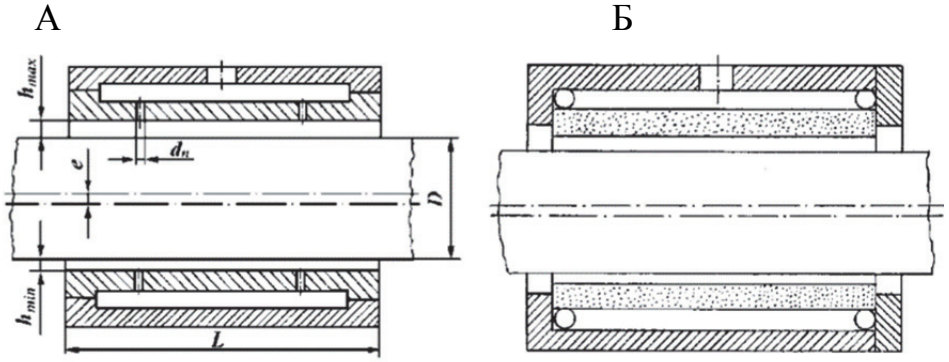


Рисунок 2 – Схемы газостатических подшипников

На схеме А представлен газостатический подшипник с питающими отверстиями.

На схеме Б представлен пористый газостатический подшипник.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Николаев, Н.И. Повышение эффективности и надежности турбокомпрессоров судовых двигателей в эксплуатации: монография / Н.И. Николаев Н.И. СПб.: Судостроение, 2009. – 230 с.

2 Турбокомпрессоры для наддува дизелей. Справочное пособие /Б.П. Байков, В.Г. Бордуков, П.В. Иванов, Р.С. Дейч. – Л.: «Машиностроение» (Ленингр. отделение), 1975. 200 с.

3 Бесчастных, В.Н. Газовые подшипники для турбогенераторов. Перспективы внедрения / В.Н. Бесчастных // Газотурбинные технологии. – 2010. – № 9. – С. 10-14.

УДК 621.311

Хокимов Абубакр Амирбекович, студент; Khokimov Abubakr Amirbekovich
Шаломов Вячеслав Иванович, кандидат технических наук, доцент;
Shalomov Vyacheslav Ivanovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕЩЕНИЯ ТУРБОУСТАНОВКИ Т-55-130 КОМСОМОЛЬСКОЙ ТЭЦ-2

THE RESULTS OF THE PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE REPLACEMENT TURBINE PLANT T-55-130 KOMSOMOLSKAYA PP-2

Аннотация. Исследована турбоустановка Т-55-130 и способы предварительной оценки эффективности ее замещения; проведен расчет тепловых схем; наиболее важный результат выполнения выпускной квалификационной работы. Для численной оценки энергетических показателей сопоставляемых турбоустановок Т-55-130 и Т-60/65-130 выполнены расчёты их тепловых схем. В качестве исходных данных взяты номинальные параметры турбин при работе по тепловому графику в зимний период. Расчёт тепловой схемы выполнен методом тепловых и материальных балансов на базе сопряжённых компьютерных программ Mathcad и XSteam. Как показывают результаты расчёта тепловых схем турбоустановок, замещающая турбина Т-60/65-130 по своим технико-экономическим показателям превосходит действующую станционную турбину Т-55-130. В частности, КПД турбоустановки по выработке электроэнергии повышается на 2 % при соответствующем снижении удельного расхода условного топлива на 3,4 г/(кВт·ч) в абсолютном и 2 % в относительном выражении.

Abstract. The investigated turbine T-55-130 and means of its preliminary assessment of the effectiveness of the substitution; the calculation of thermal schemes; the most important result of the execution of the final qualifying work.

To evaluate the energy performance of a mapped turbine T-55-130 and T-60/65-130 made a calculation of their thermal circuits. The initial data taken nominal parameters of the turbines when working at the heat schedule in the winter. The calculation of the thermal scheme is made by heat and material balances on the basis of the paired computer programs Mathcad and XSteam. As the results of calculation of thermal schemes the replacement turbine T-60/65-130 on its technical and economic indicators is superior to the existing station turbine T-55-130. In particular, the efficiency of that power generation increased by 2 % with a corresponding decrease in specific consumption of standard fuel at 3.4 g/(kW·h) absolute and 2% in relative terms.
Ключевые слова: турбоустановка, замещение, расчет тепловой схемы, технико-экономические показатели.
Keywords: turbine plant, replacement, calculation of the thermal circuit, technical and economics indicators.

Созданное по проектам 50-х и 60-х годов паротурбинное оборудование к настоящему времени состарилось не только физически, но и морально. Уменьшается установленная мощность электростанций, снижается надёжность и тепловая экономичность турбин. Увеличиваются выбросы вредных веществ в окружающую среду.

Сложившиеся тенденции выдвигают задачи по техническому перевооружению, модернизации или замещению устаревшего основного и вспомогательного оборудования турбоустановок (ТУ), восстановлению и совершенствованию их тепловых схем с целью повышения энергетической эффективности паротурбинных установок (ПТУ) электрических станций.

Комсомольская ТЭЦ-2 филиала «Хабаровская генерация» АО «ДГК» – электрическая станция с поперечными связями. В составе 4 очереди станции в эксплуатации находятся две теплофикационные турбины Т-55-130 ст. № 7 и 8. Одновальная двухкорпусная паровая турбина типа Т-55-130 номинальной мощностью 55 МВт с регенеративными отборами, конденсацией и двумя отопительными отборами [1]. Параметры свежего пара: давление 12,75 МПа, температура 555 ^{0}С. Номинальный расход пара 265 т/ч. Схема регенерации: 3 подогревателя высокого давления (ПВД) + деаэратор (Д) + 4 подогревателя низкого давления (ПНД). Давление в деаэраторе 0,59 МПа. Температура охлаждающей воды 20 ^{0}С. Для охлаждения конденсатора турбоустановки (ТУ) используется прямоточная система технического водоснабжения с водозабором в реке Амур. Обе турбины выработали свой парковый ресурс.

ЗАО «Уральский турбинный завод» для замены устаревших турбин Т-55-130 предлагает современную теплофикационную турбину Т-60/65-130-2М с повышенной электрической мощностью и отопительной нагрузкой. Сравнительные технические характеристики турбин представлены в таблице 1.

Как видим, максимальная теплофикационная мощность новой турбины превосходит на 10 МВт мощность Т-55-130, конденсационная мощ-

ность на 15 МВт. Номинальная отопительная нагрузка повышается на 13 МВт. При одинаковых начальных параметрах номинальный расход пара увеличен на 17 т/ч.

Таблица 1 - Технические характеристики турбоустановок

Технический показатель	Т-55-130	Т-60/65-130-2М
Номинальная мощность турбины, МВт	55	60
Максимальная мощность, МВт	55	65
Конденсационная мощность, МВт	50	65
Начальное давление пара, МПа	12,8	12,8
Начальная температура пара, ^{0}С	555	555
Номинальный расход пара, т/ч	265	282
Максимальный расход пара, т/ч	282	300
Номинальная тепловая нагрузка, МВт	87	100
Максимальная тепловая нагрузка, МВт	100	107
Температура охлаждающей воды, ^{0}С	20	20
Температура питательной воды, ^{0}С	232	232

Тепловая схема турбины Т-60/65-130-2М существенно от действующей турбины не отличается, однако для повышения эффективности системы регенерации и турбины в целом в схеме предусмотрен дренажный насос для перекачивания конденсата греющего пара ПНД-4, ПНД-3 и ПНД-2 в линию основного конденсата за ПНД-2. Принципиальная тепловая схема замещающей турбины показана на рисунке 1.

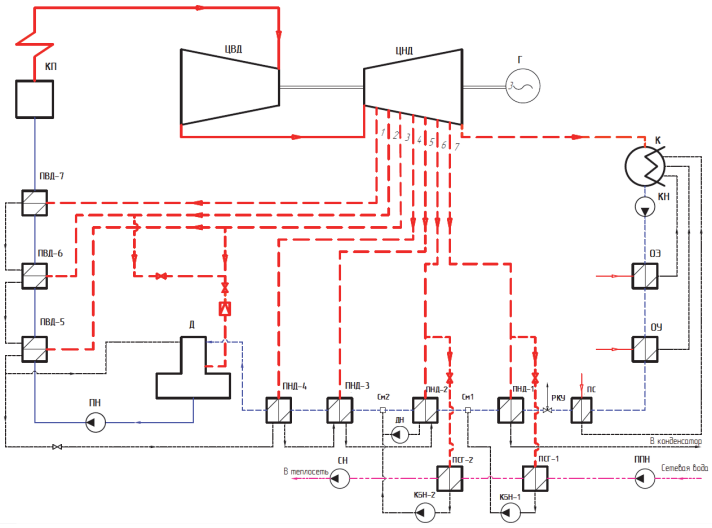


Рисунок 1 – Принципиальная тепловая схема турбины Т-60/65-130

Для численной оценки энергетических показателей сопоставляемых турбоустановок Т-55-130 и Т-60/65-130 выполнены расчёты их тепловых схем. В качестве исходных данных взяты номинальные параметры турбин при работе по тепловому графику в зимний период.

Расчёт тепловой схемы выполнен методом тепловых и материальных балансов на базе сопряжённых компьютерных программ Mathcad и XStiem. Итогом расчёта стали технико-экономические показатели ТУ, показанные в таблице 2.

Таблица 2 - Технико-экономические показатели ТУ

Технико-экономические показатели ТУ	Т-55-130	Т-60/65-130
Номинальная мощность ТУ, МВт	55	60
Тепловая нагрузка турбины Qт, МВт	87	96
Расход пара D_0, т/ч	226	246
КПД ТУ по выработке э/энергии $\eta_{туэ}$	0,814	0,831
Удельный расход теплоты на выработку электроэнергии$q_э$, кДж/(кВт·ч)	4420	4330
Удельный расход топлива на выработку электрической энергии$b_э$, г/(кВт·ч)	167,5	164,1

Как показывают результаты расчёта тепловых схем ТУ, замещающая турбина Т-60/65-130 по своим технико-экономическим показателям превосходит действующую станционную турбину Т-55-130. В частности, КПД ТУ по выработке электроэнергии повышается на 2 % при соответствующем снижении удельного расхода условного топлива на 3,4 г/(кВт·ч) в абсолютном и 2 % в относительном выражении. По нашей оценке в сутки можно будет сэкономить около 5 тонн условного топлива. Возрастает установленная мощность ТЭЦ-2 – при работе всех турбин на номинальных параметрах по температурному графику теплосети в отопительный период она будет составлять 207,5 МВт против 197,5 в настоящее время (с учётом турбин Т-27,5-90 и ПТ-60-90/13). В заключение заметим, что новая турбина имеет модернизированную проточную часть с применением прогрессивных профилей лопаток, более экономичный способ парораспределения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1Трухний, А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки: Учебное пособие для вузов /А.Д. Трухний, Б.В. Ломакин. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 540 с.

УДК 621.4

Чепурнов Павел Александрович, студент; Chepurnov Pavel Aleksandrovich
Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент;
Smirnov Alexey Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет
Komsomolsk-on-Amur State University

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

FEATURES OF OPERATION OF DIESEL ENGINES AT LOW TEMPERATURES

Аннотация. Данная работа посвящена особенностям эксплуатации дизельных двигателей при низких температурах. Рассмотрены различные факторы, способные привести к снижению или прекращению работоспособности двигателя, а также способы их устранения или уменьшения их

влияния. Учет этих факторов позволит продлить ресурс двигателя и улучшить его технико-экономические показатели.

Abstract. This work is devoted to the features of the operation of diesel engines at low temperatures. Various factors that can lead to a decrease or cessation of engine performance, as well as ways to eliminate them or reduce their influence, are considered. Consideration of these factors will extend the life of the engine and improve its technical and economic indicators.

Ключевые слова: дизельные двигатели; низкие температуры, особенности эксплуатации.

Keywords: diesel engines; low temperatures, operation features.

Автотранспортная отрасль занимает важное место в экономике Российской Федерации. За последние 10 лет парк автотранспортных средств РФ увеличился почти на 30%. На 2020 год насчитывается около 59 млн. автомобилей (41 млн. на 2010 год), одна десятая из них оснащены дизельными двигателями [1].

Эксплуатация автотранспорта в нашей стране осуществляется в различных климатических зонах и в разное время года. Интерес представляет эксплуатация автотранспорта с дизельными двигателями в холодное время года, то есть при низких температурах. Например, в нашей стране средняя температура зимой колеблется от +6 до -50 °С. Эксплуатация дизелей в таких условиях имеет ряд особенностей, способных привести к некоторым проблемам. Рассмотрим эти особенности.

Для начала стоит упомянуть о правильном выборе дизельного топлива. В ГОСТ 305 – 2013 подробно описывается, при каких температурных условиях используется та или иная марка дизельного топлива. Различают следующие виды топлива: «летнее», «зимнее» и «арктическое». «Летнее» топливо имеет высокое содержание парафинов и серы своём составе, которые при низких температурах загустевают, что приводит к «забиванию» фильтров ТНВД, поэтому использование их при низких температурах запрещено. При температуре воздуха до -25°С необходимо использовать «зимний» вид топлива. Если же температура ниже, то рекомендуется применять «арктическое» топливо. В нём депрессорных присадок значительно больше. Это позволяет повысить его низкотемпературные характеристики [2]. Присадки (антигели) разрешается использовать только те, которые не наносят вред здоровью человека и окружающей среде. Также топливо не должно содержать металлосодержащие присадки, за исключением антистатических присадок. Но часто в автомобиль заливается некачественное или не подходящее по температурному режиму топливо [5].

Говоря о замерзании топливной системы, необходимо помнить, что самым действенным способом восстановления её работоспособности является размораживание автомобиля или его деталей в тёплом помещении, но не всегда такая возможность есть [3].

Допускается применять тепловые пушки, парогенераторы, которые позволяют быстро отогреть замерзшие узлы автомобиля. Такой способ позволит привести автомобиль в рабочее состояние достаточно быстро. Но

к минусам этого способа можно отнести высокую цену и необходимость заправки или зарядки указанных агрегатов.

Рекомендуется брать с собой запасной топливный фильтр, который можно поменять на замерзший. Часто именно он является причиной отказа системы запуска, так как парафин забивает фильтр и не пропускает топливо к двигателю [6].

Избежать проблем с запуском можно заранее, предприняв меры по установке подогревателей, позволяющих разогревать дизельное топливо. Обычно такое оборудование устанавливают на ключевые элементы топливной системы: насос, фильтры тонкой и грубой очистки, топливный бак, топливопровод. К этим элементам и присоединяется один из трех типов подогревателей: проточный, бандажный или ленточный. К этому можно добавить предпусковой подогреватель, который устанавливается между рубашкой охлаждения ДВС и радиатором печки.

Важную роль в сохранении ресурса двигателя и решении проблемы запуска также играют качественный уход за системами автомобиля. Замену масла в тяжелых климатических условиях рекомендуется проводить в два раза чаще. Не стоит забывать о своевременной прочистке топливной системы в случае необходимости [4].

Одним из параметров, влияющих на запуск дизельных ДВС, является показатель компрессии. Этот физический параметр показывает давление сжатого воздуха в камере сгорания двигателя. Показатель компрессии не должен опускаться ниже двадцати восьми кгс/см^2, в противном случае при минусовой температуре дизельный двигатель не запустится. Чтобы этого не допустить, нужно следить за состоянием (износом) цилиндропоршневой группы, т. к. именно она влияет на показатель компрессии в двигателе [7].

Большое значение при запуске имеют свечи накаливания, которые участвуют в предпусковом разогреве двигателя. Их основная цель: подогрев топлива, впрыскиваемого из форсунки, до температуры его испарения. Перед зимним периодом эксплуатации необходимо проверять их состояние. Это можно сделать с помощью мультиметра, либо аккумулятора [8].

Также нужно следить за работоспособностью аккумуляторной батареи: проверять уровень электролита, состояние клемм. Желательно использовать аккумуляторы с пусковым током не меньше 320 А, потому что пусковые обороты требуют наибольшей мощности [9].

Рассмотренные выше особенности работы дизельных двигателей при низких температурах необходимо учитывать при эксплуатации автотранспорта, что позволит продлить ресурс, повысить надежность двигателя, а также улучшить его технико-экономические показатели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Продажа дизельных двигателей РФ [Электронный ресурс] // krutimotor.ru: информ.-справочный портал М., URL: https://www.autostat.ru/tags/360/ (дата обращения: 14.03.2020).

2 ГОСТ 305-2013. Топливо дизельное. Технические условия (Переиздание). – Введ. 2015-01-01. – М. Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации – 12 с.

3 Охотников Б. Л. Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / Б. Л. Охотников; [науч. ред. Л. В. Плотников]. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 140 с.

4 Эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: учебное пособие / Б. Л. Охотников. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 140 с.

5 Эксплуатация и прогрев дизелей зимой [Электронный ресурс] // URL: https://topdetal.ru/stati/ekspluatatsiya_i_progrev_dizeley_zimoy/ (дата обращения: 15.03.2020).

6 Как правильно эксплуатировать дизельный автомобиль зимой [Электронный ресурс] // URL: https://rg.ru/2018/12/02/kak-pravilno-ekspluatirovat-dizelnyj-avtomobil-zimoj.html (дата обращения: 15.03.2020).

7 Компрессия дизельных двигателей [Электронный ресурс] // URL: http://suvorov-castom.ru/kompressiya-dizelnogo-dvigatelya-vsyo-o-nej/ (дата обращения: 15.03.2020).

8 Свечи зажигания и свечи накаливания [Электронный ресурс] // URL: https://www.championautoparts.ru/news/spark-plugs-glow-plugs.html (дата обращения: 17.03.2020).

9 Дизель зимой, эксплуатация дизеля зимой [Электронный ресурс] // URL: http://www.7samuraev.ru/useful/dizel.php (дата обращения: 17.03.2020).

УДК 622.691.4.052

Черемисов Александр Александрович, студент;
Cheremisov Alexander Aleksandrovich
Ломакина Наталья Сергеевна, доцент; Lomakina Natalya Sergeyevna
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СПОСОБЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОТРЕБИТЕЛЮ

METHODS OF PERFORMING HYDRAULIC CALCULATIONS FOR ORGANIZATION OF UNINTERRUPTED TRANSPORTATION OF NATURAL GAS TO CONSUMER

Аннотация. Данная работа посвящена исследованию методов гидравлических расчетов газопроводов.

Abstract. This work is devoted to the study of methods of hydraulic calculations of gas pipelines.

Ключевые слова: транспорт природного газа, гидравлический расчет, погрешность.

Keywords: natural gas transport, hydraulic calculation, error.

Магистральные газопроводы являются основным техническим средством для транспортировки природного газа из районов добычи к потребителю. Сеть магистральных газопроводов имеет много общего с автомобильной сетью и может быть охарактеризована такими параметрами как пропускная способность, объем трафика, загруженность сети и другими.

Но есть и существенное отличие – в процессе движения природного газа по магистральным газопроводам снижается рабочее давление, которое обусловлено следующими факторами:

- ответвления от основного газопровода к промежуточным потребителям, отбирающие газ из основного потока;
- гидравлические сопротивления, вызванные нелинейной топологией магистрального газопровода (рисунок 1).

Для безопасного и бесперебойного газоснабжения потребителей на всем протяжении магистрального газопровода газотранспортная система должна быть спроектирована и рассчитана таким образом, чтобы диаметр труб и их топология обеспечивали стабильную поставку газа с заданными параметрами к газопотребляющему оборудованию.

На территории РФ методика проведения подобного расчета изложена в государственном нормативном документе СП 42-101–2003 «Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб».

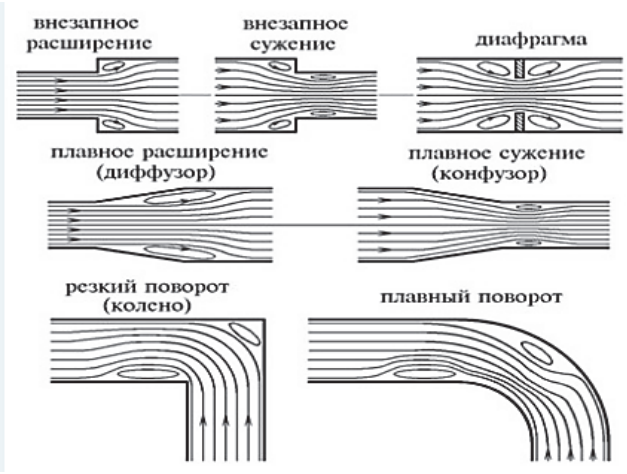


Рисунок 1 – Примеры нелинейной топологии трубопроводных сетей

Государственный стандарт требует, чтобы гидравлические расчеты выполнялись для всех вновь проектируемых газопроводов высокого и среднего давления, а также в случае их реконструкции или подключения к действующей магистрали новых потребителей.

Основная цель проведения гидравлических расчетов – определение допустимых диаметров газопроводов, при которых пропуск необходимых количеств газа при допустимых перепадах давления будет гарантированным. Для этого в часы максимального потребления собирается информация о максимально возможном расходе газа.

Данные расчеты дают организациям, эксплуатирующим сети, информацию о текущем состоянии дел, а также возможность оценить перспективу подключения новых потребителей без ущерба для действующих, и представление о надежности сети при возникновении аварийных ситуаций.

Гидравлические расчеты сети могут быть выполнены следующими способами.

1. С помощью основных формул физики газов. Для участков газопровода с различными значениями давления (высокого, среднего и низкого) применяют соответствующие формулы [1]. Как правило, эти формулы применяются для небольшого участка сети с целью проведения грубой оценки.

2. С помощью таблиц (номограмм). В этих таблицах указывают ряд значений, по которым можно получить нужные показатели, не выполняя вычислений. Для гидравлических расчетов задаются следующие параметры: диаметр трубы и толщина ее стенки (рисунок 2).

ТАБЛИЦА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ГАЗОПРОВОДОВ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ

Плотность газа	ρ=	0,717	кг/куб.м.	Падение давление на клапане термозапорном, Па		10
Коэф. кин. вязкости	ν=	0,0000145	кв.м./с	Падение давление на клапане отсекателе, Па		80
Температура газа	t=	5	С	Падение давление на счетчике, Па		200
Расход на котел		1,72	м3/ч			
Расход на плиту		1,32	м3/ч		Ризб в точке врезке,Па	2200
Кол-во конфорок у плиты (4 или 2)		2	шт		Избыточ. давление	$P_н - P_г$

№ п/п	Участок	Длина L (м)	Расч.дл. Lр (м)	Шерох. n (см)	Расход Q(куб.м/ч)	Коэф. одновременности плит	Коэф. одновременности котлов	Кол-во квартир	Диам.вн Dвн (см).	Нач.дав. Р1 (Па)	Нач.дав. Р2 (Па)	Перепад на участке, Па
1	0-1	10	11	0,01	**15,08**	0,32	0,85	8	5	2200,00	2187,73	12,2669
2	1-2	10	11	0,01	**13,56**	0,36	0,85	7	5	2187,73	2177,54	10,1918
3	2-3	0,8	0,88	0,01	**12,02**	0,41	0,85	6	5	2177,54	2176,88	0,6602
4	3-4	13	14,3	0,01	**10,48**	0,48	0,85	5	5	2176,88	2168,44	8,4374
5	4-5	0,8	0,88	0,01	**8,96**	0,59	0,85	4	5	2168,44	2168,05	0,3951
6	5-6	13	14,3	0,01	**7,28**	0,73	0,85	3	5	2168,05	2163,91	4,1383
7	6-7	0,8	0,88	0,01	**5,14**	0,84	0,85	2	5	2163,91	2163,80	0,1133
8	7-8	27	29,7	0,01	**3,04**	1	1	1	5	2163,80	2162,10	1,7000
9	8-9	2,3	2,53	0,01	**3,04**	1	1	1	2	2162,10	1859,44	12,6607
10	9-10	2,3	2,53	0,01	**1,32**	1	0	1	1,5	1859,44	1851,05	8,3851
11	9-11	2,3	1,72	0,01	**1,72**	0	1	1	1,5	1859,44	1848,87	10,5708

Рисунок 2 – Пример выполнения гидравлического расчета падения давления на нескольких участках газопровода методом номограмм

3. С помощью специализированных компьютерных программ, выполняющих расчет в соответствии с требованиями СП 42-101–2003 на основе введенной топологии сети (рисунок 3).

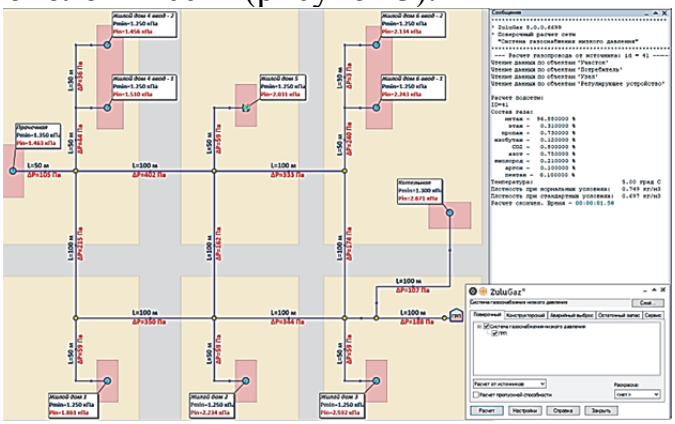


Рисунок 3 – Пример выполнения гидравлического расчета падения давления в распределительном газопроводе

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1Жила В.А., Газоснабжение: учебник для студентов вузов по специальности «Теплогазоснабжение и вентиляция» / Жила В.А. – М. : Издательство АСВ, 2014. – 368 с. – ISBN 978-5-4323-0023-2 – Текст: электронный // ЭБС «Консультант Студента»: [сайт]. – URL : http:// www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300232.html (дата обращения: 17.04.2020).

УДК 621.436

Чесноков Илья Андреевич, студент; Chesnokov Ilya Andreevich
Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент; Smirnov Aleksey Vladimirovich
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

ГАЗОВЫЕ ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

GAS FUEL SYSTEMS FOR AUTOMOBILE INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Аннотация. Одним из способов снижения вредных выбросов автомобильных двигателей является их перевод на работу на газовом топливе. Среди известных поршневых двигателей, работающих на газовом топливе, больший интерес представляют так называемые двухтопливные двигатели – газодизели. Для организации их эффективной работы применяется регулирование топливоподачи.

Abstract. One of the ways to reduce harmful emissions of automobile engines is to switch them to work on gas fuel. Among the well-known piston engines running on gas fuel, the so – called dual-fuel engines-gas diesels are of greater interest. To organize their effective operation, the fuel supply regulation is applied.

Ключевые слова: автотранспорт, экология, газодизель, система топливоподачи, регулирование.

Keywords: automotive transport, ecology, gas diesel, fuel supply system, regulation.

Автомобильный транспорт с тепловыми двигателями сегодня является одним из наибольших загрязнителей окружающей среды и представляет угрозу экологической безопасности. Особенно это касается загрязнения воздуха в больших городах, потому что доля выбросов двигателей автомобильного транспорта относительно всех выбросов вредных веществ в атмосферу – 70-80 % [1].

Одним из методов снижения вредных выбросов является перевод двигателя на работу на газовом топливе. По этой причине, исследование

вопросов, связанных с работой автомобильных двигателей на газовом топливе представляется актуальным.

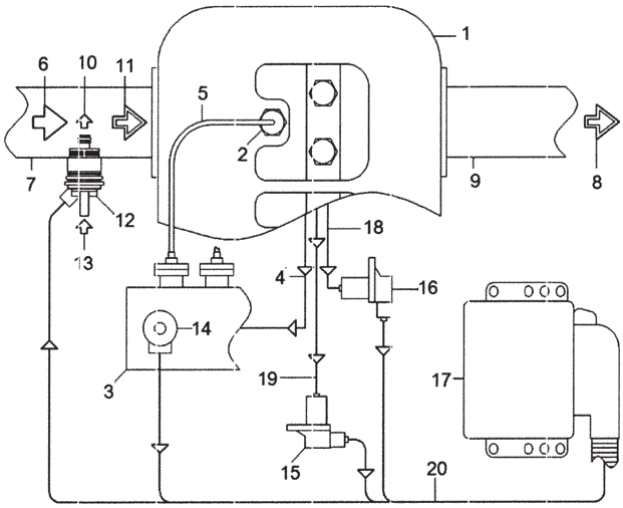
На сегодняшний день можно выделить три большие группы поршневых газовых двигателей:

1) двигатели с искровым воспламенением газовоздушного заряда, а также с подачей в форкамеру со свечой зажигания запального заряда обогащенной смеси;

2) двигатели с самовоспламенением газовоздушного заряда порцией запального газа под давлением, значительно превосходящим давление сжатия в цилиндре;

3) газодизели, с самовоспламенением газовоздушного заряда порцией дизельного топлива. Данные двигатели – двухтопливные и имеют положительные качества дизельного и газового двигателей. Эта группа двигателей – наиболее перспективная для развития и применения [2].

Рассмотрим схему системы топливоподачи газодизельного двигателя (рисунок 1), раскрывающую особенности его работы и регулирования.



1 – двигатель; 2 – форсунка; 3 – устройство формирования цикловой дозы дизельного топлива; 4, 18, 19 – каналы передачи информации; 5 – топливопровод; 6 – потоком воздуха; 7 – впускной трубопровод; 8 – отработавшие газы; 9 – выпускной трубопровод; 10 – порция газового топлива; 11 – смесь воздуха и газового топлива; 12 – электроуправляемый дозатор газового топлива; 13 – газовое топливо; 14 – датчик изменения подачи дизельного топлива; 15, 16 – датчики нагрузки; 17 – микропроцессорный модуль управления; 20 – проводная шина.

Рисунок 1 – Схема системы топливоподачи газодизельного двигателя

Микропроцессорный модуль 17 по проводной шине 20 подаёт управляющие сигналы на электроуправляемый дозатор газового топлива 12. Во впускном трубопроводе 7 поток воздуха 6 смешивается с порцией газового топлива 10, образуя готовую смесь газового топлива и воздуха 11, поступающую в камеру сгорания, в которую, в необходимый момент, подаётся форсункой 2 запальная доза дизельного топлива. От теплоты сжатия

просходит воспламенение и смесь газового топлива, воздуха и дизельного топлива сгорает, тем самым совершая полезную работу. Так как в камеру сгорания вводится дополнительное топливо в газообразном виде вместе с воздухом, в данном цикле увеличивается мощность двигателя, поэтому увеличиваются обороты коленчатого вала. По каналу 4 передаётся информация о частоте вращения коленчатого вала на устройство формирования цикловой дозы 4, фиксирующего увеличение частоты вращения, и, согласно заложенной программе, уменьшает подачу дизельного топлива, что, в свою очередь, фиксирует датчик 14, далее передавая сигнал по проводной шине 20 на модуль управления 17, который, согласно заложенному алгоритму, основываясь также на информации о текущей нагрузке на двигатель, получаемой от датчика 16, регулирует поступающую в газовый дозатор 12 порцию газового топлива, тем самым изменяя формируемую устройством 3 цикловую дозу дизельного топлива [3].

В представленной системе топливоподачи газодизельного двигателя, благодаря установленному на корпусе регулятора датчику перемещения, соединенному с органом управления, а также наличию управляющей электрической цепи, преобразованный сигнал будет воздействовать на электромагнитный датчик и, в зависимости от положения органа управления, и, следовательно, скоростного режима, изменять положение органа дозирования топлива, механически соединенного с сердечником электромагнитного датчика. За счет этого происходит увеличение запальной порции дизельного топлива на малых нагрузках и холостом ходу работы двигателя.

Таким образом, получают возможность осуществлять регулирование газодизеля по всережимной характеристике и на режимах малых нагрузок и холостом ходу двигателя, увеличивать запальную порцию дизельного топлива. Это обеспечивает возможность плавной бездетонационной работы газодизеля на малых нагрузках и холостом ходу двигателя, а также, что важнее, на переходных режимах работы, которые являются наиболее частыми в работе автомобильного дизельного двигателя [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Клементьев А.С. Анализ эффективности автомобилей при конвертации двигателей внутреннего сгорания на компримированный природный газ // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Ижевск, 2012 г.

2 Горелик Г.Б. Перспективы развития газодизельных двигателей // «Вестник ТОГУ», №2 (13), 2009 г., с 61-72.

3 Пасечник Д.В. Устройство управления подачей смесевого топлива в дизельный двигатель внутреннего сгорания // РФ, патент № 154478, 27.08.2015.

УДК 629.3.064
Шакиров Рамис Ранисович, студент; Shakirov Ramis Ranisovich
Ямалтдинов Рамзиль Айратович. студент; Yamaltdinov Ramzil Airatovich
Сафиуллин Рузил Ахнафович, кандидат физико-математических наук, доцент; Safiullin Ruzil Akhnafovich
Башкирский государственный университет (Нефтекамский филиал)

ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

DYNAMIC CHARGING SYSTEM FOR ELECTRIC CARS

Аннотация. Представлена динамическая система беспроводной индукционной зарядки электромобилей. Данные инновационные технологии полностью обеспечивают экологически чистые условия их эксплуатации. Создана принципиальная электрическая схема такого зарядного устройства и ее электротехнические характеристики исследованы при движении.
Abstract. A dynamic system for wireless induction charging of electric cars is presented. These innovative technologies fully provide environmentally friendly conditions for their operation. A basic electrical diagram of such a charger has been created and its electrical characteristics have been studied while driving.
Ключевые слова: электромобиль, динамическая индукционная зарядка, принципиальная схема, электротехнические параметры.
Keywords: electric car, dynamic induction charging, circuit diagram, electrical parameters.

Ускоренно истощающиеся естественные энергетические ресурсы привели к бурному развитию инновационных технологий в области экологически безопасного транспорта, которыми являются электромобили и гибридные электромобили с комбинированной энергоустановкой. Происходит полная или частичная замена всех агрегатов электромобиля композиционными материалами, что является экономически более выгодным [1-3].

Большинство технологий идут на совершенствование систем трансмиссий и создание индивидуальных приводов для колес («мотор- колесо») автомашин. Синхронизация движения всех колес осуществляется электронной системой слежения движения по стандарту OpenCAN. Электронная система электромобиля представляет собой инвертор, который управляет двигателем с постоянными магнитами, вал которого соединен с коробкой передач и дифференциалом.

Инновационным направлением является система индукционной зарядки электромобилей в самом процессе езды с нанесением на дорожное полотно индукционных магнитообразующих катушек на шихтованных линиях [4]. Для реализации данного процесса – беспроводной передачи электрического тока (БПЭТ) на расстояние 10 сантиметров путём образования электромагнитного поля – используем принцип электромагнитной индук-

ции. Величина электродвижущей силы (ЭДС) не зависит от того, что является причиной изменения потока – изменение самого магнитного поля или движение контура (или его части) в магнитном поле [5].

В устройство зарядки входят: передатчик, приемник, листы разных металлов. Рассмотрим технические характеристики установки. Входное напряжение 210-240 В с частотой 50-60 Гц, максимальный ток потребления 5А, номинальная дальность действия 50 мм, номинальное напряжение передачи около 40 В. Зарядка осуществляется для емкости 90 кВт/ч номинальной мощности 90 кВт в один час. При наличии таких четырёх электроустановок зарядка осуществится за 20 минут [6].

Рассмотрим в ПО MicroCap 9.0 принцип работы БЭПТ на рисунке 1.

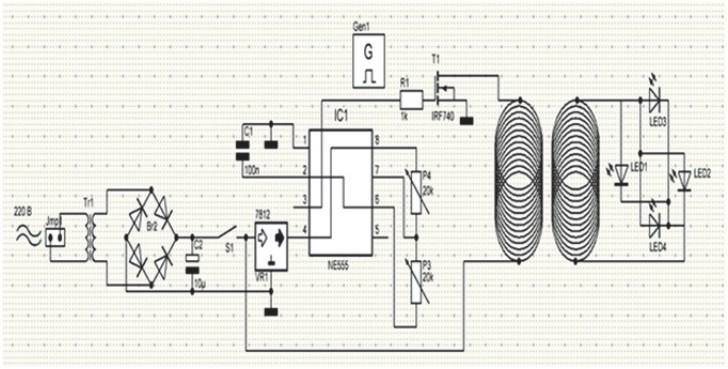


Рисунок 1 – Принципиальная схема зарядки электромобиля

Данная технология БПЭТ может использоваться и в зарядке других электроннных устройств. Near Field Communication (NFC – «коммуникация ближнего поля») – это технология беспроводной высокочастотной связи малого радиуса действия, которая дает возможность обмена данными между устройствами, находящимися на расстоянии около 10 см.

Таким образом, мы реализовали БПЭТ методом электромагнитной индукции. Данная технология также может применяться в разных отраслях производства, например, автомобилестроении и носимой электронике, таких как смарт-часы и смартфоны.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Сафиуллин Р.А., Аглямов Т.Р. Исследование прочностных свойств тормозных систем из углепластиков // Молодой учёный в современном мире: материалы студенческой научно- технической конференции / под общ. Ред. Э.Х. Самигуллиной. Уфа: РИК УГАТУ, 2016. С. 5-9.

2 Сафиуллин Р.А., Ханова Я.В. Моделирование композиционных свойств рессоров автомобиля «КамАЗ» // Молодой учёный в современном мире: материалы студенческой научно- технической конференции / под общ. Ред. Э.Х. Самигуллиной. Уфа: РИК УГАТУ, 2016. С. 71- 74.

3 Сафиуллин Р.А. Разработка СВЧ- нагревателя нефтяной скважины и ее тепловой расчет // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: Сборник трудов IX Международной науч-

но- технической конференции. Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2019. С. 386- 394.

4 Сафиуллин Р.А., Янгиров И.Ф., Харисова Р.Р., Гарайшина А.У. Методика инженерного расчета электромеханических параметров газопроводного спирального индукционного нагревателя // Энергетика: управление, качество и эффективность использования энергоресурсов: Сборник трудов IX Международной научно- технической конференции. - Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2019. С. 548- 554.

5 Сафиуллин Р.А. и др. Математическая модель линейного асинхронного индукционного нагревателя нефтепроводов // Технология машиностроения, 2019. -№3. -С.61-66.

6 Вольдек А.И. Электрические машины. Л.: Энергия, 1974.- 417с.

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ…….. 3

Абраменко В. С., Щетинин В. С.
ВНЕДРЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ОБОРУДОВАНИЕ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ……. 4

Айдочкина М. А., Отряскина Т. А.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ □쪩ДОРОДОСОДЕРЖАЩЕГО ГАЗА НА УСТАНОВКЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА……... 6

Ата-Курбанова Ф. Б., Алеева Т. Б.
ИЗМЕРЕНИЕ ВЫГОРАНИЯ ОТВС С ПОМОЩЬЮ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ…….. 9

Бабко А. П., Муравьев В. И., Ли Сюэвэй
МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ ПРИ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ ТИТАНА И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ…….. 12

Бао Фэнюань, Башков О. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ МИКРОДУГОВОГО ОКСИДИРОВАНИЯ НА МОРФОЛОГИЮ ОКСИДНОГО ПОКРЫТИЯ НА АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ 1163……. 14

Барсукова Н. В., Бахматов П. В.
ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ…….. 18

Барсукова Н. В., Бахматов П. В.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ДВИЖЕНИЯ ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ……... 21

Башков И. О., Башков О. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ, ЗАРЕГИСТРИРОВАННЫХ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМИ ДАТЧИКАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИВНОГО ИНТЕРФЕРОМЕТРА…… 23

Брянский А. А., Башков О. В., Проценко А. Е.
КЛАСТЕРИЗАЦИЯ ДАННЫХ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ В ИССЛЕДОВАНИИ ПРОЦЕССОВ НАКОПЛЕНИЯ УСТАЛОСТНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ В ПКМ……. 28

Бубелло Е. О., Бахматов П. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ И МАРКИ ЭЛЕКТРОДОВ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НЕРЖАВЕЮЩЕГО ТРУБОПРОВОДА…… 32

Буравицын Д. А., Щелкунов Е. Б.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЛАСТИ РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА МЕХАНИЗМА ТИПА ГЕКСАПОД С ВОЗМОЖНОСТЬЮ РЕКОНФИГУРИРОВАНИЯ…… 35

Вантеев М. О., .Рубан К. Е., Григорьев В. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВАРНОЙ ТОЧКИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЕДИНИЧНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИМПУЛЬСОМ НА ПОВЕРХНОСТИ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ……. 37
Вечканов Е. К., .Серебренникова А. Г.
АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ВТ20, ВТ23 В ПРОГРАММЕ DEFORM……. 40
Гурылев В. Б., Серебренникова А. Г.
АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТЕЙ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ22 ОТ ГЕОМЕТРИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА……... 43
Дяченко Р. П., Бахматов П. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБА ПОДГОТОВКИ КРОМОК НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТРУБОПРОВОДНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НЕФТЕПЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ……. 46
Евин А. М., Соболев Б. М.
ИССЛЕДОВАНИЯ ФАКТОРОВ ОКАЗЫВАЮЩИХ ДОМИНИРУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ…….. 49
Евсейчик О. А., Гадоев Г. А., Башков О. В.
КИНЕТИКА ИЗМЕНЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ВБЛИЗИ ЗОНЫ РОСТА УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ В СПЛАВЕ 1163……... 51
Жуков Г. А., Пронин А. И.
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОПЛА ЭЖЕКТОРА……... 54
Ильясов Л. С., Миндибаев Д. И., Сафиуллин Р. А.
РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОЙ МАШИНЫ…….. 57
Киселев Г. В., Муравьев В. И., Григорьев В. В.
ПРОБЛЕМЫ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ СИЛОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ИЗ ЛИСТОВЫХ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ……..... 60
Ковалёв А. А., Кравченко Е. Г.
РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ…….. 63
Кодиров А. А., Алтухова В. В.
ПРИМЕНЕНИЕ АМПЛИТУДНЫХ И ШАГОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ РАЗНЫМИ ВИДАМИ ОБРАБОТКИ…… 65
Колесникова Л. М., Коннова Г. В.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УХОДЯЩИХ КОТЛОВЫХ ГАЗОВ…….. 68
Курдюмов И. И., Кравченко Е. Г.
РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВЕЩЕННОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ…… 69

Кухарец А. А., Бахматов П. В., Соболев Б. М.
СТРУКТУРА И СВОЙСТВА РЕМОНТНОГО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ КОЛЛЕКТОРА РЕАКТОРНОЙ ПЕЧИ РИФОРМИНГА УСТАНОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА ИЗ СПЛАВА MANAURITE 900…….. 71
Кучумова М. Д., .Сапожник К. Р., Башков О. В.
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ЦИКЛИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ….. 74
Кхун Х. Х. Аунг, Зо Хейн, Башков О. В.
ИДЕНТИФИКАЦИЯ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ МЕТОДА АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ……... 78
Левченко В. С., Пронин А. И.
МИКРОТВЕРДОСТЬ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ РАЗЛИЧНОМ ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ……. 80
Лысенков Д. И., Сарилов М. Ю.
МОДЕРНИЗАЦИЯ ВАКУУМСОЗДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ АТМОСФЕРНО-ВАКУУМНОЙ ТРУБЧАТКИ……. 83
Мартынюк А. Ю., Сарилов М. Ю.
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭЛЕКТРООБОГРЕВА……. 86
Марченко Е. А., Кравченко Е. Г.
РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ……. 87
Мастевной В. В., Ступин А. В.
МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛООБМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ БЛОКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ГИДРООЧИСТКИ УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА……... 89
Михайлов К. А., Плетнев Н. О.
ПОЛУЧЕНИЕ АНКЕРНЫХ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ СВАРКОЙ ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА…….. 92
Музафаров А. Р., Никонов С. П.
АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА ВВЭР-1000 ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ НЕРАБОТАЮЩЕЙ ПЕТЛИ ПРИ ТРЕХ РАБОТАЮЩИХ БЕЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СНИЖЕНИЯ МОЩНОСТИ… 95
Муравьева В. Ф., Сарилов М. Ю.
МЕТОДИКИ РЕМОНТА НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ…….. 98
Новицкий А. С., Козлита А. Н.
РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ МОНТАЖНОГО ПРИСПОСОБЛЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D ГРАФИКИ…… 100
Осипов В. В., Серебренникова А. Г.
СТАЛЬ 06Х14Н6Д2МБТ-Ш (ЭП817-Ш): ЦЕЛИ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ, ПЛАН ЭКСПЕРИМЕНТА, РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ, ИНСТРУМЕНТЫ…… 102
Писаная Е. А., Ступин А. В.
ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА…….. 105

Приходько Д. В., Шишкин Б. В.
ВЛИЯНИЕ ВЕСОВОЙ ДОЛИ ПАРОВ В ТЕПЛООБМЕННОМ
АППАРАТЕ НА АМПЛИТУДУ КОЛЕБАНИЙ ТРУБ……. 109
Редько. К. В., Сарилов. М.. Ю.
БЛОК. НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ. ИЗОМЕРИЗАЦИИ. УСТАНОВКИ.
КАТАЛИТИЧЕСКОГО. РИФОРМИНГА. НА. ПРОЦЕССЕ. “ИЗОМАЛК-2.”... 111
Решетник У. Е., Сарилов М. Ю.
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ…… 113
Рубан К. Е., Бабко А. П., .Бахматов П. В.
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ЗОНЫ ЛАЗЕРНОЙ
СВАРКИ МЕТАЛЛОВ ОТ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ……... 116
Рубцова И. А., Бахматов П. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ TIG СВАРКИ
НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
НЕРЖАВЕЮЩЕГО ТРУБОПРОВОДА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА….. 120
Рязанов А. С., Бахматов П. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДА КОЛЕБАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ
ЭЛЕКТРОДА И ПОЛЯРНОСТИ ТОКА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА
СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПО 135 ПРОЦЕССУ……... 123
Сазонов В. П., Клешнина О. Н.
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ
РЕЗЕРВУАРА ИЗ ТИТАНОВОГО СПЛАВА…… 126
Сапожник К. Р., Кучумова М. Д., Башков О. В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ…. 128
Ситамов Э. С., Мокрицкий Б. Я.
АНАЛИЗ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ DEFORM ПРОЦЕССА
РЕЗАНИЯ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ
СТАЛИ МАРКИ 09Х17Н7Ю……... 132
Ситамов Э. С., Мокрицкий Б. Я.
РАЗРАБОТКА ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ
В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ DEFORM 3DDEVELOPMENT…….. 135
Скороходова В. В., Коннова Г. В.
МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
НА ООО «РН-КОМСОМОЛЬСКИЙ НПЗ»…… 138
Старцев Е. А., Бахматов П. В.
АНАЛИЗ МИКРОСТРУКТУРЫ СПЛАВА, ПОЛУЧЕННОГО
ЖИДКОФАЗНЫМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ
ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА…….. 141
Степушин А. С., Шалин А. В., Гвоздева О. Н.
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ, ВРЕМЕНИ И КОНЦЕНТРАЦИИ
ВОДОРОДА НА ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
И РАСТВОРЕНИЯ «ИЗОЛИРУЮЩИХ» ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ
НА ТИТАНОВОМ СПЛАВЕ ВТ6……... 143

Третьяков А. А, Алтухова В. В.
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ОПОРНЫМИ
ПАРАМЕТРАМИ ШЕРОХОВАТОСТИ……. 146
Тютрин М., Сарилов М. Ю.
СЖИГАНИЕ ВОДОМАЗУТНОЙ ЭМУЛЬСИИ
В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ…… 149
Улановская А. И., Бахматов П. В.
ВЛИЯНИЕ, ДОПУСТИМЫХ ПО НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ,
ДЕФЕКТОВ СВАРОЧНОЙ ПРОВОЛОКИ СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ
НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ……... 151
Улановская А. И., Бахматов П. В.
ДЕФЕКТЫ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОВОЛОКИ
СПЛОШНОГО СЕЧЕНИЯ, ОКАЗЫВАЮЩИЕ ВЛИЯНИЕ
НА КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ……... 153
Фу Ч., Олещук В. А.
ШИРОКОФЮЗЕЛЯЖНЫЙ САМОЛЕТ – СОВМЕСТНЫЙ
ПРОЕКТ РОССИИ И КИТАЯ……. 155
Ханджанлы Н. Е. Оглы, Щетинин В. С.
РЕКОНСТРУКЦИЯ ПЕЧЕЙ С ЦЕЛЬЮ УМЕНЬШЕНИЯ
ОБРАЗОВАНИЯ КОКСОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ……. 158
Ханджанлы Н. Е. Оглы, Щетинин В. С.
СПОСОБЫ УМЕНЬШЕНИЯ ОБРАЗОВАНИЯ КОКСОВЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ НА УСТАНОВКЕ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ…… 160
Холощак К. М., Кравченко Е. Г.
РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЕРОХОВАТОСТИ……. 162
Чжан Биньжу, Олещук В. А.
АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КИТАЯ... 164
Чунь Чуансинь, Олещук В. А.
3D МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА……. 167
Шаршунова Е. А., Коннова Г. В.
ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ РЕЗЕРВУАРНОГО ПАРКА
НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА……... 170
Шварцкопф Л. С., Бахматов П. В.
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА РЕЖИМА СВАРКИ
МНОГОПРОХОДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ…… 172

СЕКЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И УПРАВЛЕНИЕ
СОВРЕМЕННЫМИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ СИСТЕМАМИ……... 175

Аминов К. С., Стельмащук С. В.
ПРОБЛЕМА ВНУТРЕННЕЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ В ТИПОВОЙ
НАСТРОЙКЕ ЧАСТОТНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА
СО СКАЛЯРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ……. 176

Антонов Е. Г., Климаш В. С.
ЭЛЕКТРОННО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ АППАРАТ
ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ КОНДЕНСАТОРОВ К ТРЕХФАЗНОЙ СЕТИ……. 179
Берестинов А. А., Кулганатов А. З., Нестеров А. С.
ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОПЛАТНОГО МИКРОКОПЬЮТЕРА RASPBERRY
PI ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ПРОЦЕССОВ…… 181
Берх А. В., Горькавый А. И.
ОГРАНИЧЕНИЕ ТОКА В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
С МОДАЛЬНЫМ РЕГУЛЯТОРОМ…… 184
Бессонов М. А., Мешков А. С., Тетерин В. В.
АНАЛИЗ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ
В МЕХАНИЗМАХ ПОДЪЕМА ГРУЗОВ……... 186
Бессонов М. А., Мешков А. С.
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СКАЛЯРНОГО И ВЕКТОРНОГО
МЕТОДОВ ЧАСТОТНОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОДЪЁМА ГРУЗОВ…….. 189
Биткина А. А., Копытов С. М.
РАЗРАБОТКА УЧЕБНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СТЕНДОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ…….. 192
Бобохонов Ш. А., Мешков А. С.
ЭЛЕКТРОПРИВОД КАНАТНОЙ ДОРОГИ…….. 195
Болдырев В. В., Горькавый М. А., Егорова В. П.
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ
ИННОВАЦИОННОГО ПРОДУКТА, НАПРАВЛЕННОГО
НА ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ
ЭНЕРГИИ В МЕСТНЫХ СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ,
РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ХАБАРОВСКОГО КРАЯ……. 198
Бублейко В. В., Васильченко С. А.
УПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ С ПОНИЖЕННЫМ
ПОТРЕБЛЕНИЕМ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ……... 202
Бузикаева А. В., Даудов Т. Г., Черный С. П.
ТЕХНОЛОГИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА…….. 204
Буровская О. М., Куделько А. Р.
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АДАПТАЦИИ
ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ
К УПРАВЛЕНИЮ ПРОТЕЗОМ…….. 206
Гаскаров А. И., Мухаметдинов А. М., Сафиуллин Р. А.
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ……... 209
Грабарь Д. М., Куделько А. Р.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА
ПРОДУКТОВ ПЧЕЛОВОДСТВА……... 212

Грибалев А. В., Ульянов А. В., Шибеко Р. В.
УСТРОЙСТВО ПОМОЩИ БОЛЬНЫМ ЭПИЛЕПСИЕЙ…… 215
Егорова В. П., Олиферова О. С., Горькавый М. А.
ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОСЕТЕВЫХ РЕШЕНИЙ, ДОСТОИНСТВА
И НЕДОСТАТКИ, ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ……. 218
Енин Э. Д., Черный С. П.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЕКТУАЛЬНЫХ
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ПОРЯДКА АЛГОРИТМА СУГЕНО…… 221
Епанчинов А. Н., Шибеко Р. В.
РАЗРАБОТКА АКТИВНОГО НЕИНВАЗИВНОГО
НЕЙРОКОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА
С РАСПОЗНАВАНИЕМ ЭПИЛЕПТИФОРМНОЙ АКТИВНОСТИ……... 223
Ерёмкина Л. Е., Марущенко С. Г.
РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
ДЛЯ ЛАБОРОТОРНОГО ПРАКТИКУМА В СРЕДЕ LABVIEW…… 226
Ефимов А. Ю., Горькавый М. А., Егорова В. П.
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ
ОТДЕЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОБОТИЗИРОВАННОГО
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА……... 229
Жидов А. Ю., Соловьёв В. А.
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНОЙ
АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ САМОДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАТФОРМЫ…….. 233
Жидов А. Ю., Соловьёв В. А.
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ
И ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ АВТОНОМНОЙ АГРОТЕХНИЧЕСКОЙ
САМОДВИЖУЩЕЙСЯ ПЛАТФОРМЫ…… 236
Жуков М. В.
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ОЦЕНКИ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПРОЦЕССОВ
АВИАСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ……. 238
Зимин С. И., Ульянов А. В., Шибеко Р. В.
УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КАМЕРЕ
СИСТЕМЫ ВЫПУСКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ……... 241
Иванова Т. И., Иванов Ю. С.
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЧЕСКОГО
ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ В МОРЕ
НА ОСНОВЕ ПРАВИЛ COLREG……... 244
Йе Мин Тху, Климаш В. С.
СХЕМА ОСВЕТИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ВЗЛЕТНО–ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ АЭРОДРОМА…… 246

Камин Д. С., Королева Т. Г.
О МЕТОДАХ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ
НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ…… 249
Карсымбаева А. А., Марущенко С. Г.
РАЗРАБОТКА КОДЕРА И ДЕКОДЕРА ИТЕРАТИВНОГО КОДА
ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ИССЛЕДОВАНИЮ
ПОМЕХОЗАЩИЩЕННЫХ КОДОВ…….. 252
Коваленко А. А., Марущенко Д. С., Ульянов А. В.
РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ
ФОРМИРОВАНИЯ МАРКЕРА В MPLC – СИСТЕМЕ…… 255
Кодиров С. Г., Стельмащук С. В.
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСОВ ВОДОСНАБЖЕНИЯ……... 257
Колесник М. Б., Чураков А. Е., Калинин Е. А., Янченко А. В.
РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО
ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ТРАНСПОРТНЫЕ СВОЙСТВА НЕФТЕПРОДУКТОВ... 259
Колякин В. Л., Янченко А. В.
СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ОБЪЕКТА
НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ……. 263
Кошелев Д. С., Сериков А. В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА
ДЛЯ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ……. 265
Крисюк А. М., .Ульянов А. В., Шибеко Р. В.
МОДЕРНИЗАЦИЯ БЛОКА СВЧ–УСИЛИТЕЛЯ
ВЫПОЛНЕННОГО НА ОСНОВЕ ЛБВ…….. 268
Кудин С. И., Дерюжкова Н. Е.
ДВУХМАССОВАЯ АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ
МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА……. 271
Кудря Д. В., Малышева О. А.
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЛИВНОЙ
РАСХОДОМЕРНОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ SCADA-СИСТЕМЫ
В СРЕДЕ VIJEO CITECT……. 274
Кузнецов А. А., Горькавый А. И.
ФОРМИРОВАНИЯ СПЕЦИФИЧЕСКИХ ПЕРЕХОДНЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
С МОДАЛЬНЫМИ РЕГУЛЯТОРАМИ…….. 280
Кузнецова Т. А., .Васильченко С. А.
ПРИМЕНЕНИЕ ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ
ВЛИЯНИЯ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В СИСТЕМЕ
ЭЛЕКТРОПРИВОДА……... 283
Купченко М. В., Киба Д. А., Олиферова О. С.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ БЕСПИЛОТНОГО
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРОВЕРОК РАБОТЫ
РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ……... 285

Курбонназаров Д. А., Эмомов Д. С., Табаров Б. Д.
МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ РАСХОДА
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЦЕХОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ……. 288
Кучеренко Д. И., Соловьев В. А.
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПИТАТЕЛЬНЫМИ НАСОСАМИ КОТЛОАГРЕГАТОВ……. 290
Кучеренко Д. И., Соловьев В. А.
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ
НАПОРА ПИТАТЕЛЬНОГО НАСОСА ПРИ ИЗМЕНЯЕМОЙ ПОДАЧЕ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА……. 294
Левчук И. В., Дерюжкова Н. Е.
ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ФЛАПЕРОНАМИ В РЕЖИМЕ ЗАКРЫЛКОВ…….. 297
Линник М. В., Соловьёв В. А.
ИССЛЕДОВАНИЕ СХЕМЫ БЕСКОЛЛЕКТОРНОГО
ТРЁХФАЗНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА
ДЛЯ ИНВАЛИДНОГО КРЕСЛА С ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ……... 300
Логинов И. В., Ульянов А. В., Шибеко Р. В.
ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОЕ РАДИО С ПРЯМОЙ
ОЦИФРОВКОЙ ПРИНЯТОГО СИГНАЛА И ОБРАБОТКОЙ
В ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ПЛИС…… 301
Лысов Н. А., Сухоруков С. И.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОМЫШЛЕННЫМ РОБОТОМ-МАНИПУЛЯТОРОМ
С ПРИМЕНЕНИЕМ G-КОДОВ……... 304
Марущенко Д. С., .Коваленко А. А., Ульянов А. В.
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ
СВЕТОДИОДНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОСРЕДСТВОМ PLC-МЕТОК…… 308
Мельниченко М. А., Горькавый А. И.
СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЙ АСТАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ…….. 310
Мирзоев Б. Н., Суздорф В. И.
ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА НАПРЯЖЕНИЯ
СТАБИЛЬНОЙ ЧАСТОТЫ……. 313
Ненюк В. В., Марущенко С. Г.
РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СНИЖЕНИЯ
ПИКОВОЙ НАГРУЗКИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ СЕТЬ……. 316
Ниматов Р. Р., Климаш В. С.
ДИОДНО–РЕАКТОРНЫЙ ПУСКАТЕЛЬ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ
СИЛОВЫХ ТРАНСФОМАТОРОВ…… 319
Осипов А. Н., Васильченко С. А.
ОДИН ИЗ СПОСОБОВ УЛУЧШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ……. 322

Петухов А. В., Климаш В. С.
СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ЛИНИИ И ЕГО ИССЛЕДОВАНИЕ…….. 324
Полохова Д. А., Куделько А. Р.
АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГИДРОПОНИКА……. 326
Пугачева А. И.
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И ОПТИМИЗАЦИИ БАЗ ДАННЫХ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ…… 329
Росляков Д. П., Горькавый А. И.
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К СИНТЕЗУ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ…… 331
Симаков Л. С., Егоров В. А.
ОТСЛЕЖИВАНИЕ УГЛОВОГО ПОЛОЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ АКСЕЛЕРОМЕТРА……... 334
Соколова В. С., Зайченко И. В.
ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ГЕНЕРАТОРНОГО БЛОКА АВТОНОМНОЙ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ТРИГЕНЕРАЦИИ……. 337
Соколовский М. А., Климаш В. С.
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ…… 339
Тимофеев А. К., Алексеева Е. В., Черный С. П.
АНАЛИЗ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПОСТРОЕННОЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ АДАПТИВНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ…… 342
Тищенко С. А., Климаш В. С.
КАСКАДНОЕ РЕГУЛИРВОАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ……. 345
Хакимов М. С., Мешков А. С.
УСТАНОВКИ РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО НАГРЕВА……. 347
Хромов С. А., Янченко А. В.
РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ПНЕВМАТИЧЕСКИМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ……... 350
Хрульков В. Н., Черный С. П., Давудов Т. Г.
АНАЛИЗ НЕЧЕТКИХ СИСТЕМ РЕАЛИЗОВАННЫХ НА ПЛК И СРЕДСТВАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ…… 352
Худолей М. С., Черный С. П.
АНАЛИЗ МОДЕЛИ НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ……... 355

Чернышова Д. В., Гринкруг М. С.
ЗАДАЧА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ
ПАРАМЕТРОВ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ПРИ НОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ РАБОТЫ…… 357
Шевченко М. В., Черный С. П.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ ОБЪЕКТА
НА НЕЧЕТКУЮ И КЛАССИЧЕСКУЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ…… 360
Шерзод К. И., Стельмащук С. В.
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННО-ВЕНТИЛЬНОГО
КАСКАДА С ПОДЧИНЕННЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ В СРЕДЕ…… 362
Шестаков М. И., Черный С. П.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ
НЕЧЕТКИХ МНОГОКАСКАДНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
С ПЕРЕМЕННОЙ СТРУКТУРОЙ…….. 365
Шестопалько Д. К., Янченко А. В.
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
С ИНЕРЦИОННЫМ НАКОПИТЕЛЕМ ЭНЕРГИИ…….. 367
Шмырин Д. П., Дерюжкова Н. Е.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВУХ СМЕЖНЫХ КЛЕТЕЙ
ПРИ ПРОКАТКЕ С ПЕТЛЕОБРАЗОВАНИЕМ…… 370

СЕКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКА, ТРАНСПОРТ И ОКЕАНОТЕХНИКА…….. 373

Аблапов И. В., Смирнов А. В.
ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОТОПЛИВНОЙ ЭМУЛЬСИИ
В АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ…… 374
Баранова А. В., Малыхин А. А.
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ТЕПЛОТЫ ДРЕНАЖА СИСТЕМ РЕГЕНЕРАЦИИ ТУРБОУСТАНОВОК... 376
Барашнин А. М., Хвостиков А. С.
ОБСЛУЖИВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ НА КОМПРИМИРОВАННОМ
ПРИРОДНОМ ГАЗЕ……. 378
Березин М. Б., Шаломов В. И.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБА ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ
ЭКОНОМИЧНОСТИ ТУРБОУСТАНОВОК СЕМЕЙСТВА Т-100…… 380
Богданов К. С., Хвостиков А. С.
МОДЕРНИЗАЦИЯ БАШЕННОЙ ГРАДИРНИ БГ-2600-70
ПУТЕМ ЗАМЕНЫ ОРОСИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ…….. 383
Болдырева А. М., Гунькова О. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕВОЗОК ЦЕМЕНТА НА ЭКСПОРТ ИЗ РОССИИ….. 386
Гончаров А. С., Журбина И. Н.
ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ СУДОВ КОНТЕЙНЕРОВОЗОВ……. 389
Даманский Д. В., Ярополов В. А.
ПРАКТИЧЕСКОЕ ТРЁХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СУДОВЫХ
КОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D…… 392

Даманский Д. В., Ярополов В. А.
ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ЗОНДИРОВАНИЯ
В ПРОВЕРОЧНЫХ РАБОТАХ СУДОКОРПУСНЫХ КОНСТРУКЦИЙ….. 394
Двойничков Д. А., Хвостиков А. С.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТУРБИН
С ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТБОРАМИ…….. 398
Дерека А. А., Леонтьев В. И.
ПРОГРАММА РАСЧЁТА ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ КОТЕЛЬНОЙ
УСТАНОВКИ ПРИ СЖИГАНИИ НЕПРОЕКТНЫХ УГЛЕЙ……. 400
Димов Н. Д., Леонтьев В. И.
ТЕПЛООБМЕННЫЙ АППАРАТ ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ
НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ…….. 401
Дрозд В. С., Малыхин А. А.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ ПОТОКОВ ПОДПИТОЧНОЙ ВОДЫ
В ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВКАХ…….. 403
Жумагалиев И., Чижиумов С. Д.
ВЛИЯНИЯ МАЛОЙ ПОГИБИ ПЛАСТИН НА ВИБРАЦИОННЫЕ
СВОЙСТВА И УСТОЙЧИВОСТЬ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ…….. 405
Заварзин Р. В., Жук А. Ю.
УЛУЧШЕНИЕ СУДОХОДНЫХ УСЛОВИЙ НА УЧАСТКЕ
РЕКИ БЕЛАЯ ОТ УСТЬЯ РЕКИ УФА – ГРУЗДЕВКА…… 408
Иванов Н. П., Чижиумов С. Д.
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ
ЭНЕРГИИ МОРСКИХ ВОЛН……. 410
Кулганатов А. З., Берестинов А. А., Смирнов А. Ю., Соломин Е. В.
РАЗВИТИЕ МАЛОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В РОССИИ…… 413
Лынник А. А., Хвостиков А. С.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБОУСТАНОВКИ
Т-55-130 ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ КОНДЕНСАТОРА…….. 416
Мансурова Н. И., Смирнов А. В.
ВНЕДРЕНИЕ ПАРОГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ……. 418
Мин Ко Ко, Тарануха Н. А.
МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ КОЛЕБАНИЙ
КОНСТРУКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ЛАЗЕРНОГО ВИБРОМЕТРА…… 421
Нежинская О. А., Каменских И. В.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПОМЕЩЕНИЙ
ДЛЯ ПАССАЖИРОВ И ЭКИПАЖА НА РЕЧНЫХ СУДАХ……... 425
Новосёлова У. А., Каменских И. В.
ПЛАВУЧИЙ ДОМ ИЗ МОДУЛЕЙ……. 427
Пак Т. И., Александрова Д. Н., Бурменский А. Д.
МЕТОДОЛОГИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ
ЧЕРТЕЖЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СУДОВ……... 429

Плотникова Н. А., Малыхин А. А.
БЕЗДЕАЭРАТОРНАЯ ТЕПЛОВАЯ СХЕМА
ТУРБОУСТАНОВКИ Т-110/120-130……. 433
Плющик В. Р., Попов А. Ю.
ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОСЕРВИСА……. 435
Попов М. А., Гунькова О. В.
ЛОГИСТИКА ДОСТАВКИ СПЕЦТЕХНИКИ ИЗ КИТАЯ В РОССИЮ…… 438
Попова Н. А., Бурменский А. Д.
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ В СУДОСТРОЕНИИ.. 441
Привезенцев М. И., Чижиумов С. Д.
АНАЛИЗ УДАРА О ВОДУ…….. 443
Роменкова В. А., Бурменский А. Д.
СОВРЕМЕННЫЕ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫЕ
ТИПЫ СУДОВ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ
И ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ГРУЗОВ……... 446
Сандалов И. В., Смирнов А. В.
СПИРТ В КАЧЕСТВЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА
ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ……... 449
Удовиченко К. С., Попов А. Ю.
ОБЗОР РЫНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КИСЛОРОДНЫХ УСТАНОВОК…….. 451
Уманцев Д. П., Шаломов В. И.
ВЫБОР ТИПА И КОМПОНОВКИ ОПОР РОТОРА
АВТОМОБИЛЬНОГО ТУРБОКОМПРЕССОРА…….. 453
Хокимов А. А., Шаломов В. И.
РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЗАМЕЩЕНИЯ ТУРБОУСТАНОВКИ Т-55-130 КОМСОМОЛЬСКОЙ ТЭЦ-2... 456
Чепурнов П. А., Смирнов А. В.
ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ…….. 459
Черемисов А. А., Ломакина Н. С.
СПОСОБЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ
ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ
ПРИРОДНОГО ГАЗА ПОТРЕБИТЕЛЮ…… 462
Чесноков И. А., Смирнов А. В.
ГАЗОВЫЕ ТОПЛИВНЫЕ СИСТЕМЫ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ…….. 465
Шакиров Р. Р., Ямалтдинов Р. А., Сафиуллин Р. А.
ДИНАМИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ……. 468

Научное издание

МОЛОДЕЖЬ И НАУКА:
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Часть 1

Материалы III Всероссийской национальной научной конференции
студентов, аспирантов и молодых ученых
Комсомольск-на-Амуре, 06-10 апреля 2020 г.

Ответственный редактор Э. А. Дмитриев

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 23.06.2020.
Формат 60×84 1/8. Бумага 65 г/м^2. Ризограф EZ 570E.
Усл. печ. л. 28,12. Уч.-изд. л. 27,00. Тираж 22 экз. Заказ 30083.

Полиграфическая лаборатория
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.