

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 IV Всероссийской национальной научной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 г.

Комсомольск-на-Амуре  
2021

УДК 001  
ББК 95.4  
М754

*Рецензент* – В. М. Козин, главный научный сотрудник,  
доктор технических наук, профессор  
(Институт машиноведения и металлургии ДВО РАН)

*Редакционная коллегия:*

Э. А. Дмитриев, доктор технических наук, отв. ред. ;  
А. В. Космынин, доктор технических наук, профессор, зам. отв. ред.  
(г. Комсомольск-на-Амуре, КнАГУ)

**Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных  
и прикладных исследований** : материалы IV Всерос. нац. науч.  
М754 конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-  
Амуре, 12-16 апреля 2021 г. : в 4 частях / редкол. : Э. А. Дмитриев  
(отв. ред.), А. В. Космынин (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-  
Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021. – Ч. 1. – 420 с.

ISBN 978-5-7765-1474-6 (Ч. 1)  
ISBN 978-5-7765-1476-0

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 978-5-7765-1474-6 (Ч. 1)  
ISBN 978-5-7765-1476-0

© ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2021

**СЕКЦИЯ**

**МАШИНОСТРОЕНИЕ,  
МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ  
И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ**

УДК 672.11

Абдулоев Мухаммадрахим Махмадхонович, студент; Abduloev Mukhammadrakhim Makhmadkhonovich

Башков Олег Викторович, доктор технических наук, профессор; Bashkov Oleg Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ С ПОВЫШЕННЫМ МОДУЛЕМ УПРУГОСТИ КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

### **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF STEEL WITH AN INCREASED MODULUS OF ELASTISICITY FOR STRUCTURAL PURPOSES**

**Аннотация.** Сегодня производство стали в основном осуществляется из отработанных стальных изделий и чугуна. Сталь представляет собой сплав железа и углерода, последний содержит от 0,1 до 2,14%. Превышение содержания углерода в сплаве приведет к тому, что он станет слишком хрупким. Суть процесса производства стали, которая содержит гораздо меньшее количество углерода и примесей, чем чугун, состоит в том, чтобы передать эти примеси в шлак и газы в процессе плавки и подвергнуть их принудительному окислению.

**Abstract.** Today, steel production is mainly carried out from spent steel products and cast iron. Steel is an alloy of iron and carbon, the latter containing from 0.1 to 2.14%. Exceeding the carbon content of the alloy will cause it to become too brittle. The essence of the process of producing steel, which contains much less carbon and impurities than cast iron, is to transfer these impurities to the slag and gases during the melting process and subject them to forced oxidation.

**Ключевые слова:** сталь, сплав, углерод, железа, металл.

**Keywords:** steel, alloy, carbon, iron, metal.

#### Особенности процесса производства стали

Производство стали, осуществляемое в сталеплавильных печах, включает взаимодействие железа с кислородом, в ходе которого металл окисляется. Углерод, фосфор, кремний и марганец, содержащиеся в чугуне, также подвержены окислению. Окисление этих примесей происходит из-за того, что оксид железа, образующийся в ванне расплавленного металла, отдает кислород более активным примесям, тем самым окисляя их.

Производство стали проходит через три значимых этапа. Рассмотрим их подробнее.

#### Плавящаяся порода

На этом этапе шихта расплавляется и из расплавленной металл, в котором железо, окисляясь, окисляет примеси, находящиеся в чугун (фосфор,

кремний, марганец). На этом этапе производства из сплава необходимо удалить фосфор, что достигается за счет содержания в шлаке расплавленного оксида кальция.

Чтобы производство стали сопровождалось удалением фосфора из ванны расплавленного металла, требуются не слишком высокая температура и содержание оксида железа в шлаке.

Кипячение ванны из расплавленного металла

Дальнейший процесс производства стали сопровождается кипением ванны расплавленного металла. Этот процесс активируется при повышении температуры. Это сопровождается интенсивным окислением углерода в результате поглощения тепла. Производство стали невозможно без окисления избыточного углерода; такой процесс начинается с добавления окалина в ванну с расплавленным металлом или вдувания в нее чистого кислорода.

Раскисление металлов

Диффузионное раскисление включает введение расплавленного металлического ферросилиция, ферромарганец и алюминий. Такие добавки, восстанавливающие оксид железа, уменьшают его количество в шлаке. Пружинная сталь классифицируется как конструкционная углеродистая или высокоуглеродистая сталь. Чтобы придать ему узконаправленные свойства, его в небольших количествах легируют 2-3 элементами, всего до 2,5%. Но использование этих марок стали не ограничивается изготовлением пружин.

Модуль упругости для разных марок стали

Металлурги разработали несколько сотен марок стали. Для них характерны разные значения прочности и разные значения модуля упругости. В таблице 1 приведены характеристики наиболее распространенных сталей.

Таблица 1 Модуль упругость различных сталей

Наименование стали	Значение модуля упругости, $10^{12}$ ·Па
Низкоуглеродистая сталь	165...180
Сталь 3	179...189
Сталь 30	194...205
Сталь 45	211...223
Сталь 40Х	240...260
65Г	235...275

На металлургических и машиностроительных предприятиях, например, в качестве материала для изготовления молотов обычно используется сталь 65Г. Молотки из этой стали изготавливаются по технологии прямого литья в специальные формы, а также по технологииковки и штамповки литых заготовок. Для обеспечения требуемого сочетания высокой твердости и удовлетворительной ударной вязкости стали в молотках, воздействующих на поступающие массы измельчаемых материалов, конечной операцией технологии их изготовления является термообработка (закалка с последующим низкотемпературным отпуском) [1, 2].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Голиков И.Н., Масленков С.Б. Дендритная ликвация в сталях и сплавах. - М.: Металлургия, 1977. - 224 с.

2 Перов В. А. Дробление, измельчение и грохочение руд / В. А. Перов, Е. Е. Андреев, Л. Ф. Биленко-М.: Недра, 1990 – - 301 с.

УДК 621

Барановский Кирилл Андреевич, студент; Baranovskij Kirill Andreevich  
Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;  
Bakhmatov Pavel Viacheslavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ АВТОМОТИЗИРОВАННОЙ ТЕЛЕЖКИ С ПОДЪЁМНОЙ ПЛАТФОРМОЙ

## MANUFACTURING OF AN AUTOMATED TROLLEY WITH A LIFTING PLATFORM

**Аннотация.** Данная работа посвящена изготовлению автоматизированной тележки с подъёмной платформой.

**Abstract.** This work is devoted to the manufacturing of an automated trolley with a lifting platform.

**Ключевые слова:** тележка, платформа.

**Keywords:** truck, platforms.

Автоматизированные подъёмные устройства - это устройства, необходимы для доступа в труднодоступные места и для работы с тяжелыми предметами, которые значительно облегчают труд человека и увеличивают скорость проведения работ. Но у большинства подъёмных устройств имеются недостатки (из-за которых время работы увеличивается), например, таки как:

1. Их громоздкость. В некоторых производственных моментах появляется необходимость установки данного устройства в негабаритное место, из - за чего доступ к самому устройству и оснастки затруднён, что может повлечь за собой несоблюдение техники безопасности.

2. Большой вес. Из-за этого показателя, появляется дополнительная сложность в производстве, за рабочий цикл приходится часто изменять положение подъёмника на рабочей площадке.

3. Отсутствие универсальности. Особо важный показатель большинство устройств не имеют такого аспекта, как универсальность, из-за чего появляется необходимость в приобретении дополнительного подъёмника.

4. Сложность в конструкции. Многие устройства имеют в своей конструкции множество сложных элементов и узлов, что зачастую приводит к необходимости в случае поломки, дорогостоящего ремонта.

Вся суть в сборке автоматизированного подъёмного устройства сводится к устранению данных недостатков. Разработка простого и легковесного механизма с минимальными габаритами является главным недостатком, поскольку нивелируя один недостаток, появляется следующий.

В нашем устройстве (рисунок 1) будет иметься простой и надёжный силовой каркас, интуитивное и понятное управление, минимальное количество подвижных и сложных элементов самого подъёмного устройства и довольно важный аспект это вес устройства, при котором в случае необходимости рабочие смогли перенести его вручную.

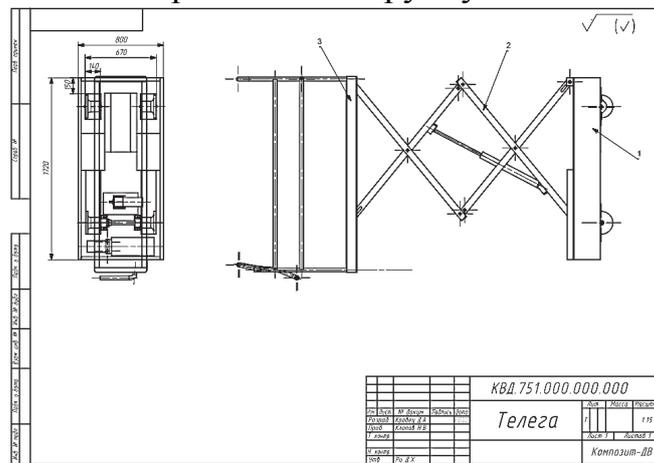


Рисунок 1 - Внешний вид подъёмного устройства

Данный подъёмник представляет собой каретку с электроприводом, на которую в свою очередь установлено само подъёмное устройство типа «ножниц» с платформой. Подъём платформы осуществляется благодаря гидроцилиндру с электронной помпой, благодаря которому данное устройство работает почти бесшумно, с малым потреблением энергии. Благодаря электроприводу на каретке подъёмник способен самостоятельно передвигаться.

Данное устройство предназначено для работы в высоких теплицах, для работы с растениями и сборки урожая, но не мешает данное приспособление установить на малогабаритный склад для рабы по перемещению предметов.

Плюсы данной конструкции:

1. Малые габариты. Благодаря этому каретка данного подъёмника способна проезжать между узкими грядками (стеллажами), вследствие чего появляется возможность увеличить количество грядок (стеллажей).

2. Малый вес. В связи с использованием профильных труб, что в основании каретки, что в самом подъёмном механизме «ножниц», появляется возможность снизить вес.

3. Простота конструкции. Из-за использования гидра системы и простейшей конструкции появляется надёжность и простота ремонта.

4. Универсальность. Благодаря использованию рельсовой системы на основном приводе появляется возможность использования этой каретки во многих аспектах производства.

Минусы:

1. Слабость конструкции. При использовании профильной трубы, данный подъёмник не способен брать большей вес на борт.

2. Зависимость от рельсовой системы. При использовании полукруглых колёс мы получаем сложность в использовании устройства в местах необорудованных специальными рельсами.

3. Низка жесткость конструкции. Также, из-за использования в данной конструкции профильной трубы низкого веса, жёсткость всей конструкции страдает.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Степыгин В. И. Проектирование подъёмно транспортных установок / Степыгин В. И., Чертов Е.Д., Елфимов С.А.: Машиностроение.-28с.

2 Кузьмин А. В. Справочник по расчётам механизмов подъёмно-транспортных машин / Кузьмин А. В., Марон Ф.Л.: Высшая школа.-15с.

УДК 621.791

Безносков Руслан Максимович, студент; Beznosov Ruslan Maksimovich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Vakhmatov Pavel Viacheslavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ РЕБРИСТЫХ ПАНЕЛЕЙ

### FRICTION STIR WELDING OF RIBBED PANELS

**Аннотация.** Данная работа посвящена принципу работы сварки трением с перемешиванием.

**Abstract.** This work is devoted to the principle of operation of friction stir welding.

**Ключевые слова:** сварка трением с перемешиванием, крутящийся инструмент.

**Keywords:** friction stir welding, rotating tool.

Сварка трением с перемешиванием (СТП) представляет собой процесс объединения материалов в твердом состоянии, осуществляется крутящимся инструментом, обеспечивающим за счет трения подогрев, пластификацию и перемешивание материала объединяемых элементов конструкций. Принципиальная схема процесса образования неразъемного соединения, методом СТП представлена на рисунке 1.

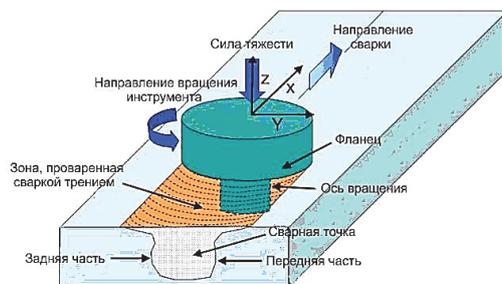


Рисунок 1 – Схема процесса сварки трением с перемешиванием

Традиционно для различных способов сварки трением с перемешиванием используются следующие виды инструментов (рисунок 2).



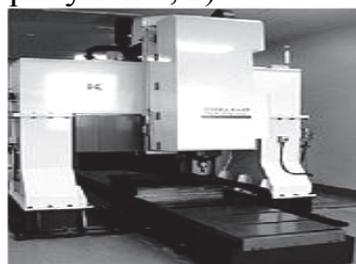
Рисунок 2 – Инструменты для СТП:

а – традиционная конструкция инструмента; б – инструмент для получения глубоких швов; в – инструмент со специальной формой торца

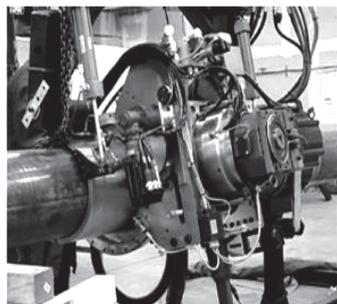
СТП может быть исполнено на модернизированном вертикальном фрезерном станке (см. рисунок 3, г), но конфигурация его рабочей зоны ограничена для производства сварных конструкций протяженных габаритов, поэтому в данное время значительное число фирм в разных странах изготавливают оборудование для СТП, которое может быть систематизировано по конфигурации на три типа: консольный (см. рисунок 3, а), порталный (см. рисунок 3, б), орбитальный (см. рисунок 3, в).



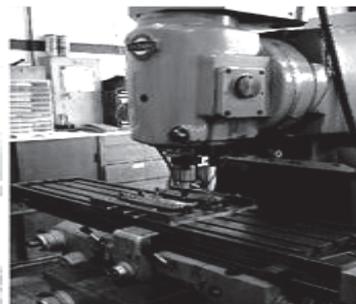
а)



б)



в)



г)

Рисунок 3 – Оборудование для сварки СТП

Основные виды неразъемных соединений, получаемых СТП представлены на рисунке 4.

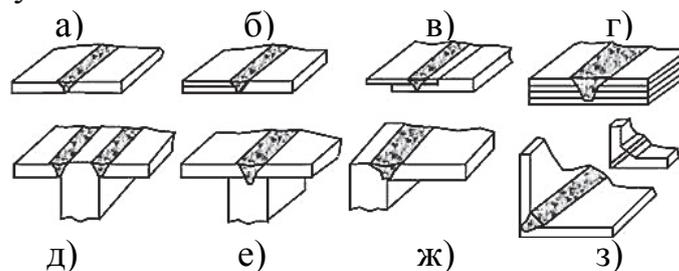


Рисунок 4 - Типы сварных соединений, выполняемых СТП:  
а - стыковое; б – нахлесточно-стыковое; в – нахлесточное;  
г – многослойное нахлесточное; д – двухпроходное тавровое;  
е – тавровое прорезное; ж, з - угловое

В настоящее время широкое распространение СТП получила в аэрокосмической промышленности для сварки корпусных деталей, приварки продольных и поперечных ребер жесткости, а также крыльев, фюзеляжей, хвостового оперения летательных аппаратов, топливных авиационных баков.

Из основных преимуществ СТП следует выделить:

- снижение веса летательных аппаратов;
- замена заклепочных соединений сварными;
- исключение дорогостоящих операций по контролю качества;
- гибкость процесса СТП и простота монтажа элементов после сварки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Третьяк, Н.Г. Сварка трением с перемешиванием алюминиевых сплавов (обзор) / Н.Г. Третьяк // Автоматическая сварка. – 2002. – № 7. – С. 12-21.

2 Совершенствование инструмента и технологических схем сварки / М.М. Штрикман // Сварочное производство. – 2007. – № 10. – С. 25-32.

УДК 628.4.037

Бей Дмитрий Васильевич, студент; Bey Dmitry Vasilyevich  
Духовников Кирилл Петрович, студент; Dukhovnikov Kirill Petrovich  
Шакирова Ольга Григорьевна, доктор химических наук;  
Shakirova Olga Grigorievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ

#### RECYCLING OF WASTE RUBBER PRODUCTS IN THE FAR EAST

**Аннотация.** Данная работа посвящена рассмотрению методов утилизации и переработки отходов резинотехнических изделий. Химические методы переработки позволяют эффективно превращать РТИ-отходы в жидкие продукты деструкции, богатые ароматическими углеводородами, которые

могут быть использованы в качестве дизельных и печных топлив и топочных мазутов.

**Abstract.** This work is devoted to the consideration of methods of recycling and recycling of waste from rubber-technical industries. Chemical processing methods make it possible to effectively convert rubber waste into liquid degradation products rich in aromatic hydrocarbons, which can be used as diesel and furnace fuels and heating oil.

**Ключевые слова:** резинотехнические отходы, пиролиз, помол, отходы.

**Keywords:** rubber waste, pyrolysis, grinding, waste.

В нынешнее время многие промышленные предприятия активно развиваются. Это безусловно положительное явление, так как увеличивается количество различных продуктов, которыми пользуемся мы, обычные потребители. Но у всего этого есть и отрицательная сторона, а именно увеличение количества отходов, в частности, резинотехнических изделий (РТИ), производимых различными предприятиями. Основными составляющими РТИ являются покрышки от автотранспорта (от легковых автомобилей вплоть до огромных машин по типу «БелАЗ»), авиационные шины, покрышки велотранспорта, шины сельской техники и т.д.

Трудность утилизации заключается в том, что отходы РТИ не разлагаются биологически, огнеопасны, также это идеальное место для жизни и размножения грызунов, насекомых, которые могут переносить различные заболевания. Под свалку и хранение данных отходов отдается огромное количество территорий, которые могли бы быть использованы для более гуманных и полезных целей. Захоронение и сжигание, в последнее время, являлись наиболее распространенными методами утилизации РТИ-отходов. Чаще всего тепло, выделяемое при сжигании данных отходов, шло на получение пара и электроэнергии. Но, к сожалению, от неполного сгорания отходов, происходит образование сажи, а также выделение токсичных веществ.

Основные методы переработки РТИ-отходов приведены на схеме 1.

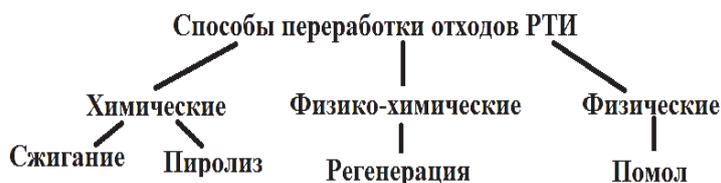


Схема 1 – Методы переработки РТИ

Химические методы переработки РТИ-отходов позволяют получить ценные продукты и тепло, однако такая утилизация недостаточно эффективна, поскольку не позволяет сохранить исходные полимерные материалы.

На Дальнем Востоке утилизацией РТИ отходов занимаются такие организации как «ЭкоСтар Технолоджи» в городе Артём, ТОО «Комсомольск» в городе Комсомольск-на-Амуре, «РОСА 1» в Благовещенске и ещё примерно 20 других предприятий. Несмотря на то, казалось бы, большие

объёмы утилизации и переработки, на Дальнем Востоке всё равно остаётся большое количество сертифицированных и несертифицированных свалок.

В данной работе мы предлагаем превращать РТИ-отходы в жидкие продукты деструкции, богатые ароматическими углеводородами, которые могут быть использованы в качестве дизельных и печных топлив и топочных мазутов [1, 2]. Самым простым методом переработки РТИ-отходов в жидкие продукты является метод, который включает в себя термическую деструкцию РТИ-отходов на установке периодического действия с перемешивающим устройством при температурах 390-450 °С; разделение полученных жидких продуктов деструкции на фракции, выкипающие до 180 – 190 °С и кубовый остаток, представляющий собой печное топливо и/или топочный мазут; гидрирование соответствующих светлых фракций, полученных при фракционировании, с получением компонентов бензина, реактивного и дизельного топлив.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Корнеев И. С. Переработка отходов полимерных материалов и резинотехнических изделий в компоненты моторных топлив // Диссертация кандидата химических наук : 05.17.04 - Москва, 2011. - 159 с.

2 Каракуц В. Н. Разработка и промышленное освоение технологий новых высококачественных нефтепродуктов // Автореферат диссертации ... доктора технических наук : 05.17.07 - Уфа, 1994. - 34 с.

УДК 539.422.52

Брянский Антон Александрович, аспирант; Bryansky Anton Aleksandrovich

Башков Олег Викторович, доктор технических наук, доцент;

Bashkov Oleg Viktorovich

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент;

Protsenko Aleksandr Evgenievich

Мальшева Дарья Павловна, аспирант; Malysheva Darya Pavlovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В СТЕКЛОПЛАСТИКЕ ПРИ ИСПЫТАНИИ ИЗГИБОМ И РАСТЯЖЕНИЕМ**

#### **INVESTIGATION OF THE DAMAGE ACCUMULATION KINETICS IN POLYMER COMPOSITE MATERIAL DURING BEND AND TENSILE TESTS**

**Аннотация.** В работе представлены результаты исследования повреждений в стеклопластике, изготовленном на основе связующего DION 9300 FR и стеклоткани Т11-ГВС9, образующихся в условиях испытаний образцов статическим изгибом и растяжением. Анализировались информативные

параметры акустической эмиссии (АЭ), регистрируемой при испытании. Анализ результатов основывался на идентификация типов повреждений, формирующихся в полимерном композиционном материале по регистрируемым сигналам АЭ. Выделение типов различных повреждений выполнено с использованием метода кластеризации спектров Фурье зарегистрированных сигналов АЭ. Показана стадийность накопления повреждений до наступления разрушения образцов.

**Abstract.** The paper presents the study results of the damages in FGRP fabricated on the basis of the DION 9300 FR binder and T11-GVS9 glass fabric, formed under the testing of samples by static bending and tension. Types of the damages were partitioned using clustering method with the Fourier spectra of the registered acoustic emission signals. Classes of the damages were identified with values of the peak frequencies.

**Ключевые слова:** ПКМ, стеклопластик, разрушение, акустическая эмиссия, кластеризация

**Keywords:** PCM, FGRP, damage, acoustic emission, clustering.

### **Введение**

Сложная структура ПКМ характеризуется накоплением различных типов повреждений, что требует понимания механизмов их образования. Метод акустической эмиссии (АЭ) позволяет регистрировать образование и развитие повреждений в материале.

Проведение эффективной оценки регистрируемых сигналов АЭ возможно с использованием частотного представления сигналов АЭ [1]. Для идентификации повреждений широкое применение нашли методы кластеризации, такие как самоорганизующаяся карта (SOM) и к-средних [2].

В данной работе применён метод кластеризации сигналов АЭ, полученных при испытании образцов стеклопластика методами статического изгиба и растяжения.

### **Материалы и методы**

Объектом исследования выступили образцы стеклопластика на основе связующего DION 9300 FR и стеклоткани T11-ГВС9. Испытания на статический изгиб и растяжение выполнялись на универсальной машине Instron-3382 в ЦКП «Новые материалы и технологии» КнАГУ.

Процесс нагружения сопровождался регистрацией АЭ. Регистрация АЭ проводилась на программно-аппаратном комплексе AE 2.1 Pro с использованием широкополосного датчика Globaltest GT301 (50 – 550 кГц). Обработка данных АЭ проводилась в среде Matlab по методике, описанной в раней работе авторов [3]. Для этого применялась двухэтапная кластеризация спектров Фурье зарегистрированных сигналов АЭ с использованием карты Кохонена и алгоритма к-средних.

### **Результаты и обсуждение**

В результате кластеризации сигналов АЭ, зарегистрированных в ходе механических испытаний, были получены 16 типовых спектров сигналов АЭ, характеризующих различные типы повреждений. Кластеры С1-С6

–повреждения матрицы различного масштаба; C7-C10 – разрушения, связанные выскальзыванием или разрушением волокон; C11-C16 – смешанное повреждение матрицы с разрушением волокон различного масштаба.

На рисунках 1 и 2 приведены накопления кластеров в ходе испытаний.

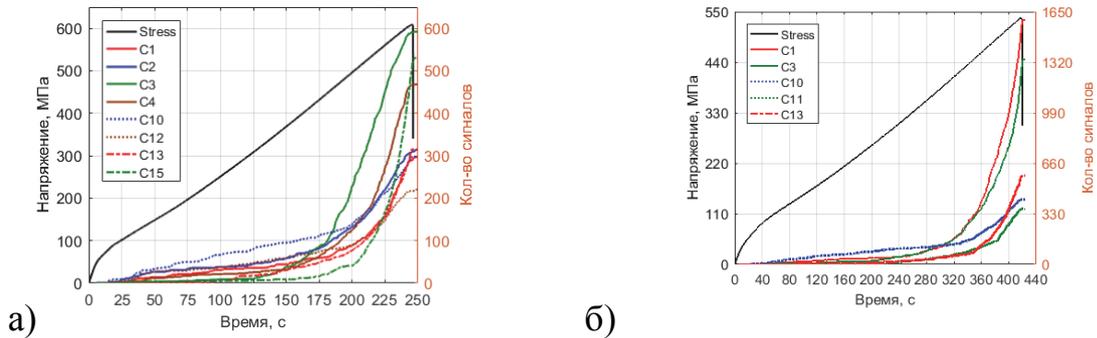


Рисунок 1 - Накопление кластеров при испытании образцов растяжением: а) скорость нагружения 2 mm/min; б) скорость нагружения 1 мм/мин

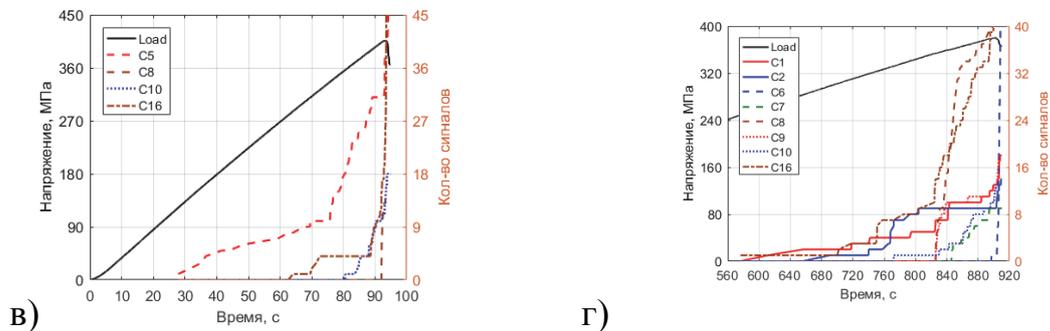


Рисунок 2 - Накопление кластеров при испытании образцов изгибом: а) стандартная скорость; г) скорость ниже стандартной в 10 раз

При испытании на растяжение скорость нагружения не влияет на тенденцию процесса накопления повреждений в материале. Снижение скорости изгибного нагружения приводит к более поздней релаксации внутренних напряжений формирования и остальных этапов разрушения.

В обоих случаях, снижение скорости нагружения приводит к более равномерной релаксации напряжения в объёме деформируемого материала, что обуславливает равномерное образование дефектов и увеличение общего числа актов формирования повреждений. При растяжении отмечается уменьшение масштаба образующихся повреждений матрицы, а при изгибе – увеличение числа актов АЭ, характеризующих нарушение адгезии: внутри и между слоёв. Перераспределение напряжений приводит к снижению максимального напряжения разрушения.

### Выводы

На основании информации, полученной в ходе исследования, можно судить о высокой роли армирующего элемента в ПКМ при оценке прочности конструкций и изделий из них.

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

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Sause M. G. R. Acoustic emission source identification in large scale fibre reinforced composites //Journal of Acoustic Emission. – 2016. – Т. 33. – С. S223-S223.

2 Gutkin R. et al. On acoustic emission for failure investigation in CFRP: Pattern recognition and peak frequency analyses //Mechanical systems and signal processing. – 2011. – Т. 25. – №. 4. – С. 1393-1407.

3 Брянский А. А., Башков О. В., Проценко А. Е. Кластеризация данных акустической эмиссии в исследовании процессов накопления усталостных повреждений в пкм //Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. – 2020. – С. 27-32.

УДК.663.3.017

Гаимназаров Курбан Гульмуратович, соискатель;

Gaimnazarov Kurban Gulmuratovich

Усмонов Шукрулло Негматович, доктор физико-математических наук;

Usmanov Shukrullo Ntgmатович

Гулистанский государственный университет, Узбекистан, г. Гулистан

Физико-технический институт АН РУз, Узбекистан, г. Ташкент.

## ВЫРАЩИВАНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО СЛОЯ ТВЕРДОГО РАСТВОРА $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ ИЗ ОЛОВЯННОГО РАСТВОРА-РАСПЛАВА

### GROWING AN EPITAXIAL LAYER OF SOLID SOLUTION $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$ FROM A TIN SOLUTION-MONELT

**Аннотация.** Методом жидкофазной эпитаксии из оловянного раствора-расплава выращены слои твердых растворов  $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$  молекулярного замещения на GaAs (100) подложках. Показано, что бинарные соединения арсенид галлия и селенид цинка в оловянном растворителе при температурах 600–750°C - ниже температуры плавления соответствующих материалов находятся в основном в виде молекул GaAs и ZnSe.

**Abstract.** Layers of solid solutions  $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$  were grown from a tin melt solution by liquid-phase epitaxy) x molecular substitution on GaAs (100) substrates. It is shown that the binary compounds gallium arsenide and zinc selenide in a tin solvent at temperatures 600-750 0C - below the melting point of the corresponding materials are mainly in the form of GaAs and ZnSe molecules.

**Ключевые слова:** раствор-расплав, подложка, облучения, структура, эпитакция, контакт, выращивание.

**Keywords:** solution, melt, substrate, irradiation, structure, epitaction, contact, growth.

Большие возможности полупроводниковой микроэлектроники реализуются только по мере разработки и освоения выпуска многофункциональных полупроводниковых материалов с разнообразными физическими свойствами. В этом аспекте большие возможности имеют полупроводниковые твердые растворы бинарных соединений III-V и II-VI [1-4]. Кристаллическое совершенство твердых растворов в основном определяется кристаллическими структурами раствор образующих компонентов, а также геометрическими размерами и зарядовыми состояниями молекул этих компонентов. Бинарные соединения GaAs и ZnSe имеют одинаковую кристаллическую структуру (типа цинковой обманки), а постоянная решетки составляют  $a_{\text{GaAs}} = 5.6532 \text{ \AA}$  и  $a_{\text{ZnSe}} = 5.6676 \text{ \AA}$ , соответственно. Сумма валентности ( $z$ ) атомов молекул этих соединений равны –  $z_{\text{Ga}} + z_{\text{As}} = z_{\text{Zn}} + z_{\text{Se}} = 8$ . Все эти факты свидетельствует о том, что GaAs и ZnSe являются перспективными материалами для получения интерфейса ZnSe/GaAs и твердых растворов молекулярного замещения типа  $(\text{ZnSe})_{1-x}(\text{GaAs})_x$  высокого качества.

В данной работе приведены результаты исследования технологических особенностей жидкофазной эпитаксии монокристаллического твердого раствора молекулярного замещения  $(\text{ZnSe})_{1-x}(\text{GaAs})_x$  из Sn раствора-расплава.

Твердые растворы  $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{ZnSe})_x$  выращивались методом жидкофазной эпитаксии по технологии, описанной в работе [5] на монокристаллических GaAs подложках с ориентацией (100), толщиной  $\sim 400$  мкм.

Для приготовления раствора-расплава были изучены растворимости GaAs и ZnSe в Sn в интервале температур 650-750 °С, методом потери веса образцов арсенида галлия и селенида цинка, помещенных в жидкое олово и выдержанных в нем до насыщения раствора.

На рисунке 1 приведены данные по растворимости GaAs и ZnSe в олове в зависимости от температуры. Данные для ZnSe взяты из работы Vikram Kumar [6].

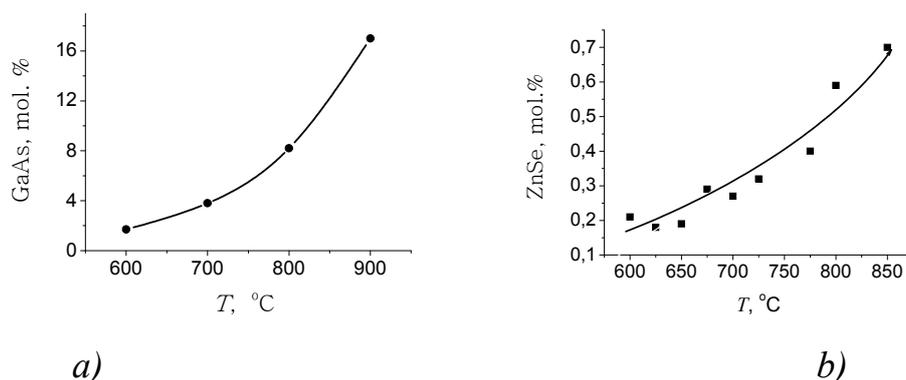


Рисунок 1 - Зависимость растворимости GaAs (a) и ZnSe (b) в Sn от температуры

Мы предполагаем, что растворенные соединения GaAs и ZnSe в жидком олове, при температуре жидкофазной эпитаксии (750–650°C) находятся,

в основном, в виде молекул GaAs и ZnSe. Такое предположение основано на анализе растворимости ZnSe и GaAs в Sn. Распад молекул ZnSe, при растворении в Sn, на отдельные атомы Zn и Se, согласно диаграмме состояний сплавов, равнозначно тому, как одновременное растворение Zn и Se в Sn. Как известно, все эти три вещества Zn, Se и Sn при температурах 750–650°C находятся в расплавленном виде (так, как температуры плавления Zn составляет 419.6°C, Se - 220°C, Sn - 231°C соответственно) и имеют неограниченную растворимость между собой. Следовательно, если молекулы ZnSe разлагаются на отдельные атомы Zn и Se при растворении ZnSe в Sn, то растворимость ZnSe в Sn должен быть неограниченным при 750–650°C. Известно, что растворимость ZnSe в Sn очень ограничена и меняется от 0.2 до 0.4 мол.% при изменении температуры от 650 до 750°C (рис. 2b), это свидетельствует о том, что растворенный ZnSe в оловянном растворе-расплаве находится, в основном, в виде молекул ZnSe.

Кроме того, одним из основных условий жидкофазной эпитаксии является то, что раствор-расплав должен быть пересыщенным. Если молекулы ZnSe в Sn распадаются на отдельные атомы Zn и Se, то при содержании 0,3 мол.% ZnSe в Sn при 720°C, раствор-расплав, согласно диаграмме состояний сплавов, не будет пересыщенным ни цинком и ни селеном, и эпитаксиальный рост ZnSe не должен происходить. То, что в этих условиях эпитаксиальный рост ZnSe наблюдается, свидетельствует о том, что оловянный раствор-расплав пересыщен молекулами ZnSe, и что молекулы ZnSe не распадаются на отдельные атомы Zn и Se.

Такие же выводы можно сделать и для GaAs, растворенного в Sn.

Поэтому мы приходим к заключению что GaAs и ZnSe в жидком олове, в основном, находятся в виде молекул GaAs и ZnSe (рис. 1). Поскольку суммы ковалентных радиусов атомов молекул GaAs ( $r_{Ga} + r_{As} = 2.43 \text{ \AA}$ ) и ZnSe ( $r_{Zn} + r_{Se} = 2.45 \text{ \AA}$ ) близки, а также сумма валентности их атомов равна ( $z_{Ga} + z_{As} = z_{Zn} + z_{Se}$ ), то, следовательно, замещение двухатомных молекул в узлах кристаллической решетке твердого раствора энергетически более выгодно, чем атомарного замещения узла кристаллической решетки атомами Ga, As, Zn или Se в отдельности.

Таким образом, в данной работе показана возможность выращивания эпитаксиального слоя твердого раствора  $(GaAs)_{1-x}(ZnSe)_x$  молекулярного замещения. Необходимым условием для получения такого твердого раствора является существование компонентов твердого раствора в жидком растворе в виде молекул, а не в виде отдельных атомов, а также пересыщенность раствора-расплава молекулами компонентов твердого раствора.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 С. П. Супрун, В. Н. Шерстякова, Е. В. Федосенко. Эпитаксия ZnSe на GaAs при использовании в качестве источника соединения ZnSe. Физика и техника полупроводников, 2009, том 43, вып. 11, С.1570-1575.

2 Ю. Н. Бобренко, С. Ю. Павелец, А. М. Павелец, Н. В. Ярошенко. Фотоэлектрические преобразователи с варизонными слоями на основе ZnSe. Физика и техника полупроводников, 2013, том 47, вып. 10, С.1381-1384.

3 Н. Н. Farrella and Randall A. LaViolette. Cation variations at semiconductor interfaces: ZnSe(001)/GaAs(001) superlattices. Journal of Vacuum Science & Technology B, 2004, Vol. 22. No. 4, pp. 2250-2256.

4 Wang L.G. and Alex Zunger Dilute. Nonisovalent (II-VI)-(III-V) Semiconductor Alloys: Monodoping, Codoping, and Cluster Doping in ZnSe-GaAs. Physical Review B. 2003. Vol. 68, pp. 125211.1-125211.8.

5 Vikram Kumar; International Workshop on the Physics of Semiconductor Devices (December 14-18, 1999, Delhi) 2. pp. 1425. Mumbai: Allied Publ., (2000) Proceedings of SPIE, 3795, 2.

УДК 621.9:519.8

Гарифова Вероника Викторовна, студентка; Garifova Veronika Viktorovna  
Проценко Александра Николаевна, доцент; Protsenko Alexandra Nikolaevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗОМЕРИЗАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ НОРМАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ СРЕД И КАТАЛИЗАТОРОВ**

### **THE STUDY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF ISOMERIZATION OF HYDROCARBONS OF NORMAL STRUCTURE USING NEW MEDIA AND CATALYSTS**

**Аннотация.** Данная работа посвящена синтезу новых координационных соединений кобальта(II) и меди(II) с азотсодержащим органическим соединением транс-2,5-диметилпиперазином (L) состава  $(H_2L)[CuCl_4]$  (1),  $(H_2L)[CoCl_4]$  (2) и  $(H_2L)[CuBr_4]$  (3) и изучению их каталитической активности в процессах изомеризации легких бензиновых фракций.

**Abstract.** This work is devoted to the synthesis of new coordination compounds of cobalt (II) and copper (II) with a nitrogen-containing organic compound trans-2,5-dimethylpiperazine (L) of the composition  $(H_2L)[CuCl_4]$  (1),  $(H_2L)[CoCl_4]$  (2) and  $(H_2L)[CuBr_4]$  (3) and the study of their catalytic activity in the isomerization of light gasoline fractions.

**Ключевые слова:** координационные соединения, каталитическая активность, транс-2,5-диметилпиперазин, ИК-спектроскопия, магнитная восприимчивость.

**Keywords:** coordination compounds, catalytic activity, trans-2,5-dimethylpiperazine IR spectroscopy, magnetic susceptibility.

В нефтеперерабатывающей промышленности используют большое количество раз-нообразных катализаторов, и они занимают важную часть в процессах нефтепереработки. Катализаторы являются интересной темой для изучения, именно поэтому современный катализ нуждается в новых более эффективных, экономически выгодных и экологически приемлемых каталитических системах. Использование новых комплексов на основе меди(II) и кобальта(II) с азотсодержащими органическими соединениями в качестве самостоятельного катализатора или сокатализатора позволит получить высокоэффективные каталитические системы для нефтепереработки [1,2].

Комплексы  $(H_2L)[CuCl_4]$  (1),  $(H_2L)[CoCl_4]$  (2),  $(H_2L)[CuBr_4]$  (3) с транс-2,5-диметилпиперазином (L - транс-2,5-диметилпиперазин, рис.1) были получены из этанольных солянокислых растворов [3].

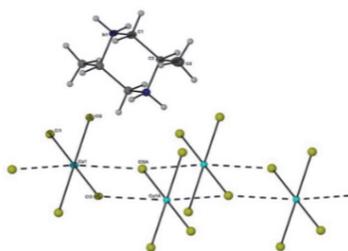
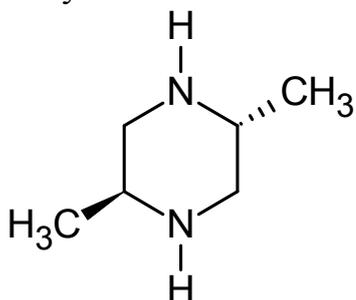


Рисунок 1 - Транс-2,5-диметилпиперазин (L) Рисунок 2 – Структура комплекса 1

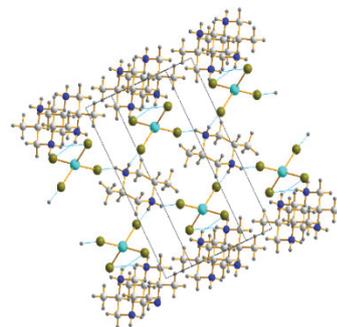
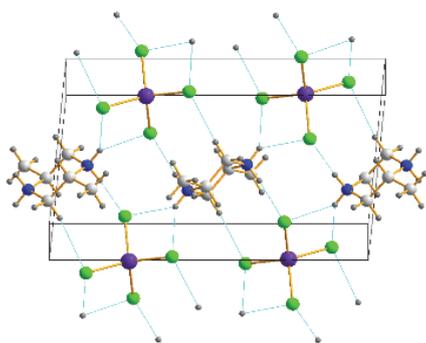


Рисунок 3 – Структура комплекса 2

Рисунок 4 – Структура комплекса 3

Данные РСА комплексов 1-3 показывают, что соединения являются комплексами ионного типа. Анион комплекса 1 представляет собой плоский квадрат, координационный полиэдр иона меди(II) достраивается до октаэдрического за счет ионов хлора соседних анионов  $[CuCl_4]^{2-}$  (рис. 2). В соединениях 2,3 анионы являются искаженными тетраэдрами (рис. 3, 4).

Соединения термически стабильны до температуры 250 °С . По данным дифференциальной сканирующей калориметрии комплексов 1, 2 и 3 при температурах 212,4 °С, 269,0 °С и 247,1 °С соответственно, происходит разложение образцов, о чем свидетельствует потеря массы на кривой ТГ.

Данные ИК-спектроскопии показывают, реакция протонирования в результате синтеза прошла симметрично (для обоих атомов азота в цикле) т.к. в спектрах комплексов не наблюдается дублета в области  $3200\text{ см}^{-1}$ . В

ИК-спектрах комплексов полосы, отнесенные пиперазиновому циклу, смещены в область более низких частот  $\sim 20$  см $^{-1}$  относительно соответствующих полос в спектре основания из-за протонирования атомов азота.

Для изучения активных сред катализаторов проводят лабораторный эксперимент в герметичном реакторе (рис.5). Для этого мы берем 10 мл углеводорода (C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>) и вносим в реактор 2% масс. углеводорода нашего катализатора (около 1,368 г). Реакция в реакторе проходила 1,2 и 5 часов при температурах 100, 150 и 200 °C.

Таблица 1 – Органические соединения и результаты и изомеризации

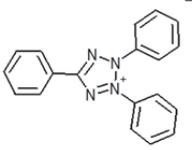
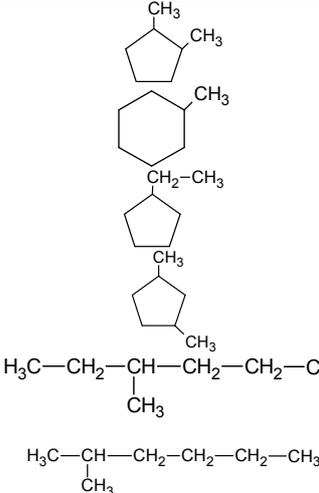
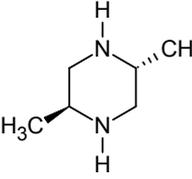
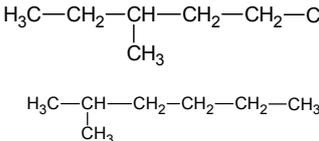
Органическое соединение	Структура	Координационное соединение	Структура полученных веществ
2,3,5-трифенилтетразолий хлористый (L <sup>1</sup> Cl)		(TPhTrz) <sub>2</sub> [CuCl <sub>4</sub> ] (TPhTrz) <sub>2</sub> [CuBr <sub>4</sub> ] (TPhTrz) <sub>2</sub> [CoCl <sub>4</sub> ]	
транс-2,5-диметилпиперазин (L <sup>2</sup> )		(H <sub>2</sub> L <sup>2</sup> )[CuCl <sub>4</sub> ]	



Рисунок 5 – Реактор периодического действия

В нашей работе используются не только изученные координационные соединения, но и комплексы из других органических соединений (таблица 1).

Образуются изомеры гептана (2-метилгексан и 3-метилгексан), а также происходит реакция циклизации с образованием циклов разного строения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Shichong, Y., Xiaoyun, C., Yanwei, W., Yongbing, C. Drug Dising // Development and Therapy. 2014. С. 383-370.

2 Zhang, L., Ling, Y., Li, J., & Gao, H. Supramolecular self-assembly of two Cu(II) complexes with 1,2,4-triazole derivatives: syntheses, crystal structures and magnetic properties // Structural Chemistry. 2008. 19(6). С. 911-916.

3 Shakirova, O., Protsenko, A., Protsenko, A., Kuratieva, N., Fowles, S., & Turnbull, M. M. Syntheses, structures and properties of copper (II) and cobalt (II) complexes with 5 (3)-amino-2-chloro-3 (5)-methylpyridine isomer cations// Inorganica Chimica Acta. 500, 119246.

УДК 539.213.2

Грень Данил Дмитриевич, студент; Gren Danil Dmitrievich

Сафронов Иван Сергеевич, кандидат физико-математических наук;

Safronov Ivan Sergeevich

Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС»

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АМОРФНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ

### COMPOSITE MATERIALS BASED ON AMORPHOUS METAL ALLOYS

**Аннотация.** Работа посвящена созданию методики получения композитных материалов на основе аморфных металлических сплавов, клеев и легкоплавких сплавов. Исследованы механические характеристики полученных композиционных образцов.

**Abstract.** The work is devoted to a method of composite construction. The composite materials are based on amorphous metal alloys, polymers and special low-melting alloys. The mechanical characteristics of samples are investigated.

**Ключевые слова:** аморфные металлические сплавы, композиты, механическая прочность.

**Keywords:** amorphous metal alloys, composite, mechanical strength.

Металлические аморфные ленты обладают хорошими магнитными, электрическими, антикоррозийными и механическими свойствами. В связи с особенностью их производства, трудно при изготовлении достичь толщины более 30-70 мкм.

Композиционные соединения по комплексу характеристик часто превосходят характеристики исходных материалов [1-3]. Представляется перспективным создание методики получения композиционных соединений аморфных лент с клеями и легкоплавкими сплавами.

Цель работы заключается в создании композиционных соединений на основе аморфных металлических сплавов. Методика эксперимента включает в себя подготовку исходных аморфных образцов, изготовление композита и проведение механических испытаний.

Использовали аморфный сплав марки 82К3ХСР, имеющий следующий химический состав: 83,7% Co + 3,7% Fe + 3,2% Cr + 9,4% Si (вес. %). Из ленты вырезали два аморфных образца размерами 0,08x0,02 м, толщиной 30 мкм, которые склеивали между собой.

На первом этапе гладкий и обезжиренный растворителем квадратный лист органического стекла помещался на ровную поверхность и накрывался по всей площади листом фольги, чтобы предотвратить прилипание к нему образца. На втором этапе фольга тоже подвергалась обезжириванию и посередине площадки помещался обезжиренный образец аморфной ленты длиной 0,08 м (в дальнейшем образец №1). По периметру площадки располагались 4 стопки аморфных лент длиной 0,2 м, по 3 штуки в каждой, таким об-

разом, чтобы они формировали квадрат. На образец №1 наносился слой клея и сверху помещался без какого-либо давления такой же образец №1. Вся площадка с образцом накрывалась листом фольги и органического стекла, на которое в дальнейшем устанавливался груз массой 3 кг. Через 48 часов, после засыхания клея получался готовый образец, который в дальнейшем подвергался механическим испытаниям. Аналогично изготавливались образцы, в которых вместо клея использовались легкоплавкие сплавы.

Одна из серьезных проблем связана с тем, что многие композиционные соединения имеют неудовлетворительную прочность в направлении перпендикулярном клеевому шву.

Механические испытания образцов на разрыв проводили на установке INSTRON 3365. Экспериментально определены группы клеев и легкоплавких сплавов, которые обеспечивают оптимальные механические свойства композита.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ушаков И.В., Ошоров А.Д. / Механические испытания наноструктурных металлических пленок, соединенных полимерным материалом // XV Международный семинар структурные основы модифицирования материалов МНТ-XV, Обнинск, Изд – во ИАТЭ НИЯУ МИФИ, 2019 г. с. 111.

2 Ошоров А.Д., Ушаков И.В./ Механические испытания слоистых структур аморфно-нанокристаллические пленки – полимерный композит // VIII Международная конференция «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов», Москва, 2019 г., с. 623.

3 Кулясова О. Б., Исламгалиев Р. К., Валиев Р. З. Об особенностях механических испытаний малых образцов из наноструктурных материалов / Физика металлов и металловедение. 2005. Т. 100. № 3. С. 83 – 90.

УДК 622.692.23.075.4

Григорян Владислав Варданович, студент; Grigoryan Vladislav Vardanovich  
Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;  
Sarilov Mikhail Yurievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛОУ-АВТ-2 НА ОСНОВЕ ЗАМЕНЫ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ**

## **INCREASE IN PERFORMANCE OF ELOU-AVT-2 BASED ON REPLACEMENT OF ELECTRIC DEHYDRATORS**

**Аннотация.** Данная статья посвящена исследованию электродегидраторов для повышения эффективности переработки нефти на установке ЭЛОУ-АВТ-2. В работе представлены способы максимального повышения производительности установки.

**Abstract.** This article is devoted to the study of electric dehydrators to improve the efficiency of oil refining at the ELOU-AVT-2 unit.

The paper presents ways to maximize the productivity of the installation.

**Ключевые слова:** электродегидратор, деэмульгатор, эмульсия, ЭЛОУ-АВТ.

**Key words:** electric dehydrator, demulsifier, emulsion, ELOU-AVT.

Наличие солей в сырой нефти является большой проблемой, из-за которой возрастает коррозия и происходит большое число поломок оборудования. На некоторых промыслах используют электродегидраторы в купе с отстойниками. Такой подход позволяет на начальном этапе переработки нефти устранить проблему водонефтяной эмульсии, при помощи особенностей электродегидратора, а в частности, переменного электрического поля с высоким напряжением. [1]

В современных реалиях электродегидратор считается незаменимым и главным аппаратом, позволяющим решить такие проблемы нефтепереработки, как обезвоживание, обессоливание и разрушение водонефтяной эмульсии. [2]

Преимущественно, на современных производствах применяются горизонтальные электродегидраторы, позволяющие получать нефть с содержанием воды до сотых долей процента, что не способен сделать отстойник. [3]

Максимально продуктивным и эффективным способом увеличения производительности установки ЭЛОУ-АВТ-2 будет замена электродегидраторов, так как, в большей степени, именно от них зависит глубина очистки сырой нефти от солей и эмульсий. [4]

Наиболее распространённым типом электродегидраторов на производстве является горизонтальный электродегидратор – 2ЭГ-160.

Для того, чтобы понять на какой тип электродегидратора мы будем менять 2ЭГ-160 нам нужно для начала разобраться с конструктивными особенностями данных аппаратов. Для этого сравним 3 конструктивных типа электродегидраторов.

Геометрические размеры и основные показатели	Тип ЭДГ		
	Вертикальный	Шаровой	Горизонтальный
Объем V, м <sup>3</sup>	30	300-600	160-200
Диаметр D, м	3	10,5	3,4
Длина L или высота H, м	4,3	-	17,6
Площадь горизонтального сечения S, м <sup>2</sup>	7	86	60
Удельная площадь горизонтального сечения S/V м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>	0,23	0,13	0,4
Линейная скорость движения нефти V/S, м/с	4,3	7	2,7
Удельная производительность (м <sup>3</sup> /ч)	15-30	300-600	240-480
Расчетное давление, МПа	0,4...0,6	0,6...0,7	1 или 1,8
Расчетная температура, °С	90	100	160
Масса с электродами, т	-	100	37

Исходя из сравнительной характеристики можно сделать вывод о том, что шаровые и горизонтальные электродегидраторы являются самыми оптимальными вариантами на производстве.

Преимуществом горизонтальных электродегидраторов можно назвать большой путь движения нефти и продолжительность её нахождения

ния в аппарате, в следствие того, что ввод сырья находится значительно ниже, чем в других конструкциях электродегидраторов. [5]

Ввиду выше сказанного, а также высокой пожароопасности шаровых электродегидраторов я предлагаю остановиться на горизонтальном исполнении электродегидратора, заменив 2ЭГ-160, использующиеся на ЭЛОУ-АВТ-2 на более производительные и вместимые ЭГ-200. Большой объём ЭГ-200 позволит использовать конденсат, приходящий с Е2, что позволит уменьшить содержание солей в нефти.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Левченко Д.Н. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения / Левченко Д.Н. и др. М.: «Химия», 1967. - 200 с.

2 Вержичинская С.В. Химия и технология нефти и газа / Вержичинская С.В., Дигуров Н.Г., Синицин С.А. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. - 400 с: ил.

3 Левченко Д.Н. Технология обессоливания нефтей на нефтеперерабатывающих предприятиях / Левченко Д.Н., Бергштейн Н.В., Николаева Н.М. М.: Химия, 1985. - 168 с.

4 Ахметов А. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа / Ахметов А. СПб.: Недра, 2006. — 868 с

5 А.В. Колесников Эффективная эксплуатация электродегидратора в современных условиях / А.В. Колесников, Б.М. Прохоров.

УДК 621.791

Демидов Константин Денисович, студент; Demidov Konstantin Denisovich  
Муравьев Василий Илларионович, доктор технических наук, профессор;  
Muravyev Vasily Illarionovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО НЕРАЗЪЁМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СБОРКЕ ТИТАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ СВАРКОЙ ПЛАВЛЕНИЕМ**

#### **INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF MACHINING MODES ON THE QUALITY OF PERMANENT JOINTS IN THE ASSEMBLY OF TITANIUM STRUCTURES BY WELDING BY MELTING**

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию влияния механической обработки на изменение структуры, химических свойства и свойств приповерхностного слоя торцевой поверхности под сварку плавлением и

качество неразъёмных соединений при сварке титановых конструкций на примере сплава ОТ4-1.

**Abstract.** This work is devoted to the study of the influence of mechanical processing on the change in the structure, chemical properties and properties of the near-surface layer of the end surface for melting welding and the quality of all-in-one joints during welding of titanium structures on the example of the OT4-1 alloy.

**Ключевые слова:** титановые сплавы, механическая обработка, неразъёмные соединения, контроль качества, сварка, капиллярно-конденсированная влага.

**Keywords:** titanium alloys, mechanical processing, all-in-one joints, quality control, welding, capillary-condensed moisture.

Высокая востребованность и перспективность использования титана и титановых сплавов в авиа- и судостроении основана на их уникальных свойствах и возможности сборки конструкций сваркой плавлением. Существенным недостатком при этом является образование пористости в металле шва.

Достигнутые успехи в решении проблемы исключения порообразования в металле шва при сварке титановых сплавов связаны: с недостаточной проплавающей способностью, высокой трудоёмкостью (сварка ЭЛС); снижением механических свойств (сварка пол флюсом).

Существующие методы механической обработки торцевой поверхности стыкуемых кромок под сварку приводят к нарушению поверхности из-за образования микро- и субмикроскопических дефектов, заполненных капиллярно-конденсированной влагой, которые, из-за неэффективности контроля качества торцевой поверхности, по параметрам шероховатости, способствуют порообразованию в металле шва.

Заслуживают внимания процессы образования торцевой поверхности заготовок методом высокоскоростной механической обработки.

Цель настоящего исследования выявить влияния механической обработки на изменение структуру, химические свойства и свойств приповерхностного слоя торцевой поверхности под сварку плавлением и качество неразъёмных соединений при сварке титановых конструкций на примере сплава ОТ4-1.

Для исследований использовали лист толщиной 12 мм из сплава ОТ4-1. Механическую обработку фрезерованием производили на механообрабатывающем комплексе DMU 50 exoline (Германия), как боковой, так и торцевой поверхностью концевой фрезы MT190VB-016Z16R04-32-L100-T (СКИФ–М, Россия). Использовалась охлаждающая жидкость Blasocut 2000 Universal (Blaser, Швейцария).

При этом фрезерование производили по проходам с частотой вращения шпинделя, об/мин / скорость резанья, м/ мин: 1 – 500/25; 2 – 1000/50; 3 – 1500/75; 4 – 2000/100; 5 – 2500/125; 6 – 3000/150.

Качество фрезерованной поверхности оценивали замерами шероховатости, насыщенностью капиллярно-конденсированной влагой, по содер-

жанию водорода, изменению микроструктуры, микротвёрдости, распределения основных легирующих элементов (Al, Mn, Ti) микрорентгеноспектральным механизмом качества неразъёмных соединений оценивали по уровню дефектности после сварки по традиционным режимам.

Шероховатость поверхности уменьшается линейно при торцевом фрезеровании и стабилизируется на 4-6 режимах и в 2 раза меньше по сравнению с боковым фрезерованием. При этом параметры шероховатости не выходят за пределы допуска по ГОСТ 2789-73.

Накопление капиллярно-конденсированной влаги наблюдается при торцевом фрезеровании по режимам 2-6, при боковом по режимам 4-5.

При этом, независимо от шероховатости, наблюдается минимальный параметр насыщенности капиллярно-конденсированной влаги для торцевого фрезерования по 1 режиму, а для бокового по 3 и 6 режимам; обезводо-раживания поверхности по сравнению с содержанием водорода в основном металле (рисунок 1).

Упругопластическая деформация поверхностного и приповерхностного слоя металла, особенно при высокоскоростном фрезеровании, приводит к мгновенному тепловому разогреву и существенному увеличению диффузионных процессов, что чётко прослеживается по распределению основных легирующих элементов (Al, Mn, Ti), а также по распределению микротвёрдости.

Результатами сравнительных исследований влияния различных видов механической обработки в условиях серийного производства (на образцах спутниках) установлено, что высокоскоростное фрезерование торцевых кромок под сварку образцов из сплавов OT4-1 и BT20 по режимам 1 и 3 приводит к нулевому уровню дефектности ( $q_1=0$ ) металла шва неразъёмного соединения, по режиму 5  $q_5=0,018 - 0,037$  %, а рубка на гильотинных ножницах –  $q_n=13\%$  сварка ЭЛС сплав OT4-1 и  $q=25$  % сварка ААрДЭС сплав BT20.

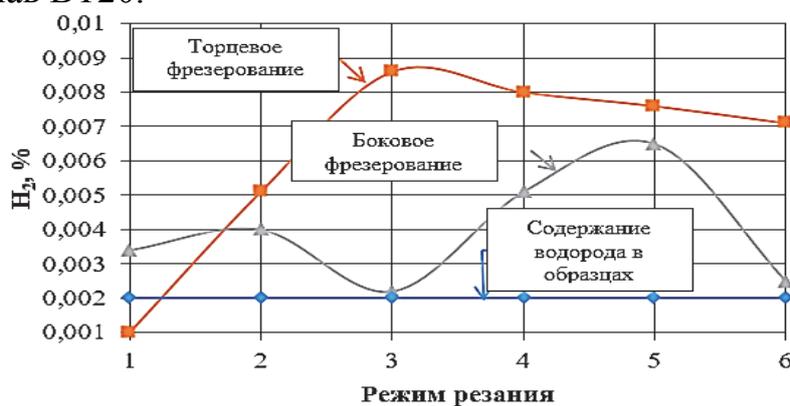


Рисунок 1 – Влияние режимов резания на содержание водорода (насыщенность капиллярно-конденсированной влагой) фрезерованной поверхности образцов из сплава OT4-1

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Григорьев В.В., Муравьев В.И., Бахматов П.В. Изменение структуры и микротвердости неразъемных соединений силовых титановых конструкций из сплава ВТ23, выполненных электронно-лучевой сваркой. Известия высших учебных заведений. Машиностроение, 2019, № 1, с. 20–28.

2 Муравьев В. И. Обеспечение надежности конструкций из титановых сплавов : Учебное издание / В.И. Муравьев. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2008. – 662 с.

УДК 621.791

Добривский Дмитрий Александрович, бакалавр;

Dobrivsky Dmitry Alexandrovich

Соболев Борис Михайлович, кандидат технических наук, профессор;

Sobolev Boris Mikhailovich

Старцев Егор Андреевич, аспирант; Startsev Egor Andreevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СВАРОЧНОГО ФЛЮСА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПУТЕМ ИНДУКЦИОННОГО ПЕРЕПЛАВА

## CREATION OF AN EXPERIMENTAL WELDING FLUX BASED ON TECHNOGENIC AND MINERALOGICAL WASTE BY INDUCTION REMELTING

**Аннотация.** Данная работа посвящена созданию сварочно-наплавочного экспериментального флюса путем переработки техногенных и минералогических отходов с применением индукционного переплава.

**Abstract.** This work is devoted to the creation of an experimental welding and surfacing flux by processing technogenic and mineralogical waste using induction remelting.

**Ключевые слова:** сварочный флюс, экспериментальный флюс, техногенные отходы, минералогические отходы.

**Keywords:** welding flux, experimental flux, technogenic waste, mineralogical waste.

Введение.

В условиях современного производства сварочно-наплавочных материалов появляется необходимость в получении таких материалов, которые бы удовлетворяли требуемым свойствам. В настоящее время для создания электродов, порошковых проволок, флюсов и других материалов используют дорогостоящее сырье в виде оксидов различных материалов [1-2].

Основным процессом для создания сварочных флюсов является переплав используемой шихты. Данный процесс позволит снизить общее содержание железа будущего флюса и сбалансировать химический состав.

Материалы используемые в качестве шихты это металлургический шлак с местного металлургического предприятия, а так же минералогические отходы с местного горно-обогатительного комбината. Химический состав металлургического шлака приведен в таблице 1.

Переплав шихты осуществлялся в индукционной плавильной установке ИТП 4-10. Данная установка предназначена для индукционной плавки металлов и сплавов в набивном или графитовом тигле, а также для плавки диэлектриков в тиглях из электропроводящих материалов. Режимы плавки шихты представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав шлака

CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe/FeO	MnO
15,4-21,03	2,33-3,81	8,7-14,94	4,87	38,24-46,05	5,56-5,98

Таблица 2 – Режимы плавки

Время плавки, ч	2
Напряжение на выпрямителе, В	515
Ток на выпрямителе, А	30
Напряжение на инверторе, В	2

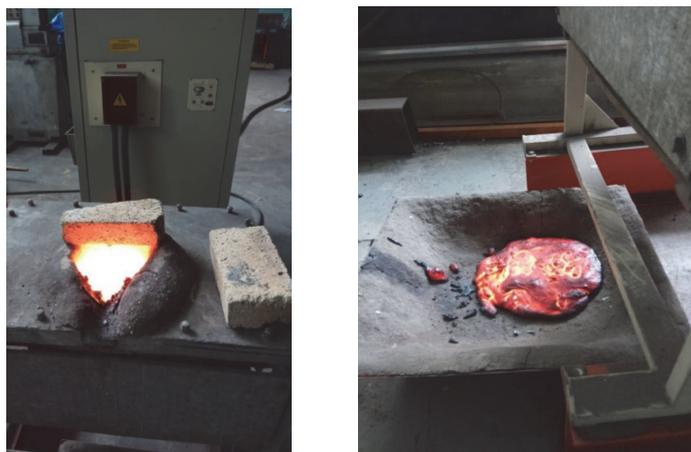


Рисунок 1 – Плавка шихты

После переплава (Рисунок 1), полученная смесь была слита в изложницу и оставлена остывать на открытом воздухе в течение 12 часов. После остывания смесь была раздроблена и смешана с жидким стеклом в соотношении 80% шлак и 20% жидкое стекло.

Полученный состав прокален в электропечи СНОЛ 40/12 при температуре 450°С в течении 3 часов.

В дальнейшем полученный флюс (Рисунок 2) будет экспериментально опробован в качестве защиты сварного соединения в автоматической дуговой сварке. Химический состав флюса представлен в таблице 3.



Рисунок 2 – Полученный экспериментальный флюс

Таблица 3 – Химический состав экспериментального флюса

В процентах						
C	S	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe/FeO
0,308	0,048	41,7	15,7	4,11	9,29	23,87

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Макиенко В.М. Совершенствование процессов создания шлаковых систем и получение сварочных материалов с использованием минерального сырья Дальневосточного региона. Дис. На соиск. Учен. Степ. Доктора техн. Наук [Текст] / В.М. Макиенко – Барнаул. 2011.

2 Атеняев А.В. Разработка шлаковой основы легирующих флюсов с использованием минерального сырья Дальневосточного региона. Дис. На соиск. Учен. Степ. Кандидата техн. Наук [Текст] / А.В. Атеняев – Комсомольск-на-Амуре. 2021.

УДК 66.013

Духовников Кирилл Петрович, студент; Dukhovnikov Kirill Petrovich

Бей Дмитрий Васильевич, студент; Bey Dmitry Vasilyevich

Шакирова Ольга Григорьевна, доктор химических наук;

Shakirova Olga Grigoryevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### ПРОИЗВОДСТВО УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА ИЗ НЕФТЯНОГО ПЕКА

### PRODUCTION OF CARBON FIBER FROM PETROLEUM PITCH

**Аннотация.** Данная работа посвящена рассмотрению и доведению до максимальной выгоды использование отходов нефтяного производства, а именно нефтяного пека в годный и нужный материал – углеродные волокна и ткани.

**Abstract.** This work is devoted to the consideration and bringing to the maximum benefit the use of waste oil production, namely oil pitch in a suitable and necessary material-carbon fabrics and fibers.

**Ключевые слова:** углеродные волокна, пек, коксы, пиролиз.

**Keywords:** carbon fiber, pitch, coke, pyrolysis.

В настоящее время очень востребованным материалом являются углеродные волокна. Углеродные шнуры используют в качестве проводников электрического тока, для армирования композиционных, теплозащитных, химически стойких в качестве наполнителей в различных видах углепластиков, в изготовлении рыболовных удочек и т.д.

Предприятия, занимающиеся переработкой нефти, производят большое количество отходов, но нас интересует лишь нефтяной пек – остаток от перегонки нефтяной смолы (после пиролиза).

Получить УВ непосредственно из пеков очень сложно, поскольку при высокой температуре в пеке начинают образовываться твердые углеродные частицы (коксы). Эти частицы осаждаются на катализаторах и засоряют их. Поэтому, начиная с некоторого уровня температур, дальнейшая переработка пеков становится невыгодной. Однако способность пеков плавиться и специфическая структура расплава пеков позволяют реализовать наиболее эффективный и экологически чистый метод формования УВ — из расплава, не связанный с необходимостью применения растворителей, осадительных и отделочных ванн.

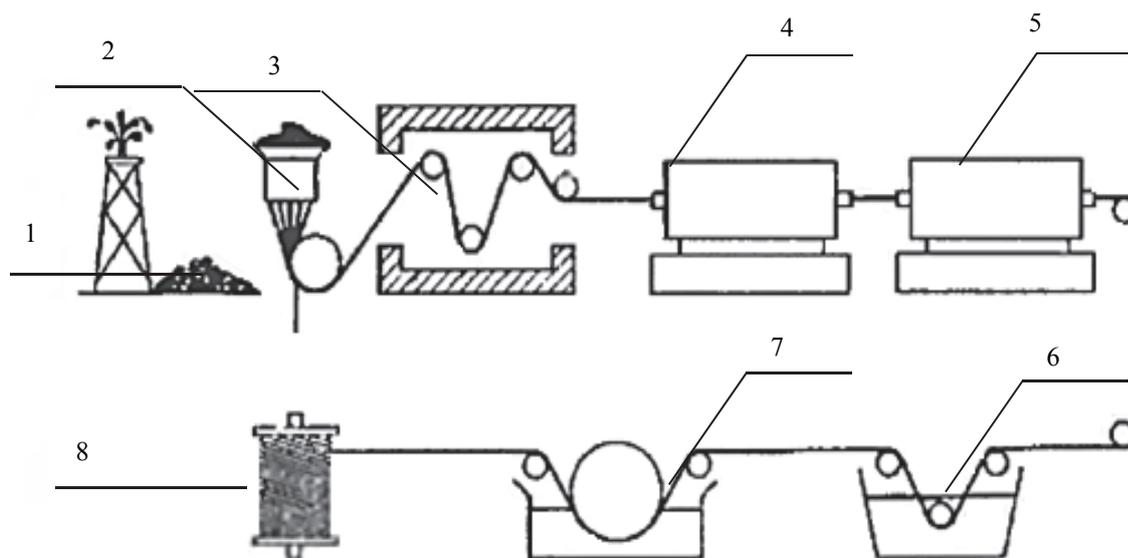
Углеродные волокна получают из пеков в две стадии:

- 1) получение волокнообразующих пеков;
- 2) формование самих волокон.

Обычно волокна из пеков формуются через расплав. Вследствие хорошей прядимости и незначительной вязкости скорости формования волокон могут достигать 800 - 900 м/мин. Температура при формовании будет зависеть от содержания углерода в пеке и может достигать до 300-330 °С. Для уменьшения температуры формования, улучшения прядимости и других технологических целей в пек перед формованием могут быть добавлены пластификаторы, волокнообразующие полимеры и отверждающие агенты.

Предложенный нами процесс в проектируемом цехе будет проходить по схеме, представленной на рисунке 1: загружаем нефтяные пеки(1) в бункер прядильного станка(2), далее углеродная нить попадает в термостабилизационную камеру(3) для того, чтобы придать ей устойчивую форму и размер, достигается это путём обдува её горячим воздухом. Затем углеродная нить проходит через камеру карбонизации(4) и графитизации(5). В 1-ой камере происходит нагрев от 800 до 1500 градусов Цельсия в среде азота или аргона, это позволяет выстроить структуры напоминающие молекулы графита. Во 2-ой происходит обратный процесс, в той же самой среде при

температуре 1300 - 3000 градусов Цельсия происходит насыщение нити углеродом избавляя волокно от азота. Процедуру проводят несколько раз для повышения прочности углеродной нити. На последнем этапе производят нанесение аппрета. Он предназначен для того, чтобы улучшить эксплуатационные свойства углеродного волокна. Аппрету защищают его от разрушения при трении между собой, во время переработки волокна при соприкосновении с поверхностью оборудования, от действия влаги. В конце углеродная нить наматывается на шпульку(8) и ставится на ткацкий станок, где из неё производят углеткань.



- 1 – нефтяной пек; 2 – бункер прядильного станка;  
 3 – термостабилизационная камера; 4 – камера карбонизации;  
 5 – камера графитизации; 6 – Отсек для поверхностной обработки;  
 7 – отсек для шлихтования эпоксидным раствором; 8 – шпуля

Рисунок 1 – Технологическая линия

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Конкин А. А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы // Химия - Москва, 1974. - 376 с.

2 Корзун Н. В., Магарил Р. З. Термические процессы переработки нефти. Учебное пособие // КДУ - Москва, 2008. - 864 с.

3 Нефтяной пек как альтернатива каменноугольному пеку-Научно-практическая конференция посвященная 80-летию ИрГТУ и химикометаллургическому факультету // Издательство ИрГТУ, Иркутск, 2010. – 346 с.

УДК 66.071

Дьяченко Владислав Алексеевич, студент; Dyachenko Vladislav Alekseevich  
Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;  
Sarilov Mihail Yurievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **УВЕЛИЧЕНИЕ МЕЖРЕМОНТОГО ПРОБЕГА ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ**

### **INCREASING THE INTERMEDIATE RUN OF PISTON COMPRESSORS OF THE HYDRAULIC CLEANING UNIT**

**Аннотация.** Данная статья посвящена исследованию методов бесперебойной работы поршневых компрессоров гидроочистки дизельного топлива на нефтеперерабатывающих заводах. В работе представлены описание устройства компрессора, технологическая схема установки гидроочистки и роль в ней поршневого компрессора, метод который позволит увеличить межремонтный пробег динамического оборудования.

**Abstract.** This article is devoted to the study of methods for the uninterrupted operation of piston compressors for hydrotreating diesel fuel at oil refineries. The paper presents a description of the compressor device, the technological scheme of the hydrotreating unit and the role of the reciprocating compressor in it, a method that will increase the overhaul life of dynamic equipment.

**Ключевые слова:** компрессор, гидроочистка, сепаратор, 1 и 2 ступень нагнетания, коалесцер, межремонтный пробег.

**Keywords:** compressor, hydrotreating, separator, 1 and 2 injection stages, coalescer, turnaround time.

На некоторых вторичных установках переработки нефтяных дистиллятов используются поршневые компрессоры. Объемный компрессор сжимает рабочую среду в рабочих камерах, при этом также происходит изменение давления. Давление меняется за счет периодического изменения объема камер при работе компрессора, при уменьшении объема давление повышается.

На примере установки гидроочистки дизельного топлива, поршневые компрессоры предназначены для сжатия водородосодержащего газа и газа регенерации, что позволяет создать высокое давление в реакторном контуре. Компрессорный агрегат включает в себя: приводной электродвигатель, компрессор, систему смазки механизма движения, систему охлаждения, газопровод с арматурой, автоматизированная система контроля, управления и защиты (АСКУЗ).

Согласно технологической схеме установки гидроочистки дизельного топлива, подпиточный водородсодержащий газ с установки каталитического риформинга с давлением не более 1,05 МПа поступает в сепаратор

для отделения газа от влаги. После сепаратора, водородсодержащий газ подается на прием 1 ступени дожимных компрессоров. Сжатый до давления не более 3,25 МПа, ВСГ с нагнетания первой ступени компрессоров охлаждается в водяном холодильнике и далее направляется на блок концентрации водорода, предварительно отделившись от влаги. Очищенный водород (содержание 99,9% об.) поступает с блока концентрации водорода на прием второй ступени поршневых компрессоров, после отделения от влаги. Сжатый до давления 7,35 МПа водород с нагнетания второй ступени поршневых компрессоров направляется на прием циркуляционного компрессора для непосредственного смешения с газосырьевой смесью (компонент дизельного топлива), предварительно подогреваясь в теплообменнике до температуры не более 140 °С.

Изучив устройство поршневого компрессора, технологическую схему подачи водородсодержащего газа для процесса гидроочистки, нами были рассмотрены одна из модернизаций динамического оборудования, которая могла бы увеличить межремонтный пробег поршневых компрессоров.

Замена сепаратора на коалесцер могла бы существенно уменьшить вероятность поломки поршневых компрессоров, в связи с более эффективным отделением газа от влаги, что практически полностью исключит попадание конденсата на прием 1 ступени.

Принцип действия коалесцера заключается в том, что газ течет через очень тонкий тампон из связанных волокнистых материалов с оберткой на внешней поверхности, чтобы содействовать дренажу жидкости. Картридж коалесцера может ловить капельки до 0.1 мкм. Дренаж коалесцирующих (соединяющихся) капелек из волокнистого тампона допускает скорости газа намного большие, чем в случае прокладок каплеуловителя и лопастных сепараторов без улавливания жидкости или с увеличением перепада давления в агрегате.

Таким образом, мною была предложена эффективная модернизация по увеличению межремонтного пробега поршневых компрессоров установки гидроочистки дизельного топлива, связанная с заменой сепаратора на коалесцер. Преимущества модернизации заключается в снижении экономических и финансовых затрат на проведение ремонтов и технического обслуживания, уменьшение простоя установки в связи с поломкой, что позволит выполнять план НПЗ по переработке вторичных дистиллятов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

2 Технологическая инструкция ООО «РН-КОМСОМОЛЬСКИЙ НПЗ» по эксплуатации поршневого компрессора ГК-1-202 технологической установки гидроочистки дизельного топлива 3 – Введ. 2016-06-06. – Комсомольск-на-Амуре, 2016 – 67 с.

УДК 539.42

Евсейчик Ольга Александровна, студент; Evseichik Olga Aleksandrovna

Башков Олег Викторович, доктор технических наук, доцент;

Bashkov Oleg Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ГИГАЦИКЛОВАЯ УСТАЛОСТЬ КАК ПРИЧИНА ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ АВИАЦИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ**

### **GIGACYCLE FATIGUE AS A CAUSE OF PREMATURE LEAVING OF RESPONSIBLE AIRCRAFT PARTS**

**Аннотация.** В настоящее время появилась необходимость выполнять испытания на базе  $10^8$ - $10^{10}$  циклов в связи с преждевременным усталостным разрушением. Данная работа посвящена исследованию одной из главных причин преждевременного выхода из строя ответственных авиационных деталей.

**Abstract.** Currently, it is necessary to carry out tests on the bases of  $10^8$ - $10^{10}$  cycles, due to the premature fatigue failure. This work is devoted to the investigation of one of the main reasons for the premature failure of critical aviation parts.

**Ключевые слова:** гигацикловая усталость, крыло, трещины, деталь.

**Keywords:** gigacycle fatigue, wing, cracks, detail.

Одной из основных неисправностей летательного аппарата являются трещины и деформации, образованные в процессе многократно повторяющихся переменных нагрузок в процессе эксплуатации. Самолет в полёте испытывает динамические нагрузки носящие ударный и вибрационный характеры, обусловленными при посадке, внезапном порыве воздуха, создаваемые двигателем, турбулентности атмосферы, хотя напряжения часто низки, концентрация напряжений приводит к усталостному разрушению.

Одной из ответственных деталей самолета, испытывающих переменные нагрузки, является крыло самолета. Крыло самолета является одной из высоконагруженных частей самолета, обеспечивающее почти всю его подъемную силу, а так же поперечную и продольную устойчивость и управляемость самолета. Иногда к крылу крепятся стойки шасси и двигатели. Внутренний объем крыла используется под топливо. Конструкция крыла самолёта представлена на рисунке 1.

Обычно усталостные трещины крыла возникают в обшивке, залонжеронной части и элементах внутреннего силового набора и очень часто в нервюрах. Наиболее опасные усталостные трещины образуются на верхних и нижних силовых панелях крыла.

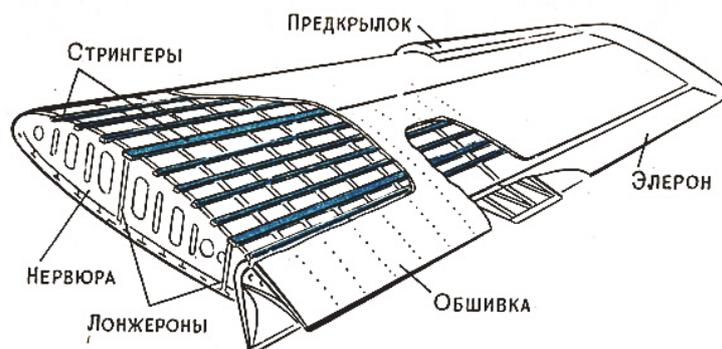


Рисунок 1 – Конструкция крыла

Несмотря на то, что изучение явления усталости началось очень давно, статистика неисправностей показывает, что более 70 % неисправностей связано именно с ним. Хотя вроде бы уже наиболее полно теоретически и экспериментально исследованы такие виды усталости как, малоцикловая ( $< 10^4$ ) и многоцикловая ( $10^4-10^7$ ), появляется новое явление – гигацикловая усталость.

Гигацикловая усталость – это усталость, при которой амплитуда нагружения находятся ниже предела малоцикловой усталости, и материал разрушается после  $10^8-10^{10}$  циклов. Особенность такого разрушения в отсутствии признаков деформации. Трещины при такой амплитуде нагружения часто образуются внутри материала, что является наиболее опасным. Основной период роста трещина развивается внутри материала, не выходя на поверхность. После выхода на поверхность рост трещины приводит почти сразу же к разрушению материала. Процесс слежения за ростом трещины в условиях гигацикловой усталости является проблематичным либо в связи с высокой длительностью испытаний, либо в связи с высокой частотой нагружения, задаваемого, например, ультразвуковыми установками.

Так как данные по исследованию гигацикловой усталости ещё довольно отрывочные, необходимо дальнейшее изучение этого явления.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Корнеев, В. М. Конструкция и эксплуатация воздушных судов для пилотов и борт-инженеров: конспект лекций / В. М. Корнеев. – Ульяновск: УВАУ ГА, 2006. – 152 с.

2 Нвачукву, О. П. Механизм зарождения трещины конструкционных материалов в режиме гигацикловой усталости / О. П. Нвачукву, А. В. Гридасов, Е. А. Гридасова, А. Е. Сухорада // Вестник Инженерной школы ДВФУ. Серия: Механика деформируемого твердого тела. – 2018. – №2. – С. 21-27.

УДК 621.9:519.8

Егорычева Юлия Александровна, студент; Egoruycheva Yuliia Alexsandrovna  
Бурдакова Екатерина Сергеевна, кандидат технических наук, доцент;  
Burdakova Ekaterina Sergeevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ СМЕСИ Н-ПЕНТАН-Н-ГЕКСАН В СРЕДЕ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ**

## **TESTING THE ISOMERIZATION OF A MIXTURE OF N-PENTANE–N-EXANE IN THE MEDIUM OF IONIC LIQUIDS FOR THE PURPOSE OF OBTWAINING HIGH-OCTANE MOTOR FUELS**

**Аннотация.** Данная работа посвящена синтезу и изучению каталитических свойств ионной жидкости «триэтиламингидрохлорид – хлорид алюминия» в присутствии различных активирующих добавок (сокатализаторов).

В работе представлена таблица с синтезированными каталитическими системами. Изучены каталитические свойства синтезированных каталитических систем на основе ионной жидкости ТЭАГХГА в присутствии 2,3,5 – трифенилтетразолия хлорида и его комплекса, а также изучены каталитические свойства ионной жидкости ТЭАГХГА с добавлением неорганических солей. Были сделаны выводы и указаны каталитические системы, показавшие наилучшие каталитические свойства, а также выбрана оптимальная температура для проведения процесса изомеризации.

**Abstract.** This work is devoted to the synthesis and study of the catalytic properties of the ionic liquid “triethylamine hydrochloride aluminum chloride” in the presence of various activating additives (cocatalysts).

The work presents a table with the synthesized catalic systems. The catalytic properties of the synthesized catalytic systems based on the ТТАНАС liquid in the presence of 2,3,5 -threphenyltetrazolium chloride and its complex were studied. The catalytic properties of the inorganic ТТАНАС liquid are studied.

It was concluded that catalytic properties and also selected the optium tempreature for carrying out the isomerization process.

**Ключевые слова:** ионная жидкость, изомеризация, моторное топливо, катализатор.

**Keywords:** ionic liquid, isomerization, motor fuel, catalyst.

В современной нефтеперерабатывающей промышленности процессы с использованием катализатора занимают большую часть объёма производства. Одним их таких процессов является изомеризация. При катализаторах изомеризации, представленных на рынке промышленности, процесс протекает при высоких температурах. Высокие температуры неблагопри-

ятно сказываются на параметрах процесса изомеризации. Снизить температуру могут ионные жидкости. Для улучшения процесса возможно добавление к ИЖ различных добавок в качестве активаторов.

В таблице 1 представлены синтезированные каталитические системы на основе ионной жидкости ТЭАГХА с добавлением различных солей

Название системы	Состав		
С-0	$C_6H_{16}ClN$	$AlCl_3$	-
WCT	$C_6H_{16}ClN$	$AlCl_3$	Комплекс меди с $C_{19}H_{15}ClN_4$
ТС	$C_6H_{16}ClN$	$AlCl_3$	$C_{19}H_{15}ClN_4$

Исследование проводилось в диапазоне температур от 40 до 100 °С.

*Исследование каталитических систем, содержащих органические соли*

Максимальное значение конверсии н-пентана при температуре 60 °С принадлежит образцу, содержащий комплекс меди в своём составе (в сравнении с образцом С-0). Конверсия н-гексана выглядит следующим образом. В присутствии образца ТС конверсия имеет максимальное значение при температуре 60 °С. При температуре 60 °С показатель практические одинаковый для всех трёх каталитических систем.

При температуре 60 °С конверсия н-пентана и н-гексана для образца не содержащего иона металла выше в сравнении с образцом С-0. Максимальное значение селективности по изобутанам принадлежит образцу С-0 в интервале температур от 40 до 80 °С, в этом диапазоне значение образца практически не изменяется. В присутствии в каталитической системе образцов WCT и ТС селективность снижается при температуре 40 °С в обоих случаях. С повышением температуры показатель растёт, также в обоих случаях.

В области температур 60-80 °С селективность по изопентанам для всех образцов практически одинакова. Максимальное значение селективности достигается при 40 °С у образца с ионной жидкостью без добавления сокатализатора (С-0), а минимальное у образца содержащий комплекс меди (WCT). Наиболее эффективной температурой, при которой селективность по изогексанам достигает максимальное значение - 40 °С. Максимальное значение при этой температуре принадлежит образцу, содержащий в своём составе комплекс меди (WCT). Ионная жидкость не содержащая добавок (С-0) – минимальное значение, с повышением температуры показатель практически не изменяется. В присутствии сокатализатора с повышением температуры селективность падает.

У образца ТС при температуре 60 °С наблюдается максимальный суммарный выход изокомпонентов. С повышением температуры выход компонентов падает для образцов, содержащие органические соли (WCT, ТС).

*Исследование каталитических систем в присутствии неорганических солей*

Был проведен ряд исследований в присутствии следующих неорганических солей:  $\text{CoSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$  и  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ . Диапазон температур не изменяли.

При конверсии н-пентана при температуре 60 °С максимальное значение принадлежит образцу содержащий сульфат меди (SCU), с повышением температуры показатель падает. Как и в случае конверсии н-пентана, максимальное значение принадлежит образцу, содержащий добавку сульфат меди (образец SCU) и также с повышением температуры показатель падает.

Анализируя полученные данные по селективности каталитических систем, можно сделать следующие выводы:

- Селективность по изобутану для образца, не содержащего добавок, изменяется, но не значительно в интервале температур 40-100 °С. Этому образцу принадлежит максимальное значение при температуре 60 °С.

- Селективность по изопентану для всех каталитических систем изменяется незначительно .

- При температуре 60 °С максимальной селективностью по изогексанам принадлежит образцу SCU, а с повышением температуры показатель падает. Селективность других каталитических систем практически не изменяется на всём интервале температур.

Максимальный суммарный выход изокомпонентов наблюдается при использовании каталитической системы в присутствии образца SCU в сравнении с образцом С-0. С ростом температуры суммарный выход изокомпонентов падает для всех каталитических систем за исключением образца без добавок.

В ходе проведенной работы были синтезированы каталитические системы, а также изучены их каталитические свойства в присутствии неорганических и органических добавок в качестве сокатализаторов. При изучении ИЖ в состав которой входят органические соли было обнаружено, что наилучшими каталитическими свойствами обладает ИЖ с добавлением 2,3,5- трифенилтетразолия хлорида. Оптимальной температурой является 60 °С. Исследование ИЖ в присутствии неорганических солей показали, что наилучшими каталитическими свойствами обладает ИЖ, в состав которой входит сульфат меди, оптимальной температурой также является 60 °С

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Lacroix C.P.M., Process for the in situ preparation of an ionic liquid / Lacroix C.P.M., F.H.M. Dekker, A.G. Talma, J.W.F. Seetz // Патент Европы EP 0 989 134 A1, 2000.

2 Zein El Abedin, S. Electrodeposition of Metals and Semiconductors in Air and Water Stable Ionic Liquids / S Zein El Abedin, F Endres // Chem-PhysChem, 2006, 58-61.

3 Welton, T. Room-temperature ionic liquids. Solvents for synthesis and catalysis / T. Welton // Chem. Rev. – 1999. – V. 99. – P. 2071.

УДК 620.022

Желевская Дарья Денисовна, студент; Zhelevskaya Darya Denisovna  
Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент;  
Protsenko Alexander Evgenievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

## THE STUDY OF THE SOLUBILITY OF POLYVINYL CHLORIDE

**Аннотация.** Данная работа посвящена изучению растворимости поливинилхлорида (ПВХ).

**Abstract.** This work is devoted to the investigation of solubility of polyvinyl chloride (PVC).

**Ключевые слова:** поливинилхлорид, ПВХ, растворимость.

**Keywords:** polyvinyl chloride, PVC, solubility.

Целью данной работы является расчет параметров растворимости ПВХ, тетрагидрофурана, диметилсульфоксида, н-гексана и дихлорметана по метидике [1]. Установить границы ее применимости по результатам сравнения расчетов и эксперимента с данным полимером в этих растворителях.

Рассчитываем энергию связей ПВХ для элементарного звена полимерной цепи по уравнению (1):

$$\Delta E = 2 \times \Delta E_C + 3 \times \Delta E_H + \Delta E_{Cl} + \Delta E_d, \quad (1)$$

где  $\Delta E_i$  – энергия когезии  $i$ -го элемента,  $\frac{\text{кал}}{\text{моль}}$ ;  $\Delta E_d$  – энергия полярной связи.

$$\Delta E = 2 \times 550,7 + 3 \times 47,7 - 222,7 + 1623 = 2645 \frac{\text{кал}}{\text{моль}}$$

Рассчитываем изменение объема ПВХ:

$$\Delta V = \Delta V_C + \Delta V_{C^*} + 3 \times \Delta V_H + \Delta V_{Cl}, \quad (2)$$

где  $\Delta V_i$  – ван-дер-Ваальсовы объёмы атомов  $i$ -го вида,  $\text{см}^3$  (табличные данные взяты из [1]);

$$\Delta V = 13,1 + 10,1 + 3 \times 2,0 + 19,85 = 49,05 \text{ см}^3.$$

Рассчитываем параметр растворимости ПВХ ( $\delta_{\text{ПВХ}}, \left(\frac{\text{кал}}{\text{см}^3}\right)^{0,5}$ ):

$$\delta_{\text{ПВХ}} = \sqrt{\frac{\Delta E}{N_A \times \Delta V \times 10^{-24}}}$$

где  $N_A$  – число Авагадро,  $\text{моль}^{-1}$ ;

$$\delta_{\text{ПВХ}} = \sqrt{\frac{2645}{6,02 \times 10^{23} \times 49,05 \times 10^{-24}}} = 9,5 \left(\frac{\text{кал}}{\text{см}^3}\right)^{0,5}$$

Аналогично рассчитываются растворимости тетрагидрофурана ( $9,6 \left(\frac{\text{кал}}{\text{см}^3}\right)^{0,5}$ ), диметилсульфоксида ( $13,6 \left(\frac{\text{кал}}{\text{см}^3}\right)^{0,5}$ ), н-гексана ( $7,3 \left(\frac{\text{кал}}{\text{см}^3}\right)^{0,5}$ ) и дихлорметана ( $9,9 \left(\frac{\text{кал}}{\text{см}^3}\right)^{0,5}$ ).

Рассчитаем разницу параметров растворимостей ПВХ в предложенных растворителях:

$$\delta_{\text{C}_4\text{H}_8\text{O}} - \delta_{\text{ПВХ}} = 9,6 - 9,5 = 0,1 \left(\frac{\text{кал}}{\text{см}^3}\right)^{0,5}$$

$$\delta_{(\text{CH}_3)_2\text{SO}} - \delta_{\text{ПВХ}} = 13,6 - 9,5 = 4,1 \left(\frac{\text{кал}}{\text{см}^3}\right)^{0,5}$$

$$\delta_{\text{C}_6\text{H}_{14}} - \delta_{\text{ПВХ}} = 7,3 - 9,5 = 2,2 \left(\frac{\text{кал}}{\text{см}^3}\right)^{0,5}$$

$$\delta_{\text{CH}_2\text{Cl}_2} - \delta_{\text{ПВХ}} = 9,9 - 9,5 = 0,4 \left(\frac{\text{кал}}{\text{см}^3}\right)^{0,5}$$

Подбор органического растворителя осуществляется по разности параметров растворимости полимера и растворителя. Разность должна быть в пределах  $\pm 2,0$  [в  $(\text{кал}/\text{см}^3)^{0,5}$ ]. Из этого следует, что ПВХ не должен растворяться в тетрагидрофуране, диметилсульфоксиде, дихлорметане, в свою очередь, в н-гексане полимер должен растворяться.

При проведении экспериментальных исследований по растворимости в течение 2 недель при температуре 15-17 °С ПВХ ни в одном из растворителей не растворился, однако, в тетрагидрофуране, диметилсульфоксиде и дихлорметане набух. Это может свидетельствовать о том, что на растворимость ПВХ влияет такой фактор как температура более существенно, чем полярность связей. Кроме того, при расчетах не учитывается марка полимера и кристаллическая упаковка.

Таким образом, показано, что расчет параметров растворимости [1] не обеспечивает достаточного совпадения теоретических и экспериментальных данных.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Расчёт растворимости полимеров: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Поверхностные явления в полимерных материалах» / сост. Н.Л. Левкина. – Саратов: РИЦ СГТУ, 2001. – 43 с.;

УДК 621.644

Зинченко Данил Дмитриевич, студент; Zinchenko Danil Dmitrievich

Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;

Sarilov Mikhail Yurievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ИЗОЛЯЦИЯ ТРУБ НЕФТЕПРОВОДОВ

### INSULATING PIPE OIL PIPELINES

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются основные задачи теплоизоляции, её достоинства, виды материалов для теплоизоляции нефтепроводов. А также положительные и отрицательные свойства данных материалов.

**Abstract.** In this article discusses the main tasks of thermal insulation, its advantages, types of materials for thermal insulation of oil pipelines. As well as positive and negative properties of these materials.

**Ключевые слова:** нефть, нефтепродукт, изоляция, теплоизоляция, труба, трубопровод, материал.

**Keywords:** oil, petroleum products, insulation, thermal insulation, pipe, pipeline, material.

Магистральный нефтепровод - сложное сооружение для транспортировки нефти, которое проходит десятки сотен километров, чтобы попасть к потребителю. В связи с этим все участки нефтепроводов необходимо защищать от негативного воздействия. Помимо механических повреждений, имеется и вероятность перегрева или же переохлаждения (в холодное время года), которые не менее опасны. Перегрев и переохлаждение способны повлиять на вязкость продукта, а в следствии и на скорость его движения. Для того, чтобы нефтепровод работал на полную мощность, выдавая лучший КПД, ему требуется качественная теплоизоляция.

Тепловая изоляция труб нефтепроводов необходима чтобы обеспечить следующие моменты: Исключить образования конденсата на внешней поверхности трубы; свести к минимуму теплопотери; снизить скорость коррозии металла, вследствие увеличивая износостойчивость нефтепровода; защитить поверхность от перегрева.

Главная задача тепловой изоляции - это обеспечение двусторонней защиты. Во-первых, необходимо сохранить качество протекающего внутри нефтепровода продукта. Во-вторых, снизить влияние на окружающую среду. Правильно выполненная изоляция гарантирует отсутствие самовозгораний и пожаров. [1, с. 413]

Плюсы теплоизоляции нефтепроводов. Нефтепровод - сложная система, которая постоянно подвергается перепадам давления и температур, а также образованию ржавчины и конденсата. Изоляция позволяет сохранить трубы в целостности, в то же время гарантируя отсутствия негативно-го влияния здоровье людей и окружающую среду.

Основные достоинства теплоизоляции: «шумоизоляция», возникающих из-за перепадов внутритрубного давления; поддержание необходимой вязкости продукта; антикоррозионная защита поверхностей труб; сведение к минимуму негативного влияния на окрестности; сведение к минимуму теплототери.

Так как перед материалом для теплоизоляции стоит масса существенных обязанностей, к нему предъявляются особые требования. Во-первых, изолятор должен обеспечивать прочность в течении долгих лет. Во-вторых, материал должен обладать низкой теплопроводностью и негорючестью. Кроме того, к обязательным характеристикам материала относятся технологичность, сжимаемость, способность подавлять шумы и паронепроницаемость. А так же один из важных показателей материала – его стоимость. [3, с. 128]

Материал для теплоизоляции трубопровода. Правильно подобранные теплоизоляционные материалы позволяют трубам выдерживать существенные перепады температуры

Пенополиуретановое изолирование.

Вспененный полиуретан (ППУ) - газонаполненный полимер с пористой структурой, которая дает материалу следующие показатели такие как, долговечность, огнеупорство, износостойкость. Пенополиуретан обладает самой низкой теплопроводностью из возможных на нынешнем рынке утеплителей – 0,025 Вт/(м·К). Помимо этого, отличается он от своих конкурентов значительным диапазоном рабочей температуры (-200 ÷ +180°C) и повышенной плотностью (40-200 кг/м<sup>3</sup>). В то же время, он легкий и не оказывает большой нагрузки на нефтепровод.

Наиболее эффективный способ нанесения ППУ - распыление материала с помощью пульверизатора. [2, с. 183]

Волокнистые утеплители. Яркими примерами волокнистых утеплителей являются базальтовая вата, стекловата, шлаковата. Все они относятся к категории – минеральных ват. Чаще всего выпускаются в виде рулонов. Для труб выше диаметром – специальные блоки и плиты. В настоящее время производители предлагают и в виде цилиндров. В среднем теплопроводность базальтовой ваты - 0,04 Вт/(м·К). Она способна выдерживать температуру от 700 до 1100 °С (в зависимости от состава) не достигая точки плавления.

Вспененный каучук. Данный полимер выделяется хорошими рабочими характеристиками, гибкостью и простотой монтажа. Материалы на базе пластичного вспененного каучука - оптимальный выбор для защиты изогнутых участков нефтепровода.

Востребованность данного изолятора легко объяснить: его противокоррозионные качества сочетаются со стойкостью к действию агрессивных химических субстанций.

Приведенные выше материалы доказали свою надежность, прочность, долговечность и неприхотливость в уходе. Правильно выбранный

изолятор помогает значительно сократить расходы на обслуживание нефтепровода.

Ученые-специалисты с множества стран стремятся создать надежное универсальное изоляционное покрытие, соответствующее климатическим условиям той зоны, где проложен нефтепровод. Только так можно быть уверенным в том, что работа системы будет безопасной. [4, с. 42]

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кочергин, С.М. Теплоизоляция. Материалы, конструкции, технологии: Справочное пособие / С.М. Кочергин. – Москва: Стройинформ, 2008. – 440 с.

2 Зарубина, Л. П. Теплоизоляция зданий и сооружений. Материалы, технологии / Л.П. Зарубина. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012.- 416 с.

3 Ящура, А. И. Система технического обслуживания и ремонта промышленных зданий и сооружений / А. И. Ящура. – Москва, НЦ ЭНАС 2006. – 167 с.

4 Борисов, А.Г. Теплоизоляция. Виды теплоизоляции. / А. Г. Борисов – Москва, Стройинформ, 1998. – 100 с.

УДК 620.193.197

Зинченко Данил Дмитриевич, студент; Zinchenko Danil Dmitrievich

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;

Sarilov Mikhail Yurievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

#### METHODS FOR PROTECTING UNDERGROUND OIL PIPELINE FROM CORROSION

**Аннотация.** Трубопровод в процессе эксплуатации подвергаются коррозии. В данной статье рассмотрим причины возникновения коррозии и способы защиты нефтепроводов.

**Abstract.** Pipeline during operation is subject to corrosion. In this article, we consider the causes of corrosion and methods for the protection of oil pipelines.

**Ключевые слова:** нефть, нефтепродукт, коррозия, нефтепровод, труба, трубопровод, материал.

**Keywords:** oil, petroleum, corrosion, oil pipeline, pipe, pipeline, material.

Трубопровод, при длительной эксплуатации так, или иначе подвергаются коррозии.

Все трубопроводы (нефтепроводы), пролегающие в почве подвергаются коррозии. Одна из важнейших задач для организаций, использующих

трубопроводы – это сохранность стенок труб, другими словами – защита трубопроводов от коррозии, что в долгосрочной перспективе дает ощутимый финансово-экономически положительный результат, по причине сокращения затрат на ремонт или полной замены трубопроводов или его частей.

На трубопровод влияет множество природных факторов: вода – агрессивная среда, которая при контакте с железом образует ржавчину; бактерии, находящиеся в почве и прочее.

Помимо этого, трубы, протекающие около территорий, вблизи линий электропередач, зачастую испытывают негативное воздействие от блуждающих токов.

Главным фактором коррозии металла трубопроводов является неустойчивость металлов к изменению температур.

Коррозия нефтепроводов в основном – электрохимическая, по причине образования и прохождения электрического тока в теле трубы. Дефекты у нефтепроводов – «раковины», «дырочки», «явочки». Это происходит из-за отдельных компонентов агрессивных нефти – сероводорода и углекислого газа. [2, с. 435]

Теплоизоляция и пропитки трубопровода – один из самых популярных и беспроблемных вариантов защиты трубопровода от внешней и внутренней коррозии. Изоляционные покрытия по степени активности защиты могут быть простыми и усиленными.

Для защиты нефтепроводов от коррозии существует практика нанесения на трубы протекторных составов. Такая защита очень важная для нефтепроводов, т.к. по нему идет передача химически активной жидкости (ХАЖ). В ином случае внутренняя коррозия в короткие сроки приводит в непригодность трубопровод. Защита нефте-газопроводов от коррозии позволит избежать крупных техногенных катастроф [1, стр. 154]

Одним из вариантов наружной защиты от коррозии трубопроводов используют органосиликатную композицию, известную как ОС-51-03

ОС-51-03 – Анतिकоррозионное радиационностойкое легко дезактивируемое защитное покрытие

Органосиликатная двухкомпонентная композиция ОС-51-03 - суспензия пигментов, силикатных наполнителей и целевых добавок в растворе кремний органических лаков в органических растворителях.

Покрытие предназначено для наружной защиты поверхности труб от коррозии при воздействии высоких температур трубопроводов водяных тепловых сетей при подземной прокладке в непроходимых каналах и для радиационностойкой защиты поверхности оборудования и помещений АЭС, контейнеров для транспортировки обработанного ядерного топлива, поверхностей могильников радиоактивных отходов.

Диапазон рабочих температур °С - от -60° до +400°

Толщина покрытий - 0,10-0,20 мм

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Дизенко, Е. И. Противокоррозионная защита трубопроводов и резервуаров / Е. И. Дизенко, В. Ф. Новоселов, П. И. Тугунов, В. А. Юфин. – Москва : Недра, 1978. – 199 с.

2 Коршак, А.А., Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов / А. А. Коршак, А. М. Нечваль. Санкт-Петербург : Недра, 2008. – 488 с.

УДК 62-529

Идиатуллин Булат Маратович, аспирант; Idiatullin Bulat Maratovich

Салахов Ришат Ризович, кандидат технических наук, доцент;

Salakhov Rishat Rizovich

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева–КАИ

## АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОСТАТА СОВМЕСТНО С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЖИДКОСТНЫМ НАСОСОМ В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

## CONTROL ALGORITHM OF ELECTRONICALLY CONTROLLED THERMOSTAT TOGETHER WITH ELECTRIC LIQUID PUMP IN CAR COOLING SYSTEM

**Аннотация.** Поддержание оптимального температурного режима в работе двигателя благоприятно сказывается на расходе топлива, и величине вредных выбросов. В качестве элементов-регуляторов предложено использовать электронно-управляемый термостат и электрический жидкостный насос.

**Abstract.** Maintaining optimal temperature conditions in the engine operation has a beneficial effect on fuel consumption and the amount of harmful emissions. It is proposed to use an electronically controlled thermostat and an electric liquid pump as control elements.

**Ключевые слова:** электрический жидкостный насос, электронно-управляемый термостат, система охлаждения, двигатель внутреннего сгорания.

**Keywords:** electric fluid pump, electronically controlled thermostat, cooling system, internal combustion engine.

По множественным исследованиям, эффективность работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) напрямую зависит от его текущей температуры. Это обусловлено особенностями изготовления цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) [1]. При низкой температуре двигателя, охлаждающей жидкости и смазочного материала, зазоры в ЦПГ негативно сказываются на параметрах мощности ДВС, эффективности сгорания топлива, величине вредных выбросов. При высоких температурах увеличивается трение в ЦПГ, что так же приводит к дополнительным потерям [2]. Таким

образом, встает вопрос в поддержании температуры двигателя в узком диапазоне.

Для решения данной задачи, предложено использовать электронно-управляемый термостат, с температурой открытия выше, чем в штатных решениях [3]. Штатная механическая помпа так же подвергается замене на электрический аналог. В этом случае, дополнительно разгружается коленчатый вал автомобиля, ввиду отсутствия механической помпы, работа которой зачастую избыточна.

Особенность алгоритма работы заключается в регулировании двух различных узлов, влияющих на работу всей системы. Термостат с завышенной температурой открытия, при воздействии на него управляющего сигнала, позволяет открыть его до наступления критической температуры. Однако, высокая температура открытия не должна выходить за пределы температуры работы двигателя. Более гибкое поддержание температуры охлаждающей жидкости и двигателя, обеспечивает электрический жидкостный насос [4]. Изменяя расход охлаждающей жидкости через двигатель, температура на выходе из двигателя как растет, так и падает, в зависимости от изменения расхода. Зная особенности работы электронного термостата, электрического жидкостного насоса, остро встает вопрос: кто и когда должен иметь приоритет в управлении, регулировании.

Условно, работу системы охлаждения двигателя можно разделить на три режима:

- 1) Прогрев, холодный пуск.
- 2) Номинальной мощности.
- 3) Максимальной мощности.

Для режима прогрева или холодного пуска характерна низкая температура двигателя и охлаждающей жидкости. Как следствие, чем быстрее двигатель выйдет на рабочую температуру, тем ниже будут показатели вредных выбросов за время прогрева (по сравнению со штатными системами). Наибольшее влияние на данном этапе работы оказывает термостат. Снизить тепловые потери позволит электрический жидкостный насос, обеспечивая минимальную циркуляцию, вплоть до свободной конвекции теплоносителя [5].

На номинальной мощности, оба электронно-управляемых элемента работают совместно. За повышение температуры двигателя и охлаждающей жидкости отвечает электрический водяной насос, уменьшая расход, до минимально-допустимого на данном режиме, а за понижение температуры: электронно-управляемый термостат.

На режимах максимальной мощности, электронно-управляемый термостат работает на границе полного открытия, сохраняя возможность полностью открыться в случае возникновения критической ситуации для двигателя. Электрическая помпа работает на максимальной мощности, не допуская перегрева.

Функциональная схема работы алгоритма представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Функциональная схема алгоритма управления электронно-управляемого термостата совместно с электрическим жидкостным насосом

Таким образом, реализация предложенного алгоритма поддержания оптимальной температуры двигателя, позволит уменьшить величину вредных выбросов, уменьшить расход топлива, а также повысит максимальную полезную мощность двигателя.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Yuefei Wang, Nan Zhang, Ye Wu, Baijun Liua nd Yuan Wu. A strategy of electrical energy management for internal combustion engine vehicle based on driving cycle recognition and electrical load perception// *Advanced mechanical engineering*. – 2017.08. – 12.

2 Zavaragh H.G., Kaleli A., Afshari F., Amini A. Optimization of heat transfer and efficiency of engine via air bubble injection inside engine cooling system. // *Applied Thermal Engineering*. – 2017. – 123. – P.390-402.

3 Якубович, А.И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко - 1-е изд.: Изд-во «Новое знание», 2013. – 473 с.

4 Lodi F., Zare A., Arora P., Stevanovic S., Jafari M., Ristovski Z., Brown R.J., Bodisco T. Combustion Analysis of a Diesel Engine during Warm up at Different Coolant and Lubricating Oil Temperatures. // *Energies*. – 2020. – 13. – P.1-21.

5 Yan Wang, Qing Gao, Tianshi Zhang, Guohua Wang, Zhipeng Jiang and Yunxia Li. Advances in Integrated Vehicle Thermal Management and Numerical Simulation// *Energies*. – 2020. – 30. – P.1-30.

УДК 621.865

Карпенко Владимир Анатольевич, студент; Karpenko Vladimir Anatolievich  
Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент;  
Shchelkunov Evgeny Borisovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МЯГКОЕ ЗАХВАТНОЕ УСТРОЙСТВО

### SOFT GRIPPER

**Аннотация.** Представлено устройство мягкого бионического захватного устройства робота для манипулирования объектами, требующими осторожного обращения. Захватное устройство выполнено в виде трехлучевой звезды, изготовленной из силикона.

**Abstract.** A device of a soft bionic gripper of a robot for manipulating objects requiring careful handling is presented. The gripping device is made in the form of a three-pointed star made of silicone.

**Ключевые слова:** робот, мягкое захватное устройство, пневмопривод.

**Keywords:** robot, soft gripper, pneumatic drive.

Важным элементом робота является захватное устройство - рабочий орган, предназначенный для захвата и удержания различных объектов.

В настоящее время все большую актуальность приобретают захватные устройства, основанные на принципах биомеханики, называемые мягкими захватными устройствами.

Преимуществами мягких захватных устройств по сравнению с традиционными потенциально жесткими являются: возможность манипулирования предметами, требующими осторожного обращения; высокая приспособляемость; большая безопасность.

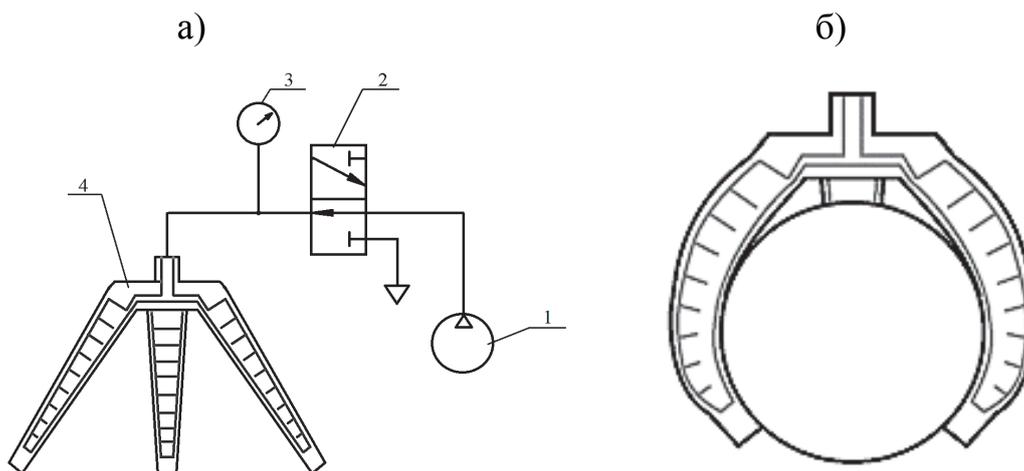
Для изготовления мягких захватных устройств роботов используют силикон, резину и др. эластичные материалы, обладающие высокой прочностью на разрыв и на раздир [1].

В работе представлено оригинальное мягкое захватное устройство робота для захватывания и манипулирования хрупкими и нежесткими объектами.

Мягкое захватное устройство отвечает следующим признакам:

- вид применяемого привода - пневматический;
- количество рабочих элементов (пальцев) – три;
- жесткость – полностью мягкое (без применения в конструкции жестких элементов).

На рисунке 1, а представлена пневматическая схема захватного устройства.



1 – пневмонасос; 2 – клапан сброса; 3 – манометр;  
4 – захватное устройство

Рисунок 1 – Пневматическая схема мягкого захватного устройства (а) и его работа (б)

Тело захватного устройства, изготовленное из полупрозрачного силикона, имеет вид трехлучевой звезды с лучами (пальцами), направленными вниз. Каждый палец представляет собой камеру, разделенную на отсеки, связанные между собой каналом. Все камеры связаны между собой воздушными каналами.

При подаче воздуха от пневмонасоса 1 воздух заполняет внутренние камеры пальцев захватного устройства 4, которые раздуваясь, изгибаются таким образом, чтобы обхватить и удерживать объект манипулирования. Через клапан сброса 2 воздух из захватного устройства выпускается в атмосферу. Для контроля давления в захватном устройстве используется манометр 3.

**Заключение.** Представленное мягкое захватное устройство, основанное на принципах биомеханики, позволяет захватывать и манипулировать объектами, требующими осторожного обращения. Захватное устройство изготовлено из силикона в виде трехлучевой звезды.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Петров М.Р. Определение диаграммы растяжения трубчатого стержня из гиперэластичного материала/ М.Р. Петров, А.Н. Петрова, С.Ф. Хакимов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. № II (34) 2018 «Науки о природе и технике» С. 29-34.

УДК 621.865

Карпенко Владимир Анатольевич, студент; Karpenko Vladimir Anatolievich

Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент;

Shchelkunov Evgeny Borisovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ТРОСОВЫЙ РОБОТ ДЛЯ МАНИПУЛИРОВАНИЯ ХРУПКИМИ И НЕЖЕСТКИМИ ОБЪЕКТАМИ**

### **CABLE ROBOT FOR HANDLING FRAGILE AND NON-RIGID OBJECTS**

**Аннотация.** Представлено устройство робота в виде хобота с тросовым приводом, позволяющее выполнять разнообразные движения – изгибаться дугой, сокращаться и вытягиваться, совершать волнообразные движения. Применение захватного устройства с мягкими рабочими элементами обеспечивает возможность захватывать и перемещать объекты, требующие деликатного обращения – хрупкие либо не жесткие детали, пищевые продукты, кондитерские изделия и др.

**Abstract.** The device of the robot in the form of a trunk with a cable drive is presented, which allows performing various movements - bending into an arc, contracting and stretching, making wave-like movements. The use of a gripper with soft working elements provides the ability to grip and move objects that require delicate handling - fragile or non-rigid parts, food products, confectionery, etc.

**Ключевые слова:** робот, мягкая робототехника, хобот, тросовый привод, пневмопривод.

**Keywords:** robot, soft robotics, trunk, pneumatic drive.

В современном мире робототехника активно внедряется практически во все сферы деятельности человека – промышленное производство, медицину, научные исследования, проведение разведывательно-спасательных работ и др. Поэтому к робототехнике предъявляются высокие требования по безопасности, автономности, возможности к адаптации к постоянно изменяющимся условиям, способности выполнять движения, подобно гибким живым организмам (щупальца головоногих моллюсков, хобот слона, антропоморфная рука и др.). Всем перечисленным требованиям в полной мере отвечают мягкие роботы, движения которых основаны на принципах биомеханики.

В работе представлено устройство оригинального мягкого робота типа хобот с тросовым приводом (рисунок 1, а), основанного на принципе параллельной кинематики, т.е. за каждое движение выходного звена отвечают несколько параллельно расположенных кинематических цепей [1].

Робот состоит из двух независимых секций, имеющих по три степени свободы каждая и мягкого трехпалого пневматического захватного устройства.

Секция I включает основание 10, платформу 6, разделяющую секции I и II и две промежуточные проставки 8. Через отверстия в основании и проставках проходят приводные тросы, связывающие подвижную платформу с приводными лебедками 12, служащими для натяжения тросов. Лебедки приводятся в действие электродвигателями M1 и M2.

Между основанием, проставками и платформой 6 установлены пружины 7, обеспечивающие движению хобота плавность. Лебедки могут работать по отдельности либо согласованно в любых сочетаниях. Тросы выполняют роль гибких кинематических связей в механизме. При натяжении тросов происходит изгиб конструкции в сторону натяжения. При одновременном натяжении трех приводных тросов в секции происходит осевое перемещение платформы 6.

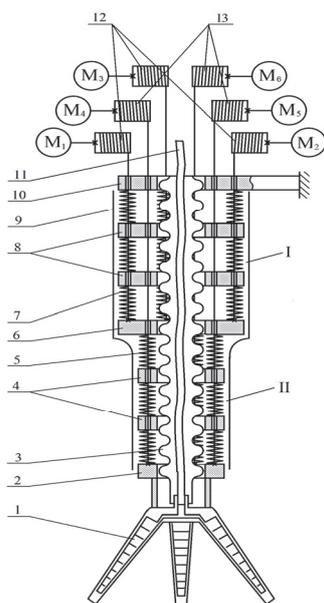


Рисунок 1 – Кинематическая схема робота

Секция II включает платформы 6 и 2, промежуточные проставки 4. Приводные тросы закреплены одним концом на платформе 2, проходят через проставки 4, 8, платформы 6 и 10 к лебедкам 13. Между платформой 6, проставками и подвижной платформой 2 установлены пружины 5. Движения секции II происходят подобно движениям секции I.

Основание 10, промежуточные проставки 4 и 8, платформы 2 и 6 имеют центральные отверстия, через которые пропущен гибкий гофрированный рукав 3, выполняющий роль защитного кожуха для воздушного шланга 11.

Обе секции хобота защищены эластичным кожухом 9.

Благодаря тому, что движения обеих секций являются не зависимыми, общее количество степеней свободы хобота равно шести.

На платформе 2 расположено захватное устройство 1 робота, изготовленное из силикона, обладающего высокой эластичностью и прочностью [2]. Захватное устройство имеет центральное отверстие, разветвляющееся на три канала, подающих воздух к рабочим элементам (пальцам).

Внутри каждого пальца имеются сообщающиеся камеры, разделенные перегородками. При нагнетании воздуха вовнутрь пальцев камеры наполняются воздухом и раздуваются, заставляя пальцы деформироваться, захватывая перемещаемый объект.

Применение захватного устройства с мягкими рабочими элементами обеспечивает возможность захватывать и перемещать объекты, требующие деликатного обращения – хрупкие либо не жесткие детали, пищевые продукты, кондитерские изделия и др.

Конструкция робота в виде хобота с тросовым приводом позволяет выполнять разнообразные движения – изгибаться в дугу, сокращаться и вытягиваться, совершать волнообразные движения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Виноградов С.В., Хрипкова В.А. Исследование кинематики механизма параллельной структуры с рабочей зоной в форме куба // Вестник научного общества студентов, аспирантов, молодых ученых сб.науч.статей. - Электрон. дан. (3,9 Мб). - Комсомольск-на-Амуре: АмГПУ, 2016. - №3 № гос.регистрации 0321704079 С.24-31. – URL: <http://www.amgpgu.ru/activity/scinsce/sborstat/1716/17374911/?id=3> (дата обращения 26.01.2021) - Текст : электронный

2 Петров М.Р. Определение диаграммы растяжения трубчатого стержня из гиперэластичного материала/ М.Р. Петров, А.Н. Петрова, С.Ф. Хакимов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. № II (34) 2018 «Науки о природе и технике» С. 29-34.

УДК 621.865

Карпенко Владимир Анатольевич, студент; Karpenko Vladimir Anatolievich  
Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент;  
Shchelkunov Evgeny Borisovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ФОРМА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЯГКОГО ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА

## FORM FOR MANUFACTURING WORKING ELEMENTS SOFT GRAPPING DEVICE

**Аннотация.** Представлены конструкция и технология изготовления формы для изготовления рабочих элементов мягкого захватного устройства робота для перемещения хрупких и нежестких предметов.

**Abstract.** The design and manufacturing technology of a mold for the manufacture of working elements of a soft gripper of a robot for moving fragile and non-rigid objects are presented.

**Ключевые слова:** робот, мягкое захватное устройство, силикон, форма.

**Keywords:** robot, soft gripper, silicone, mold.

Сегодня роботы, оснащенные мягкими захватными устройствами, находят все более широкое применение в различных областях человеческой деятельности: медицина, пищевая промышленность, исследовательская деятельность и др.

Существует ряд преимуществ мягких захватов перед жесткими [1]:

- возможность лучше адаптироваться к конкретным ситуациям и задачам;
- сравнительно низкая себестоимость;
- простота обслуживания.

Для производства мягких захватов роботов используют силиконы, каучуки и другие эластичные материалы с высокой прочностью на разрыв и раздир [2].

В рамках исследования по теме магистерской диссертации разработана конструкция опытного образца рабочего элемента мягкого захватного устройства из литейного силикона для перемещения хрупких и нежестких предметов. Для его изготовления требуется литейная форма.

В работе представлены конструкция и технология изготовления формы для рабочего элемента мягкого захватного устройства.

#### **Разработка конструкции и изготовление формы**

Проект формы (рисунок 1) выполнялся в программе КОМПАС-3D v17 (×64). Форма состоит из основания (а), стакана (б), и стержня, имитирующего форму внутренней полости в отливаемой детали (в).

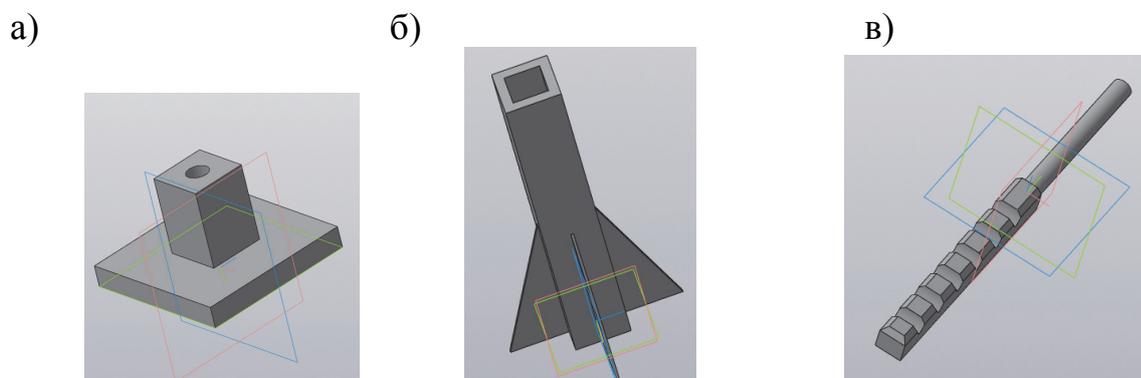


Рисунок 1 – 3D-модели деталей формы для отливки рабочего элемента мягкого захватного устройства

Детали формы для отливки рабочего элемента мягкого захватного устройства изготавливались на 3D принтере модели Anycubic Photon S (рисунок 2, а, б, в) с последующей обрезкой технологических элементов и доводкой ответственных поверхностей концевыми фрезами  $\varnothing 3$  мм с помощью ручного гравера модели ЗУБР ЗГ-160ЭЖ и шлифовальной шкуркой разной зернистости. Затем, после очистки, поверхности, соприкасающиеся с жидким силиконом, покрывались акриловым лаком для обеспечения лучшей полимеризации силикона.

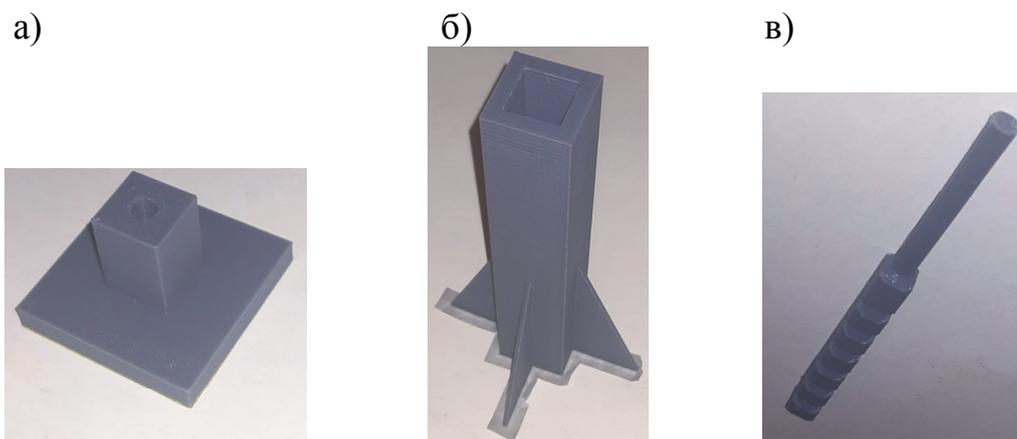


Рисунок 2 – Детали формы (а, б, в) для отливки рабочего элемента мягкого захватного устройства

### Последовательность сборки формы



Основание выполняет роль донца и базовой детали для размещения на ней остальных деталей формы. В цилиндрическое отверстие в основании устанавливается стержень и позиционируется таким образом, что бы его грани были параллельны граням на основании. Далее на основание устанавливается стакан (рисунок 3). По окончании сборки перед применением места стыка стакана с основанием герметизируется термостойким составом.

Рисунок 3 – Форма для отливки рабочего элемента мягкого захватного устройства в сборе

### Заключение

В работе представлены конструкция и технология изготовления формы для изготовления рабочих элементов мягкого захватного устройства робота для перемещения хрупких и нежестких предметов.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Щелкунов Е.Б. Мягкие роботы/ Щелкунов Е.Б., Виноградов С.В., Щелкунова М.Е., Карпенко В.А., Красиков Н.А.// Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2021. - № I(49). - С. 83-91.

2 Петров М.Р. Определение диаграммы растяжения трубчатого стержня из гиперэластичного материала/ М.Р. Петров, А.Н. Петрова, С.Ф. Хакимов // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. № II (34) 2018 «Науки о природе и технике» С. 29-34.

УДК 621.372.853; 677.4

Кильдишева Вероника Андреевна, магистрант; Kildisheva Veronika Andreevna  
Андреев Антон Андреевич, студент, Andreev Anton Andreevich  
Щипцов Роман Александрович, студент, Shchiptsov Roman Alexandrovich  
Хайрушев Игорь Валентинович, студент, Khayrushev Igor Valentinovich  
Сергеева Бэла Владимировна, ведущ. инженер, Sergeeva Bela Vladimirovna  
Саратовский национальный исследовательский государственный  
университет имени Н.Г. Чернышевского

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ НАНОВОЛОКОН С ОСАЖДЕННЫМИ МИКРОЧАСТИЦАМИ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ**

### **RESEARCH OF INORGANIC NANO FIBERS WITH WASP-REINFORCED MICROPARTICLES OF CALCIUM CARBONATE IN THE MICROWAVE RANGE**

**Аннотация.** В диапазоне частот  $7,8 \div 10,2$  ГГц экспериментально исследованы свойства композитных структур, синтезированные на нановолокнах поликапролактона, на СВЧ. Проведены измерения частотных зависимостей КСВН и ослабления волноводных секций, заполненных волокнами.

**Abstract.** In the frequency range  $7,8 \div 10,2$  GHz, the properties of composite structures synthesized on polycaprolactone nanofibers at microwave frequencies are experimentally investigated. Measurements of frequency dependences of VSWR and attenuation of waveguide sections filled with fibers are carried out.

**Ключевые слова:** нетканые материалы, электроформование, СВЧ излучение, полимерные нановолокна, коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН).

**Keywords:** nonwoven materials, electrospinning, microwave radiation, polymer nanofibers, standing wave voltage factor (VSWR).

Объектами экспериментального исследования были два вида образцов композитных структур, выращенных на наноструктурированном нетканом материале (поликапролактоне).

На полимерных нановолокнах осаждались микрочастицы карбоната кальция с включёнными в них наночастицами магнетита, причем методы встраивания наночастиц магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) в микрочастицы карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) для двух видов образцов были различны [1-3].

После второго цикла кристаллизации у образцов проявились магнитные свойства, которые визуальнo наблюдаются при приложении внешнего магнитного поля [4-6].

В данной работе электромагнитные характеристики были определены волноводным методом [7-12], где сечение волновода полностью заполнялось исследуемым материалом. Были измерены зависимости коэффици-

ента ослабления композитной структуры, а также коэффициента стоячей волны по напряжению (КСВН) в диапазоне частот  $7,8 \div 10,2$  ГГц.

На рисунке 1 представлены графики зависимостей КСВН и ослабления от частоты трехслойной структуры: слои синтезированы вторым методом – кривая 1; первым методом – кривая 2; образец погрузили в раствор наночастиц  $Fe_3O_4$  (10 минут) без кристаллизации  $CaCO_3$  – 3; вторым методом – 4 (концентрация  $Fe_3O_4$  4,2 мг/мл); первый слой создан вторым методом, второй и третий – первым методом – 5; первый и второй слои созданы вторым методом, третий – первым методом – 6.

Частотные зависимости ослабления лежат в диапазоне  $-1,0 \div -0,1$  дБ; КСВН – в диапазоне  $1,12 \div 1,2$ . Минимальное значение ослабления у 3 и 4 образцов, максимальное – у 1, 2 и 6.

В диапазоне  $8,5 \div 9,2$  ГГц максимальное значение КСВН наблюдается у образца 3, в диапазоне  $9,2 \div 9,6$  ГГц – у образца 6. Минимальное значение КСВН у образца 1 в диапазоне  $7,8 \div 8,8$  ГГц.

Рассчитанные частотные зависимости коэффициента поглощения образцами микроволнового излучения показали, что минимальное поглощение наблюдается у образцов 3 и 4.

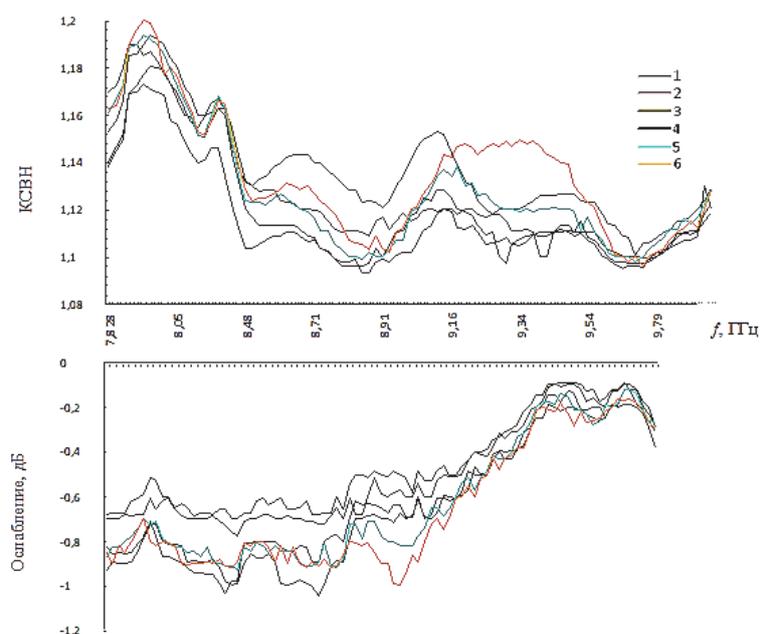


Рисунок 1 – Графики зависимостей КСВН и ослабления от частоты

Таким образом, в данной работе экспериментально исследованы свойства нановолокон с микрочастицами карбоната кальция в диапазоне частот  $7,8 \div 10,2$  ГГц. Проведены измерения частотных зависимостей КСВН и ослабления волноводных секций, заполненных волокнами.

Планируются дальнейшие исследования свойств композитного материала в СВЧ диапазоне, а также в постоянном и переменном магнитных полях. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-07-00603 А.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Исследование свойств неорганических нановолокон с микрочастицами  $\text{CaCO}_3$  на сверхвысоких частотах / С.А. Сергеев и др. // Электроника и микроэлектроника СВЧ. 2017. Т. 1. С. 155-159.

2 Синтез и исследование свойств неорганических нановолокон с **Abstract**. микрочастицами  $\text{CaCO}_3$  / С.А. Сергеев и др. // «Наноэлектроника, нанофотоника и нелинейная физика». Саратов: Техно-Декор, 2017. С. 249.

3 Синтез и исследование свойств микрочастиц  $\text{CaCO}_3$ , выращенных на неорганических волокнах и модифицированных наночастицами  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  / Н.В. Короневский и др. // «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине - 2017». Саратов: Сар. источник, 2017. С. 120.

4 Формирование и исследование сферических пористых микрочастиц карбоната кальция, обладающих магнитными свойствами / Р.С. Сергеев и др. // «Наноматериалы и нанотехнологии: проблемы и перспективы»: сборник материалов конференции. М.: Прондо, 2014. С. 275-283.

5 Формирование и исследование сферических пористых микрочастиц карбоната кальция, функционализированных магнитными наночастицами / Р.С. Сергеев и др. // «Новые материалы и технологии: состояние вопроса и перспективы развития»: сб. материалов конф. Саратов: Наука, 2014. С. 244.

6 Сергеев С.А., Гулманов Э.Э., Сергеев Р.С. Исследование свойств водотопливных эмульсий с наночастицами магнетита на сверхвысоких частотах // В мире научных открытий. 2014. № 4(52). С. 148-160.

7 Михайлов А.И., Сергеев С.А., Глуховской Е.Г. Физические основы твердотельной электроники и микроэлектроники: Планы семинарских занятий. Саратов: Ред. журнала «Промышленность Поволжья», 2008. 116 с.

8 Михайлов А.И., Сергеев С.А. Физические основы твердотельной электроники: учеб. пос. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2007. 164 с.

9 Михайлов А. И., Сергеев С. А. Физические основы твердотельной электроники: учеб. пос. 2-е изд. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2020. 192 с.

10 Физика и химия границ раздела фаз: учеб. пособие / С. А. Портнов и др. Саратов: Саратовский источник. 2015. 132 с.

11 Лабораторный практикум по физике полупроводниковых приборов: Учеб. пос. / А.И. Михайлов и др. Саратов: Колледж, 2002. 72 с.

12 Измерение параметров и характеристик микроструктурных волноводов и твердотельных инжекционных лазеров: учеб. пособие / Ю.С. Скибина и др. Саратов: Амирит, 2018. 52 с.

УДК 621.78

Киричек Андрей Викторович<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор;

Kirichek Andrey Viktorovich

Соловьев Дмитрий Львович<sup>2</sup>, доктор технических наук, профессор;

Soloviev Dmitriy L`vovich

Федонина Светлана Олеговна<sup>1</sup>, аспирант, соискатель;

Fedonina Svetlana Olegovna

<sup>1</sup>Брянский государственный технический университет

<sup>2</sup>Муромский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых»

## **ВОЛНОВОЕ ДЕФОРМАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

### **WAVE STRAIN HARDENING AS THE MOST EFFECTIVE METHOD OF HARDENING MACHINE PARTS**

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию эффективности наиболее применяемых методов упрочнения, основанных на деформационном и деформационно-термическом воздействии на обрабатываемую поверхность. На основании приведенной классификации наиболее применяемых методов упрочнения доказана уникальность и высокая эффективность волнового деформационного упрочнения.

**Abstract.** This work is devoted to the study of the effectiveness of the most used hardening methods based on deformation and deformation-thermal effects on the surface to be treated. Based on the above classification of the most used hardening methods, the uniqueness and high efficiency of wave strain hardening has been proven.

**Ключевые слова:** методы поверхностного пластического деформирования, термомеханическая обработка, глубина упрочнения, степень упрочнения.

**Keywords:** methods of surface plastic deformation, thermomechanical treatment, depth of hardening, degree of hardening.

С целью повышения механических свойств материала применяются различные методы упрочнения. Наиболее эффективными признаны методы поверхностного пластического деформирования (ППД).

Существует большое многообразие методов ППД, однако все они оказывают воздействие на поверхностный слой, формируя ограниченную глубину упрочнения. Наиболее применяемыми методами ППД являются: обкатывание, алмазное выглаживание, ультразвуковая, центробежно-ударная и дробеструйная обработка [4,5,6,7].

Экспериментально [4] доказано, что сравнительно новый метод статико-импульсной обработки волновым деформационным упрочнением (СИО ВДУ) более эффективен за счет удара бойка по статически поджатому к упрочняемой поверхности промежуточному звену (волноводу). В результате в ударной системе боек-волновод генерируются плоские акусти-

ческие волны, а в очаге деформации – пролонгированный импульс, позволяющий использовать энергию отраженных волн деформации, формирующихся в виде хвостовой части импульса для повторного нагружения. Таким образом, предварительное статическое поджатие волновода способствует наиболее полному использованию импульсной нагрузки для пластического деформирования упрочняемого материала. Форма ударных импульсов максимально адаптируется к свойствам материала и условиям нагружения, что увеличивает КПД процесса, расширяет технологические возможности обработки, позволяя создавать глубокий упрочненный слой.

Для повышения эффективности применяется комбинирование ППД и термической обработки. Доказано [2, 3], что наиболее эффективным сочетанием является термомеханическая обработка (ТМО), сущность которой заключается в совокупности применения операций деформационного воздействия и термических процессов нагрева до критических температур и охлаждения обрабатываемого материала. В зависимости от химического состава обрабатываемой стали и требуемых параметров качества поверхностного слоя применяют высокотемпературную и низкотемпературную ТМО (ВТМО и НТМО соответственно).

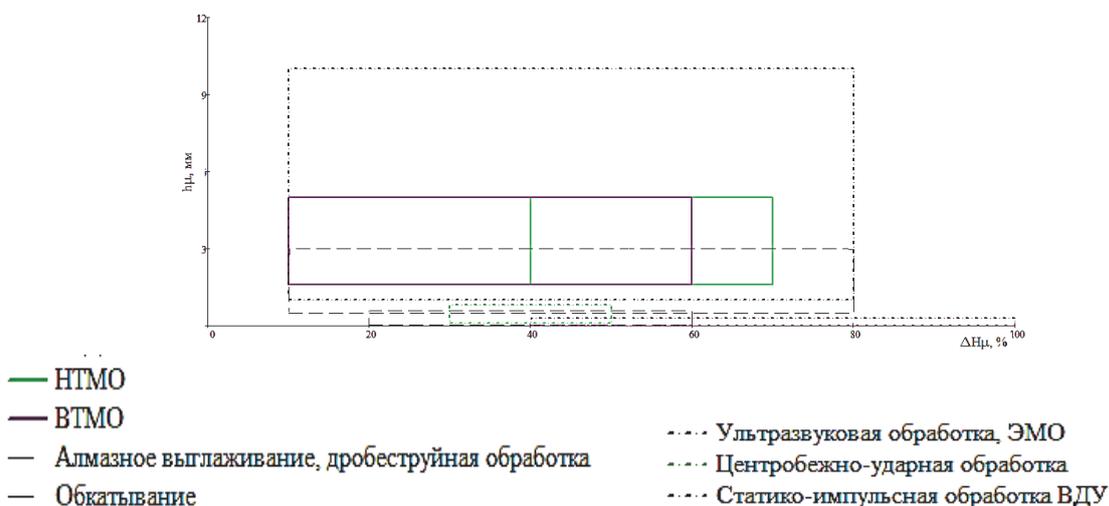


Рисунок 1 – Технологические возможности обеспечения степени упрочнения и глубины упрочнения различными методами упрочнения

Также широко известен способ электромеханической обработки (ЭМО) [1], в котором термическое воздействие осуществляется за счет нагрева небольшой площади контакта инструмента и обрабатываемой поверхности до температур фазовых превращений токами с различными характеристиками. Одновременно с нагревом происходит силовое воздействие, что позволяет получить мелкодисперсную измененную (в зависимости от режима упрочнения) микроструктуру поверхностного слоя с глубиной до 2 мм, равномерно или гетерогенно распределенную по всей поверхности детали, что способствует повышению твердости поверхностного слоя и эксплуатационных характеристик детали.

Сравнительный анализ приведенных методов упрочнения включает основные критерии для выбора оптимального упрочнения: глубина и сте-

пень упрочнения, рисунок 1. Выявлено, что СИО ВДУ является наиболее эффективным из сравниваемых методов ППД, обеспечивая максимальную глубину упрочнения до 10 мм, и незначительно превышая результативность методов ТМО по степени упрочнения.

Результат приведенного анализа свидетельствует об уникальности и высокой эффективности применения ВДУ, существенно отличающегося по своим технологическим возможностям от всех родственных видов обработки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1977. 184 с.

2 Балтер М.А. Упрочнение деталей машин. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1978. 184 с.

3 Бернштейн, М.Л. Термомеханическая обработка металлов и сплавов. (в 2 томах). Том 1. Изд-во «Металлургия», 1968. – 1172 с.

4 Киричек А.В., Соловьев Д.Л., Лазуткин А.Г. Технология и оборудование статико-импульсной обработки поверхностным пластическим деформированием // Москва, машиностроение, 2004. 288 с.

5 Овсеенко Е.С. Поверхностный слой маложестких деталей, упрочненных методами поверхностного пластического деформирования// Известия вузов. Технические науки. 2011. №2. С. 52-55.

6 Торбило В.М. Алмазное выглаживание. М.: Машиностроение, 1972. 105 с.

7 Яковлев С.А., Каняев Н.П.. Влияние электрических параметров ЭМО на ее технологические особенности// Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 3 (19). С. 130-134.

УДК 541.49; 543.442.3; 548.75

Козека Анастасия Андреевна, студентка; Kozeka Anastasia Andreevna  
Проценко Александра Николаевна, доцент; Protsenko Alexandra Nikolaevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ПОЛУЧЕНИЕ КООРДИНАЦИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ МЕДИ(II) С ПРОИЗВОДНЫМ 1,2,4-ТРИАЗОЛА

#### SYNTHESIS OF A COORDINATION COMPOUND OF COPPER(II) WITH A 1,2,4-TRIAZOLE DERIVATIVE

**Аннотация.** Данная работа посвящена синтезу нового азотсодержащего органического соединения трис(1,2,4-триазол-1-ил)метана и комплекса меди(II) на его основе.

**Abstract.** This work is devoted to the synthesis of a new organic compound tris(1,2,4-triazol-1-yl)methane and the copper(II) complex based on it.

**Ключевые слова:** трис(1,2,4-триазол-1-ил)метан, медь(II), ИК-спектроскопия.

**Keywords:** tris(1,2,4-triazol-1-yl)methane, copper(II), IR-spectroscopy.

Гетероциклические азотсодержащие органические соединения нашли свое применение в различных областях науки: медицина, сельское хозяйство и другие сферы промышленности [1,2]. Атом азота в гетероцикле способен взаимодействовать с переходными 3d-металлами с образованием координационных соединений. Переходными металлами могут быть Cu(II), Fe(II), Ni(II), Co(II), Zn(II) и др.

Координационные соединения данного класса используются в медицине в качестве противоопухолевых препаратов, в ядерной магнитной резонансной томографии в качестве реагентов увеличивающих контрастность изображения и термохромных соединений, меняющих свой цвет при изменении температуры [3].

Особый интерес координационные соединения металлов(II) с N-гетероциклами представляют для нефтеперерабатывающей промышленности. За последние несколько лет в химии нефти большой интерес в качестве новых каталитических систем представляют координационные соединения переходных 3d-металлов с азотсодержащими органическими молекулами. Они зарекомендовали себя как эффективные катализаторы в реакциях окисления, алкилирования и изомеризации алканов нормального строения [4]. Координационные соединения могут представлять собой не только самостоятельный катализатор, а также могут играть роль сокатализаторов в каталитических системах на основе ионных жидкостей. Комплексы усиливают их каталитическую активность, тем самым приводя к увеличению выхода изомерных продуктов реакции.

Нами было синтезировано гетероциклическое азотсодержащее соединение трис(1,2,4-триазол-1-ил)метан реакцией алкилирования. Реакция алкилирования проводилась между 1,2,4 – триазолом и йодоформом по схеме, приведенной на рисунке 1. Для осуществления синтеза была собрана лабораторная установка. Навески 1,2,4-триазола и йодоформа помещали в круглодонную колбу, оснащенную обратным холодильником с хлоркальциевой трубкой. К смеси добавляли хлороформ в объеме 30 мл. В качестве катализаторов использовали иодид калия и тетрабутиламмоний бромистый. Реакция проходила при постоянном перемешивании с помощью магнитной мешалки при температуре 64 °С. Реакционная смесь в течение времени изменяла цвет от желтого до темно-коричневого. Общее время синтеза составило 27 часов. После охлаждения полученный раствор отфильтровали, остаток промыли хлороформом (2x10 мл), растворитель улетел и смолообразную массу экстрагировали гексаном в аппарате Сокслета в течение 8 часов. В результате получился раствор вишневого цвета. Излишки гексана улетели течение нескольких дней. Полученный маслянистый осадок высушивали в эксикаторе над ангидроном.

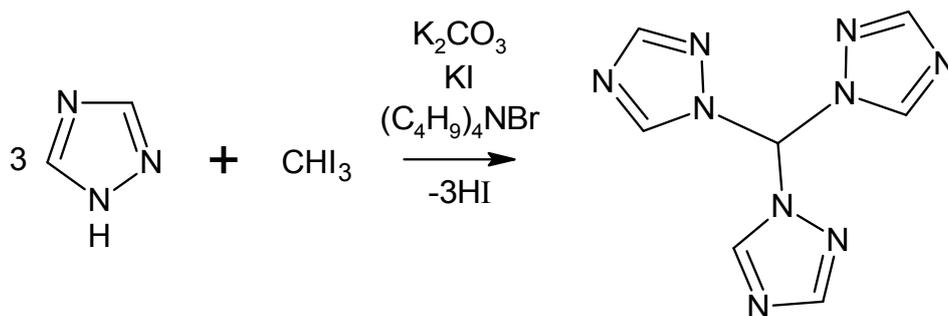
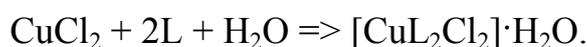


Рисунок 2- Схема синтеза трис(1,2,4-триазол-1-ил)метана

На основе полученного соединения соединения нами так же было синтезировано координационное соединение меди(II). Комплекс был выделен из спиртовых растворов полученного лиганда и хлорида меди(II) в соотношении 2:1 по схеме:



В результате взаимодействия исходных веществ образовался раствор желтого цвета. Через некоторое время выпал осадок коричневого цвета. Осадок отфильтровали, промыли несколько раз этиловым спиртом, высушили на воздухе.

Состав полученного органического соединения и комплекса меди(II) на его основе был проведен с помощью метода инфракрасной спектроскопии (ИК-спектроскопия). Анализ ИК-спектров проводили с помощью FTIR-спектрометра IRAffinity (Shimadzu) в интервале от 400 до 4000  $\text{cm}^{-1}$  в KBr. ИК-спектроскопия является эффективным методом идентификации строения соединения. Частоты колебаний полос для каждого органического соединения являются индивидуальными «отпечатками пальцев». Любое изменение структуры отражается в спектре.

В ИК-спектре 1,2,4-триазола присутствуют полосы колебаний триазольного кольца при 1550, 720, 650  $\text{cm}^{-1}$ . В спектре синтезированного продукта трис(1,2,4-триазол-1-ил)метана данные полосы смещены в низкочастотную область (1510, 680, 640  $\text{cm}^{-1}$ ), при этом наблюдается значительное изменение интенсивности полос. Это доказывает протекание реакции конденсации 1,2,4-триазола и йодоформа в условиях синтеза.

В ИК-спектрах комплексного соединения валентные колебания триазольных колец смещены относительно валентных колебаний в молекуле гетероциклического основания, что свидетельствует о координации атомов азота к металлу. Наличие широкой полосы в области 3400  $\text{cm}^{-1}$  указывает на наличие молекулы кристаллизационной воды в координационном соединении меди(II).

Таким образом были синтезированы и охарактеризованы с помощью метода ИК-спектроскопии азотсодержащее гетероциклическое соединение трис(1,2,4-триазол-1-ил)метан и комплекс меди(II) на его основе.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Zhang, L., Ling, Y., Li, J., & Gao, H. Supramolecular self-assembly of two Cu(II) complexes with 1,2,4-triazole derivatives: syntheses, crystal structures and magnetic properties // Structural Chemistry. 2008. 19(6). С. 911-916.

2 Tian L., Yan L., Liu S. Y. Crystal structures and luminescence of two cadmium(II) polymers constructed from aromatic polycarboxylate and bis(1,2, 4-triazol-1-yl)methane ligands //Journal of Coordination Chemistry. 2011. Т. 64. №. 16. С. 2945-2952.

3 Солдатенков А. Т., Колядина Н. М. Пестициды и регуляторы роста: прикладная органическая химия. – 2010.

4 Evtushenko Y. M., Zaitsev B. E., Ivanov V. M. Determination of Functional Groups in 2, 4, 6-Tris [(dimethylamino) methyl] phenol by Potentiometric Titration //Journal of Analytical Chemistry. 2003. Т. 58. №. 12. С. 1139-1143.

5 Vasina T. et al. Process of paraffin hydrocarbon isomerization catalysed by ionic liquids : заяв. пат. 10290196 США. – 2003.

УДК 621.9.519.8

Козлов Денис Александрович, студент; Kozlov Denis Alexandrovich

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;

Sarilov Mikhail Yuryevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## УВЕЛИЧЕНИЕ ГЛУБИНЫ ОТБОРА ФРАКЦИЙ НА УСТАНОВКЕ ЭЛОУ АВТ-3 ЗА СЧЁТ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ

### INCREASING THE DEPTH OF FRACTION SELECTION AT THE ELOU AVT-3 INSTALLATION DUE TO THE OPTIMAL CHOICE OF CONTACT DEVICES

**Аннотация.** Задачей данного проекта является выбор контактных устройств в колонне на установке ЭЛОУ АВТ-3 Комсомольского-на-Амуре нефтеперерабатывающего завода, и выбрать оптимальный вариант для увеличения глубины отбора фракций.

**Abstract.** The objective of this project is to select contact devices in the column at the ELOU AVT-3 unit of the Komsomolsk-on-Amur oil refinery, and to choose the best option for increasing the depth of selection of fractions.

**Ключевые слова:** колонна, устройства, установка, увеличение, завод, отбор.

**Keywords:** column, devices, installation, increase, ELOU AVT-3, selection.

На сегодняшний день существует 3 вида контактных приборов при выборе которых принимают во внимание как гидродинамические, так и массообменные свойства, так и финансовые показатели работы колонных

аппаратов. При подборе устройств, как правило придерживаются соответствию главным признакам: производительность, гидравлическое сопротивление; коэффициент полезного действия, рабочие нагрузки; материалоемкость, несложность системы.

В наше время в период индустриальной практики известно сто различных концепций тарелок, которые можно классифицировать в соответствии со способом передачи жидкости с тарелки в тарелку, в соответствии со способом взаимодействия жидкой фазы и электропроводной (газовой) фазы, в соответствии с концепцией устройства для ввода пара (газа) в смесь, а также и другие [1].

Главными масштабами тарелок характеризуют упорядоченную, эффективную службу колонны в определенном диапазоне неустойчивых нагрузок. К ним относятся типовые размеры тарелок, как соотношение рабочей площади к площади переливов, объём слива жидкости, свободный срез тарелки, масштаб контактных компонентов и расстояние между ними.

В учебном пособии автора Банных О.П. «Оборудование для нефтехимических производств» показано, что в плоскости контакта фаз в действиях ректификации, абсорбции, экстракции используются колоночные устройства с внутренними контактными приборами.

Кроме того, в методических материалах в сжатой форме показан анализ основных систем массообменных приборов. Исходя из вида контактных устройств, различают тарельчатые и насадочные колонны. В тарельчатых аппаратах связь между водянистыми и газовыми фазами совершается через прохождение газа посредством прослоя жидкости на тарелке. В насадочных колоннах связь между фазами используется в плоскости пассивных тел – в частности насадок. [2]

Сфера использования контактных устройств определяется свойствами веществ, участвующих в массообменном процессе, давлением в колонне, нагрузками по фазам и т.п.

При выборе материала, с целью производства тарелок, определяющим является оптимальная коррозионная стойкость, и вид конструкционной стали. Но в определенных условиях, к примеру, абсорбция или экстракция, возможно, использовать тарелки с полимерными материалами. [3].

К плюсам данного вида тарелок, а именно, колпачковых устройств, можно отнести: существенное снижение потерь продукта, повышение интенсивности остывания воды, повышение прочности и долговечности тарелок.

К минусам данного типа тарелок нужно отнести: низкую удельную эффективность, относительно существенное сопротивление, металлоемкость, трудоёмкость изготовления, а также существенная цена изготовления.[4]

Я считаю, что для повышения дальнейшей производительности работы тарелок важно сосредоточиться на таких задачах, как: уменьшение флегмового отношения, повышение взаимодействия газа, объединение и регулирование температуры.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ахметов С. А., Сериков Т. П., Кузеев И. Р., Баязитов М. И. Технология и оборудование процессов переработки нефти и газа.– С.–Пб.: Недра, 2006.– С. 411.

2 Банных О. П. Оборудование для нефтехимических производств» учеб. пособие / О. П. Банных .– М, 2002 – 131

3 Мановян А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа.– М.: Химия, 2001.– С. 499.

4 Богатых К. Ф., Нестеров И. Д., Чуракова С. К.// В сб. научн . трудов АТН РФ «Прикладная синергетика и проблемы безопасности».– 2003.– С. 25.

УДК 621.791

Комарова Ксения Константиновна, студентка; Komarova Ksenia

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Vakhmatov Pavel Viacheslavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ОТРАБОТКА РЕЖИМОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ С ИМПУЛЬСНОЙ ПОДАЧЕЙ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА

### TESTING OF AUTOMATIC ARGON-ARC WELDING MODES FOR PIPELINE SYSTEMS WITH PULSE WELDING BY FEEDING THE FILLER MATERIAL

**Аннотация.** Данная работа посвящена отработке режимов автоматической сварки трубопроводных систем с использованием устройства для подачи сварочной проволоки. Произведена апробация разработанной установки для автоматической сварки неплавящимся электродом в комплексе с устройством для подачи присадочного материала с видеофиксацией образования неразъемного соединения. Установлено, что использование автоматического комплекса позволяет получать удовлетворительные соединения трубопроводных систем.

**Abstract.** This work is devoted to working out the modes of automatic welding of pipeline systems using a device for feeding welding wire. The developed installation for automatic welding with a non-consumable electrode in combination with a device for feeding the filler material with video recording of the formation of an all-in-one joint was tested. It is established that the use of an automatic complex allows obtaining satisfactory connections of pipeline systems.

**Ключевые слова:** аргонодуговая сварка, колебательные движения.

**Keywords:** argon arc welding, oscillatory movements.

В настоящее время приоритетным направлением развития сварочного производства является всесторонняя автоматизация и роботизация сварочных процессов, с целью исключения человеческого фактора, снижению дефектности и получения удовлетворительных свойств неразъемных соединений.

Целью данной работы является апробация комплекса для автоматической аргодуговой сварки трубопроводных систем с импульсной подачей присадочного материала (рисунок 1), разработанного на кафедре «Технология сварочного и металлургического производства».

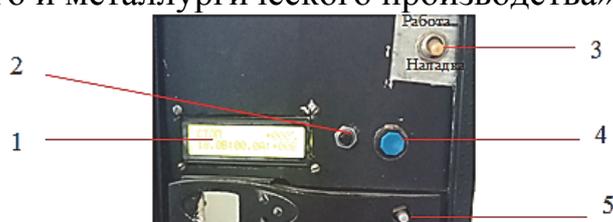


Рисунок 1 – Устройство подачи сварочной проволоки

Устройство снабжено жидкокристаллическим экраном (1), кнопкой выбора параметров настройки (2), клавишей запуска программы «Режим работа» (3), кнопкой запуска режима наладки (4), индикаторной лампочкой (5). Кнопка 2 имеет два функционала: при нажатии можно выбрать необходимый режим, а при вращении задать значение параметра.

Данной устройством имеет различные параметры режимов:

Параметр «задержка» необходим для импульсной подачи проволоки;

Прямой и обратный импульс в меню отображаются дважды, так как характеризуется как по величине (скорости подачи проволоки), так и времени;

Параметры «Максимальный и минимальный ток»;

Параметры «Номинальное и максимальное напряжение»;

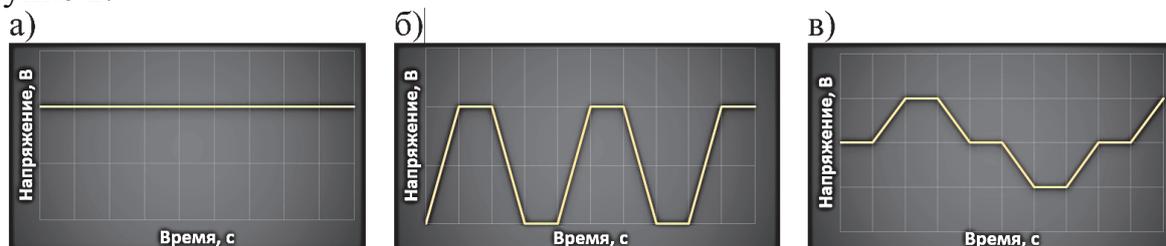
Параметр «Реверс»;

Параметр «Фронт»;

Параметр выбирается как непрерывный, так и импульсный.

Устройство позволяет управлять движением сварочной проволоки тремя видами: непрерывная подача, подача импульсами (прямолинейная с задержкой и возвратно-поступательная).

Управление различными видами подачи проволоки показано на рисунке 2.



а – непрерывная подача; б – прямолинейная с задержкой;

в – возвратно-поступательная

Рисунок 2 – Виды подачи проволоки

Для отработки режимов автоматической аргодуговой сварки выполнена сварка трубы по режимам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры подающего механизма

Параметр	Значение
Задержка	001
Пр. импульс	0,10
Об. Импульс	0,06
Макс. Ток	25
Мин. Ток	20
Ном. Напр	13
Макс. Напр.	50
Пр. импульс	74
Об. Импульс	45
Реверс	Да
Фронт	60
Режим	Импульсный
Сварочный ток	90

Шов выполнен в два прохода. Первый выполнялся без подачи присадочного материала для образования корневой части шва. Второй валик накладывался с импульсной подачей присадочного материала. В процессе сварки произведена видеофиксация образования неразъемного соединения (рисунок 3, а) для установления особенностей подачи присадочного материала в сварочную ванну.

В процессе образования неразъемного соединения с импульсной подачей присадочного материала замечено смещение подачи относительно сварочной ванны. При нормальной подаче в зону сварочной ванны обнаружен струйный перенос металла, при смещении в зону столба дуги – мелкокапельный.

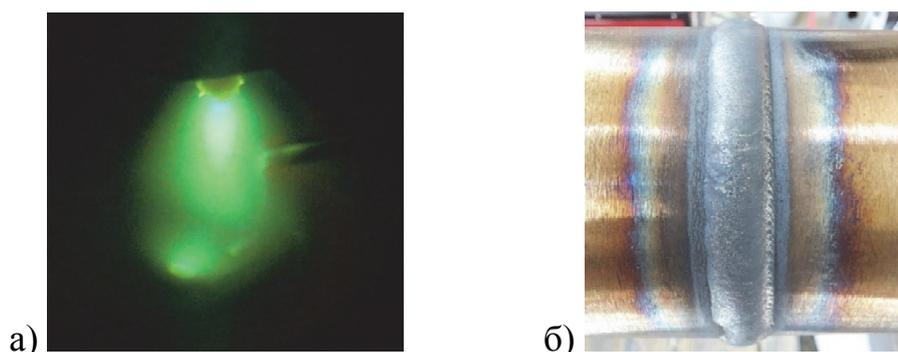


Рисунок 3 – Процесс переноса металла присадочного материала в сварочную ванну (а); внешний вид неразъемного соединения (б)

После образования неразъемного соединения произведена визуальная оценка (таблица 2) согласно ГОСТ 16037-80, тип соединения С17. Обнаружено отклонение ширины шва и высоты усиления, корень шва сформирован удовлетворительно. Внешний вид неразъемного соединения представлен на рисунке 3, б.

Таблица 2 – Параметры шва

Ширина шва, мм	Высота усиления, мм	Толщина, мм
8	2	3

Для получения удовлетворительных геометрических параметров неразъемного соединения необходимы дальнейшие исследования.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Юхин Н.А. Ручная дуговая сварка неплавящимся электродом в защитных газах / Н.А. Юхин. – М.: Союзло, 2007. – 49с.

УДК 66.045(07)

Кононенко Руслан Станиславович, студент; Kononenko Ruslan Stanislavovich  
Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук,  
Sarilov Mikhail Yur'evich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGERS

**Аннотация.** Данная работа посвящена повышению эффективности работы кожухотрубчатого теплообменника. Интенсификация за счет дополнительного перемешивания движущейся среды. Применение дополнительных конструктивных элементов.

**Abstract.** This work is devoted to improving the efficiency of the shell-and-tube heat exchanger. Intensification due to additional mixing of the moving medium. The use of additional structural elements.

**Ключевые слова:** кожухотрубчатый теплообменник, теплообменный аппарат, интенсификация теплообмена, движущаяся среда, витые трубы.

**Keywords:** shell and tube heat exchanger, heat exchanger, heat transfer intensification, moving environment, twisted pipes.

Повышение интенсификации теплообмена в кожухотрубчатых теплообменных аппаратах задача весьма актуальна и имеет большое значение в любом производстве, так как ее цель заключается в энерго- и ресурсосбережении, что однозначно положительно влияет и на экономическую сторону.

Один из путей решения этой задачи заключается в дополнительном перемешивании движущейся среды. С этой целью применяют закрутку потоков за счет использования витых труб (рисунок 1).

Коэффициент теплопередачи такой конструкции, по данным фирмы-изготовителя, на 50 % выше по сравнению со стандартными кожухотрубчатые теплообменниками.[1]

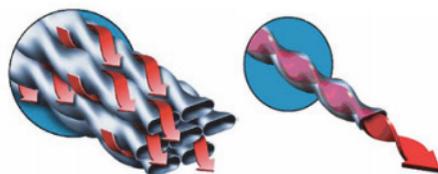


Рисунок 1 – Схема закрутки потоков снаружи и внутри витых труб

Применение дополнительных конструктивных элементов в межтрубном пространстве с целью интенсификации теплообмена и снижения гидравлического сопротивления.[2]

При размещении дополнительных перегородок и увеличении расстояния между основными поперечными перегородками увеличивается энергетическая эффективность теплообменника на 22 %.

По результатам патентного поиска можно сделать вывод о том, что к достоинствам рассмотренных патентов относятся: увеличение КПД; повышение надежности и работоспособности кожухотрубчатых теплообменных аппаратов.

Наиболее рациональный способ повышения эффективности работы теплообменника - использование труб, имеющих синусоидальный профиль в продольном сечении (рисунок 2) патент 2672988. [3]

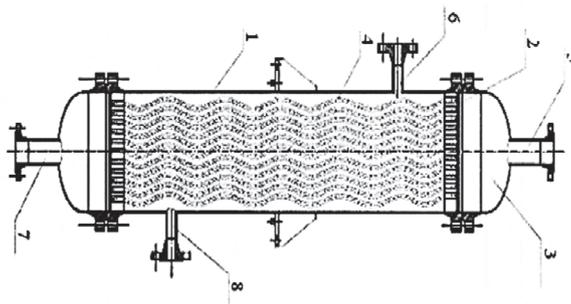


Рисунок 2 – Кожухотрубный теплообменный аппарат с синусоидальным профилем труб (патент РФ 2672988)

Применение вышепредставленных решений в комплексе, вероятно, поспособствует тому, что эффективность кожухотрубчатого теплообменного аппарата значительно возрастет.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Огнев А.А. Модернизация кожухотрубчатого теплообменника / А.А. Огнев, С.Х. Загидуллин // Химия. Экология. Урбанистика.: Материалы Всероссийской научно-практической конференции том 4. – Пермь.:Издательство Пермского национального исследовательского политехнического университета,2020.–350-354с.

2 Четверткова О.В. Повышение эффективности кожухотрубчатых теплообменных аппаратов совершенствованием конструктивного исполне-

ния межтрубного пространства / автореф. дис. ...канд. тех. наук : О.В. Четверткова. – Уфа, 2017. – 127с.

3 Пат. 2672988 Российская федерация, МПК F28D 7/00 (2006.01) F28F 1/08 (2006.01). Кожухотрубчатый теплообменный аппарат / М.Г. Лагуткин, В.Г. Сорокин, И.И. Сорокина, А.С. Абрамов, С.Ф. Корюкин, С.В. Михайловский, П.И. Коровин, А.В. Маркелова, Д.П. Гребенщиков : заявитель и патентообладатель общество с ограниченной ответственностью «НИУИФ-Инжиниринг». – № 2015105927; заявл. 24.02.2015; опубл. 21.11.2018, Бюл. № 33 – 6 с. : ил.

УДК 620.178.12

Коробко Владислав Владимирович, магистрант;

Korobko Vladislav Vladimirovich

Пронин Александр Иннокентьевич, канд. техн. наук, доцент;

Pronin Alexander Innokentyevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **РАЗРАБОТКА ОСНАСТКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И ГЕРМЕТИЧНОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ**

### **DESIGNING OF EQUIPMENT FOR TESTING THE STRENGTH AND TIGHTNESS OF PIPELINES**

**Аннотация.** В работе рассмотрены способы конструкции устройств для испытания трубопроводов пневмогидравлическим методом

**Abstract.** The article discusses the methods of constructing devices for testing pipelines using a hydropneumatic method.

**Ключевые слова:** испытание, трубопровод, герметичность, прочность, приспособление, оснастка.

**Keywords:** testing, pipeline, tightness, strength, fixture, rigging.

Испытания проводятся на всех этапах жизненного цикла продукта. Правильная организация испытаний позволяет избежать недостоверных результатов и предотвратить выпуск несоответствующей продукции.

Важнейшей частью организации испытаний является грамотная разработка и утверждение методик проведения испытаний. Правильно составленная методика проведения испытаний позволяет получать результаты с высокой достоверностью даже при работе персонала с низкой квалификацией [1, с. 3].

Трубопровод – сборочная единица, состоящая из деталей ствола и арматуры [1]. Трубопровод изготавливается методом сборки-сварки из набора унифицированных элементов [2]. В топливной системе самолета существуют такие трубопроводы которые имеют рабочее давление 28кг/см<sup>2</sup>, а значит перед установкой в самолет следует их испытывать давлением в 1.5 раз вы-

ше рабочего ( $42\text{кг/см}^2$ ). На этапе проведения стандартных испытаний были выявлены недопустимые изменения конфигурации законцовок трубопроводов при использовании штатных разжимных испытательных заглушек с креплением за пазы законцовок. В рамках развития «Производственной Системы Сухой» проведен анализ применяемых технологий изготовления трубопровода с целью совершенствования технологий.

Для поддержания конкурентоспособности предприятия, для того, чтобы занять и удерживать лидирующие позиции в авиастроительной отрасли важно осваивать новые методы производства.

Для определения пути развития были проанализированы предложения ОКБ Сухого, и предыдущие методы испытаний.

Изучив данные технологии, были сделаны выводы, что ни один из выше перечисленных методов не подходит, так как предложенное приспособление ОКБ (рисунок 1) имеет слишком большой вес, габариты и для каждого трубопровода потребуется отдельная оснастка, метод с использованием штатных заглушек (рисунок 2) использовать не возможно из за деформации трубопровода при испытании, нынешнюю методику испытания с использованием бурта (рисунок 3) более использовать не возможно в связи с решением №Т50-39-0551-09 - КнААЗ должен разработать оснастку, обеспечивающую испытания в полном объеме без применения законцовок с буртиком, так как при удалении буртика нарушается целостность трубопровода.

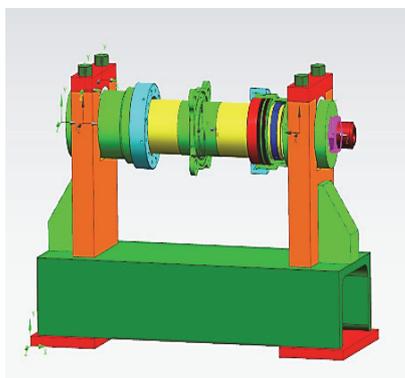


Рисунок 1 – предложения ОКБ Сухого

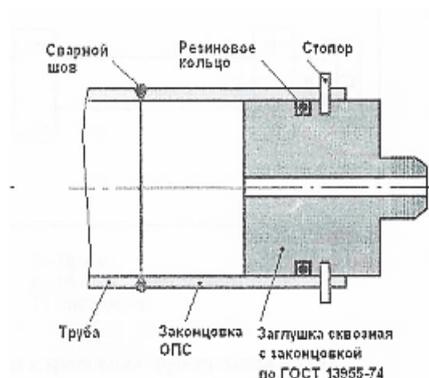


Рисунок 2 – метод испытания с использованием штатных заглушек

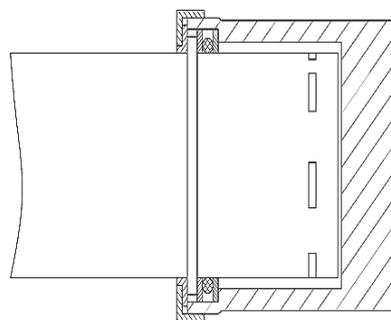


Рисунок 3 – метод, используемый на данный момент

Далее был проведен анализ имеющейся номенклатуры трубопроводов и разбит на 2 категории: ПРЯМЫЕ и ИЗОГНУТЫЕ. Для обеих категорий спроектированы прототипы приспособлений для испытания

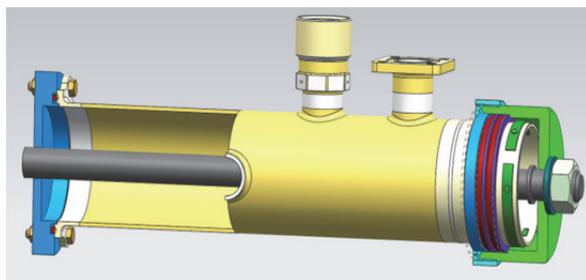


Рисунок 4 – приспособление для испытания прямых трубопроводов

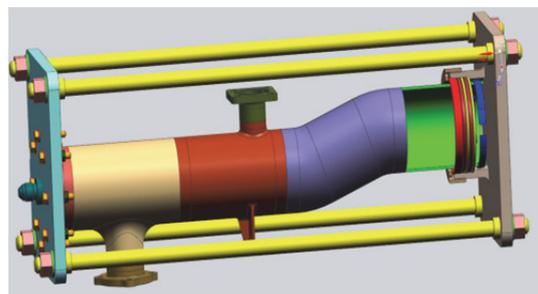


Рисунок 5 – приспособление для испытания изогнутых трубопроводов

Для унификации данной оснастки предлагается унифицировать параметры трубопроводов (рисунок 6): уголгиба ( $\alpha_1$ ), диаметр трубы ( $D$ ) и длина трубы ( $L$ ).

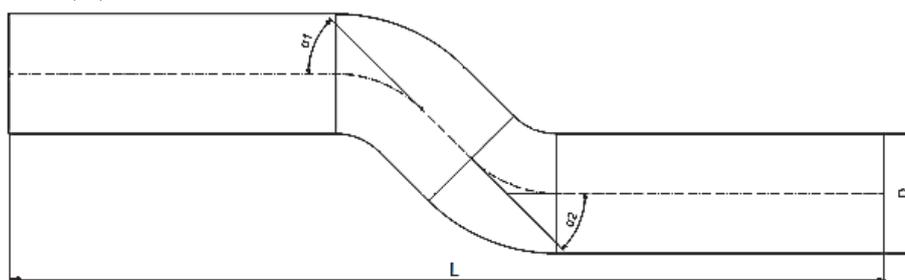


Рисунок 6 – Геометрические параметры

Данное решение позволит снизить затраты на производство приспособлений для испытаний для каждого трубопровода индивидуально, то есть избавиться от множества оснастки, повысится быстродействие, одной оснасткой возможно будет испытывать сразу несколько трубопроводов в отличие от другой оснастки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Организация и технология испытаний: в 2 ч. Ч. 1: Методы и приборы испытаний : учебное пособие / М.Ю. Серегин. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 84 с.

2 Дрогайлова, Л. Н. Методы и средства измерений, испытаний и контроля / Л. Н. Дрогайлова. – М. : Познание, 2008. – 49 с.

УДК 621.791

Короткий Михаил Михайлович, студент; Korotkiy Mikhail Mikhailovich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Bakhmatov Pavel Viacheslavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ВЛИЯНИЕ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ СПЛАВА MANAURITE 900 НА ОБРАЗОВАНИЕ ХОЛОДНЫХ ТРЕЩИН**

### **THE EFFECT OF ARGON ARC WELDING OF MANAURITE 900 ALLOY ON THE FORMATION OF COLD CRACKS**

**Аннотация.** Данная работа посвящена проблеме сварки и ремонта коллектора из сплава Manaurite 900 после продолжительной работы в среде водорода. Рассмотрено влияние ручной аргонодуговой сварки сплава manaurite 900 на образование холодных трещин.

**Abstract.** This work is devoted to the problem of welding and repairing a collector made of Manaurite 900 alloy after prolonged operation in a hydrogen environment. The influence of manual argon arc welding of the manaurite 900 alloy on the formation of cold cracks is considered.

**Ключевые слова:** водород, manaurite 900, аргонодуговая сварка.

**Keywords:** hydrogen, manaurite 900, TIG.

Manaurite 900 сплав, который используется на заводе АО «ННК-Хабаровский НПЗ», а именно из него изготавливаются коллектора для реакторной печи реформинга, которая производит водород. Коллектора работают при температурах 800-700°C, при этом через них проходит водород. За время эксплуатации материал коллектора активно насыщается водородом, что меняет его механические свойства и характеристики. При длительной эксплуатации на коллекторах образуются повреждения, которые необходимо исправить, на это время печь останавливает свою работу. Так как сплав manaurite 900 не имеет широкого применения, то и возможности, заменить коллектор на новый в короткие сроки, нету. При ремонте, вследствие изменения характеристик материала шва, возникают трудности сварки, а именно большое количество трещин в зоне термического влияния и околошовной зоне.

Ранее [1] произведены исследования в области металлографии сварного соединения коллектора с тройником коллектора реакторной печи реформинга. Установлено что в одном из четырех образцов металла обнаружены микротрещины, они появились вследствие несоответствия состава тройника коллектора заявленной марке сплава manaurite 900, а также использования разных материалов для сварки и дефектов в шве.

Целью данной работы является изучение влияния ручной аргонодуговой сварки сплава manaurite 900 на образование холодных трещин при многопроходной сварке.

Для изготовления образцов использовался стык коллектора и тройника коллектора. Труба была раскроена поперек шва (рисунок 1) с помощью ленточного станка по металлу.



Рисунок 1 – Срез трубы поперек сварного шва

Далее из среза были изготовлены образцы для сварки металла коллектора, чтобы симитировать условия. Соединение СЗн по СТО 00220368-008-2006. Толщина заготовок 40 мм, притупление кромок 1,5 мм, зазор 2,5 мм, разделка кромок 60°. Сварка выполнялась ручной дуговой сваркой неплавящимся электродом в среде аргона. Для сварки использовали вольфрамовый электрод марки WC-20 диаметром 3,2 мм, присадочный материал марки WZ 2133 Mn Nb диаметром 2,5 мм. Режимы сварки: ток 145А, постоянный ток прямой полярности. Межваликовая температура не более 150°С. Произвели 9 проходов, после оставили на 15 ч остывать, результат сварки после 3 проходов изображен на рисунке 2, а, результат после 9 проходов изображен на рисунке 2, б, со стороны корня шва на рисунке 3.

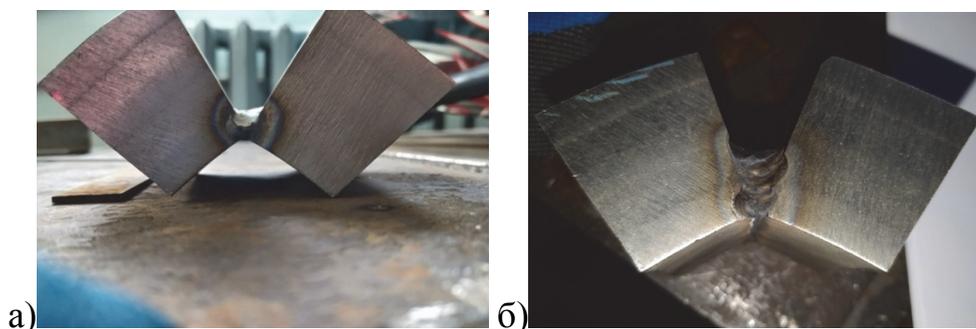


Рисунок 2 – Аргонодуговая сварка сплава manaurite 900:  
а - после 3 проходов; б – после 9 проходов



Рисунок 3 – Сварка после 9 проходов, вид со стороны корня шва

После образования неразъемного соединения произведен визуальный осмотр согласно СТО 00220368-008-2006, тип соединения СЗн. Обнаружено сильное стягивание металла, вследствие чего был уменьшен угол разделки кромок, а также образовалась холодная трещина в околошовной зоне и зоне термического влияния.

Предполагается, что для получения бездефектного сварного соединения необходимо произвести дополнительные исследования: произвести сварку другими видами сварки; использовать термическую обработку, как до сварки, так и после сварки; использовать технологические приемы во время сварки; использовать другие сварочные и присадочные материалы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кухарец А.А., Бахматов П.В., Соболев Б.М. Структура и свойства ремонтного сварного соединения коллектора реакторной печи реформинга установки производства водорода из сплава *manaurite* 900 / А.А. Кухарец, П.В. Бахматов, Б.М. Соболев // 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. С. 71-74.

2 Макаров Э. Л., Якушин Б. Ф. Теория свариваемости сталей и сплавов / Макаров Э. Л. – М.: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 487с.

3 Патон Б. Е., Казакова Е. Н., Юштина Т. В. Международный научно-технический и производственный журнал «Автоматическая сварка» / Патон Б. Е. – У.: НанУ Иэ им. Е. О. Патона, 2006. – 72с.

УДК 621.86.06

Косачев Кирилл Дмитриевич, студент; Kosachev Kirill Dmitrievich  
Козлита Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент;  
Kozlita Alexander Nikolaevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТАКЕЛАЖНАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ МОНТАЖА И ДЕМОНТАЖА КРУПНОГАБАРИТНЫХ АППАРАТОВ

### UNIVERSAL RIGGING EQUIPMENT FOR MOUNTING AND DISMOUNTING LARGE-SIZED DEVICES

**Аннотация.** Данная работа посвящена использованию одной и той же такелажной оснастки для демонтажа и монтажа аппарата.

**Abstract.** This work is devoted to the use of the same rigging equipment for dismantling and mounting the device.

**Ключевые слова:** монтаж, демонтаж, траверса, кантователь, такелажная оснастка.

**Keywords:** installation, dismantling, traverse, tipping device, rigging equipment.

Реконструкция действующих установок нефтехимических производств процесс неизбежный в силу и физического и морального старения оборудования [1, с. 507-508]. При полной замене установки процессы демонтаж старой и монтажа новой экономически и организационно целесообразно вести отдельно. При частичной замене аппаратов возникает проблема стесненности рабочего пространства, ограниченности площадки и невозможности применения кранов большой мощности в силу их значительных габаритов. Расширение монтажной площадки за счет сноса некоторых объектов (с последующим их восстановлением) экономически затратно и сказывается на сроках операции. В этой связи становится актуальным изыскание приемов работы и проектирование оснастки позволяющей провести и демонтаж, и последующий монтаж аппаратов универсальной оснасткой и минимальным числом кранов [2, с. 167-172].

Применение такого подхода позволяет уменьшить стоимость оснастки, временные затраты на её производство, а также уменьшить время простоя технологического оборудования предприятия, поскольку исключается необходимость смены оснастки при монтаже нового оборудования [3, с. 122-124].

Примером такого подхода является использование кантователя при демонтаже старого и монтаже нового аппарата на НПЗ в г. Темиртау, Казахстан (рисунок 1).



Рисунок 1 – Пример конструкции кантователя

Использован кантователь коробчатого типа с опиранием на пары штуцер-вилка. Такая конструкция наилучшим образом показывает себя в парном исполнении, с разносом точек опирания почти на диаметр аппарата и обеспечением поперечной устойчивости.

При возрастании веса аппарата и его габаритов предлагается изготовить кантователь в виде такого же фланца, как опорный фланец аппарата.

Кантователь на временной точке опирания позволяет производить демонтаж старой и монтаж новой колонны одним краном, что применимо в стесненных условиях технологической установки.

Монтажная операция заключается в следующем (рисунок 2).

Заранее готовится временный фундамент, на который устанавливается кантователь, кран выставляется в первое положение, требующее минимально возможный вылет стрелы.

Подготовленная к демонтажу старая колонна стропится, производится её подъём и опирание на временную точку опирания – фундамент с кантователем. Затем колонна при помощи шпилек крепится к кантователю. Кран переводится во второе положение, обеспечивающее достаточную его грузоподъемность при переводе аппарата в горизонталь. Наличие точки опирания аппарата на кантователь кратно уменьшает требуемые усилия на крюке крана. После перевода в горизонталь старый аппарат либо транспортируется целиком, либо фрагментируется. Во втором случае фрагменты имеют кратно меньшую массу и могут быть вынесены тем же краном на значительные расстояния, в том числе с переносом над существующими конструкциями.

Новый аппарат монтируется в обратной последовательности: крепится к кантователю (в том числе непосредственно с транспортного средства), переводится в вертикаль, кран меняет позицию и затем новая колонна устанавливается в проектное положение.

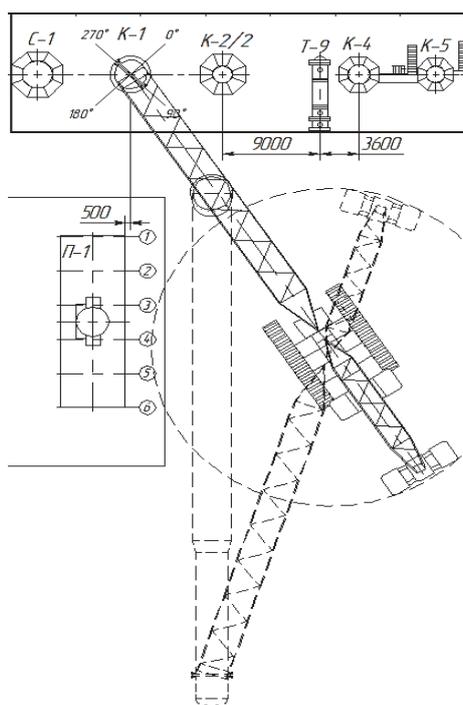


Рисунок 2 – Схема монтажной операции

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Поникаров, И. И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки / И. И. Поникаров, М. Г. Гайнуллин. – М. : Альфа-М, 2006. – 608 с.

2 Молоканов, Ю. К. Монтаж аппаратов и оборудования для нефтяной и газовой промышленности. Учебник для вузов / Ю. К. Молоканов, З. Б. Харас. – М. : Недра, 1982. – 391 с.

З Гайдамак, К. М. Монтаж оборудования предприятий химической и нефтехимической промышленности. Учебное пособие для профессионально-технических учебных заведений и подготовки рабочих на производстве / К. М. Гайдамак, Б. А. Тыркин. – М. : Высшая школа, 1974. – 286 с.

УДК 621.791

Кравец Данил Андреевич, студент; Kravets Danil Andreevich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Bakhmatov Pavel Viacheslavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **РАЗРАБОТКА ВРАЩАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СВАРКИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ**

### **DEVELOPMENT OF A ROTATING DEVICE FOR WELDING CURVED PIPELINES**

**Аннотация.** Данная работа посвящена разработке вращающего устройства для сварки криволинейных трубопроводов.

**Abstract.** This work is devoted to the development of a rotating device for welding curved pipelines.

**Ключевые слова:** вращающее устройство, сварочный вращатель.

**Keywords:** rotator, welding rotator.

Сварщику при выполнении сварного кольцевого шва приходится делать вынужденные паузы с прерыванием дугового разряда и производить вращение трубы на угол до 90° вручную 3-4 раза (в зависимости от диаметра свариваемых элементов трубопроводных систем). Необходимость поворота детали регламентируется технологическим процессом изготовления элементов трубопроводных систем по причине отсутствия поворотных механизмов для вращения труб, и, главным образом, по причине невозможности использования стандартного оборудования (манипуляторов, вращателей, позиционером) для сварки криволинейных участков труб. Многие сварщики по этой причине располагают свариваемые элементы ТПС вертикально с фиксацией их между торцом столешницы стола сварщика и собственной ногой, при этом шов имеет горизонтальное пространственное положение, что крайне усложняет операции его формирования. В местах прерыва и возобновления дугового разряда, происходит наложение сварочного валика, как показано на рисунке 1.

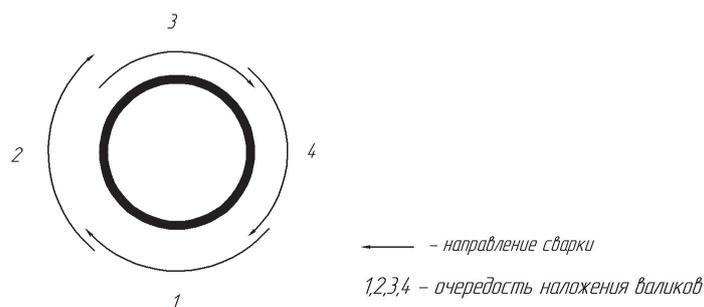


Рисунок 1 – Наложения сварочных валиков

Анализ дефектов сварных соединений по результатам радиографического контроля показал, что основными дефектами является поры (как единичные, так и скопления). Поры обнаруживаются как в центре сварного соединения, так и по линии сплавления. Особенно часто поры встречаются в местах окончания одного и начала следующего валика.

По анализу техники выполнения сварных соединений и технологии изготовления патрубков и тройников из алюминиево-магниевого сплава видно, что практически при безукоризненном выполнении сварщиком указаний специального технологического процесса, детали имеют дефекты геометрического характера, а также трещины и поры. Это еще раз свидетельствует о недопустимости вынужденных остановок с прерыванием дугового разряда для поворота трубы вручную на угол до  $90^\circ$ . На рисунке 2 показана рентгенограмма кольцевого соединения трубопровода диаметром 60 мм, марка материала АМг2М, толщина основного материала 2,0 мм.

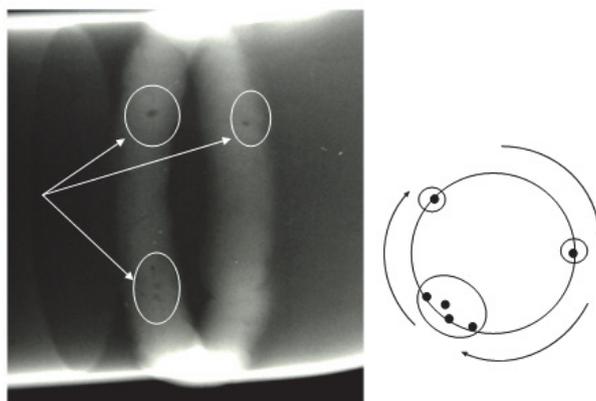


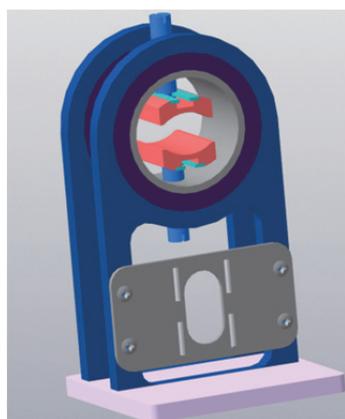
Рисунок 2 – Рентгенограмма кольцевого соединения трубопровода

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что необходимо производить сварку трубопровода за один проход. Для этого необходимо устройство, позволяющее вращать трубопровод.

В ходе проведённых разработок было спроектировано вращающее устройство, представленное на рисунке 3.

Преимущества данного устройства: компактность, маленькая база захвата трубы (50 мм), устойчивость к ударам и повреждениям.

Недостатки: отсутствие точного центрирования (отклонения от центра до 3 мм).



а)



б)

Рисунок 3 – Вращающее устройство: а – 3D модель; б – прототип устройства  
На рисунке 4 указан чертеж с позициями составных частей

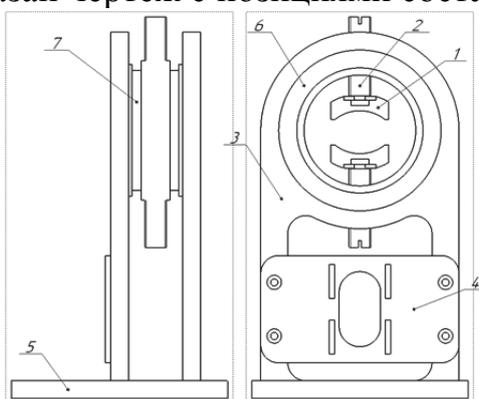


Рисунок 4 – Чертеж с позициями составных частей

- 1 - Щеки (2шт), прижимают трубу, с помощью винтов позиции 2.
- 2 - Винты (2шт), осуществляют зажимание и разжимание щек.
- 3 – Пластины каркаса (2шт), используются для прессования подшипников и служит основной частью каркаса.
- 4 – Пластина (1шт), служит для крепления шагового двигателя и натяжения ремня.
- 5 – Плита (1шт), является опорой всей конструкции.
- 6 – Подшипники скольжения (2шт), позволяют вращать основную часть конструкции.
- 7 – Ось (1шт), основное вращающееся тело, имеет 2 паза под ремни, впрысована в подшипники и имеет 2 отверстия с резьбой под винты позиции 2.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Причины возникновения дефектов при сварке алюминиевого трубопровода / Бабарин Д.В., Ковалёв В.А., Ващук И.А. // материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 г. / редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. – С. 71–74.2. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. – М: Машиностроение / Москва, 2001. – 3 т.

УДК 544.723.212

Кравцова Ирина Олеговна, студент; Irina Olegovna Kravtsova

Янбекова Александра Камильевна, студент;

Alexandra Kamilievna Yanbekova

Вахрушев Николай Евгеньевич, студент; Nikolai Evgenievich Vakhrushev

Михаленко Ирина Ивановна, доктор химических наук, профессор;

Mikhalenko Irina Ivanovna

Российский университет дружбы народов

## УДАЛЕНИЕ ИЗ ВОДНОЙ СРЕДЫ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЮМОЦИРКОНИЕВЫХ СОРБЕНТОВ

### REMOVAL OF MODEL POLLUTANTS FROM AQUEOUS MEDIA USING ALUMINA-ZIRCONIA SORBENTS

**Аннотация.** В данной работе был синтезирован обратным золь-гель методом алюмоциркониевый (AlZr) оксидный материал, модифицированный оксидом иттербия, неоиногенным полимером и нанесенным оксидом никеля. Удельная поверхность и пористость ксерогелей с разной термообработкой и наличием  $Ni^{+2}$  определялись по низкотемпературной адсорбции азота. Методом фотометрии была изучена адсорбционная способность образцов в отношении *p*-нитрофенола анионной формы и анионного (метиленоранж) и катионного (метиленовый синий) красителей.

**Abstract.** In this work, the reverse sol-gel method was used to synthesize aluminum-zirconium oxide (AlZr) materials modified with ytterbium oxide, non-ionic polymer and supported nickel oxide. The specific surface area and porosity of the xerogels with different heat treatment and  $Ni^{+2}$  were determined by low-temperature nitrogen adsorption. The adsorption capacity of xerogels was studied by photometry in relation to *p*-nitrophenol of anionic form and anionic (methylene orange) and cationic (methylene blue) dyes.

**Ключевые слова:** оксид циркония, оксид алюминия, оксид никеля, адсорбция, метиленовый синий, метил оранж, *p*-нитрофенол, очистка воды.

**Keywords:** zirconium oxide, aluminium oxide, adsorption, methylene blue, methyl orange, *p*-nitrophenol, water purification.

Важной экологической проблемой современного мира является загрязнение природных водных ресурсов органическими веществами. В донных отложениях реки Амур присутствуют полициклические ароматические углеводороды, а воды бухты Золотой Рог классифицируют как «загрязненные» с содержанием 4-нонилфенола на подкритическом уровне [1,2]. Адсорбционная очистка водной среды от органических поллютантов проводится, как правило, с использованием активных углей (АУ). Уголь не удаляет сложные нитро- и хлорсодержащие соединения, является хрупким материалом ограниченного срока работы, поэтому для доочистки исполь-

зуются алюмосиликаты и разрабатываются гибридные оксидно-угольные сорбенты [3], в том числе и с каталитической активностью. Такими перспективными материалами могут стать оксидные системы в виде высокопористых ксерогелей с варьируемым составом поверхности, что расширяет спектр извлекаемых поллютантов.

Эксперимент. В данной работе были приготовлены и протестированы на адсорбционную способность мезопористые сложнооксидные ксерогели мольного соотношения  $65\%Al_2O_3-35\%ZrO_2$ , содержащие функциональные добавки  $Yb_2O_3(3\%отZrO_2)$ , структурообразующий полимер поливинил-пирролидон (PVP) и нанесенный методом пропитки никель в виде оксида.

Сорбент получали контролируемым обратным золь-гель синтезом (ЗГС) длительностью 1 ч при комнатной температуре, pH 9.7-9.9 с использованием  $NH_4OH$  (осадитель),  $Al(NO_3)_3 \times 9H_2O$ ,  $ZrOCl_2 \times 8H_2O$ ,  $Yb(NO_3)_3 \times 5,4H_2O$  и  $Ni(NO_3)_2 \times 6H_2O$  для введения на поверхность  $Ni^{+2}$  с содержанием 5% вес. от оксида-носителя. В ходе ЗГС седиментационно-турбидиметрическим методом определяли изменение степени полидисперсности частиц гидрогеля. Гидрогели промывали дистиллированной водой, этанолом, одну часть высушивали 1 ч при  $180^\circ C$  (образец 1), другую прокаливали 1 ч при  $500^\circ C$  (образец 2). На прокаленный порошок наносили никель с повторным высушиванием и прокаливанием 1 ч при  $500^\circ C$  (образец 3). Гидрогель в ходе синтеза имел три фракции частиц (две фракции частиц микрометрового и одну нанометрового диапазона). Размер частиц фракции 1 (крупные агломераты) уменьшался в ходе синтеза, а для фракций 2 (малые агломераты) и 3 (коллоидные частицы 10-20 нм) оставался постоянным. Значения удельной поверхности и пористости, полученные на анализаторе Tristar-3000, представлены в таблице 1. Видно, что прокаливание не снижает поверхность сорбента, а нанесение никеля уменьшает её только на 14%.

Таблица 1. Данные анализа методом БЭТ поверхности и пористости AlZr

№	Образец	$S_{уд}, м^2/г$	$V_{пор}, см^3/г$	$D_{пор}, нм$
1	AlZr(Yb, PVP) 180	200	0,176	3,6
2	AlZr(Yb, PVP) 500	213	0,276	4,9
3	5%Ni/AlZr(Yb, PVP) 500	187	0,202	4,3

Адсорбционную способность сорбентов характеризовали величиной гиббсовской адсорбции  $\Gamma = (A_0 - A)V \cdot (EmxS_{уд})^{-1}$ , которую рассчитывали по уменьшению оптического поглощения раствора объемом  $V=5$  мл с навеской сорбента  $m = 20$  мг и значениям  $A_0$  до и после  $A$  адсорбции (спектрофотометры ПП-5300ВИ и Эквью УФ1200). Аналитическая полоса поглощения  $\lambda$  в нм, экстинция  $E$ ,  $см^{-1} \cdot M^{-1}$ , начальная концентрация раствора  $C_0$  в мкМ и  $pK_a$  имеют следующие значения: *p*-нитрофенол с КОН – 400;

19000; 45; 7,15; метилоранж – 462; 23900; 20; 3,46; метиленовый синий – 662; 31600; 45. Температура адсорбции – 25 °С. Длительность адсорбции – 24 ч.

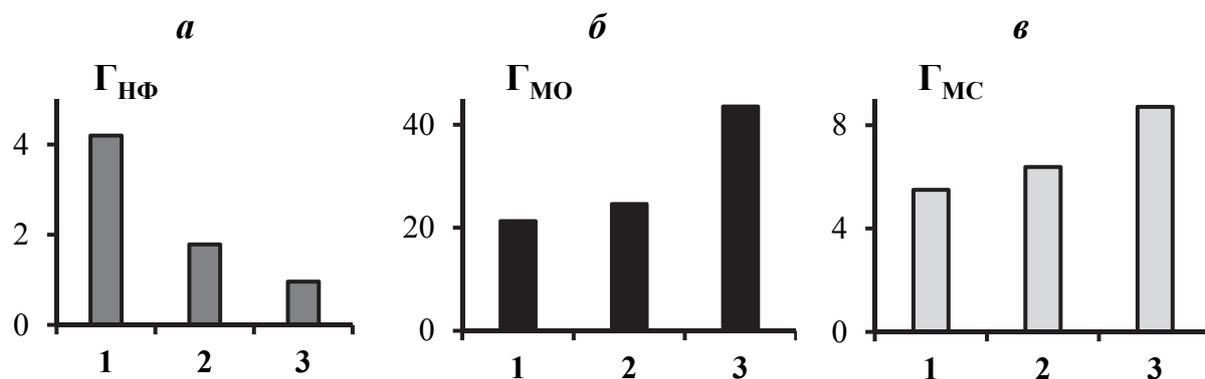


Рисунок 1. Адсорбции ( $\Gamma$ , нмоль/м<sup>2</sup>) *p*-нитрофенола (*а*), метилоранжа (*б*) и метиленового синего (*в*) на образцах AlZr(Yb,PVP)180 (1); AlZr(Yb,PVP)500 (2), Ni/AlZr(Yb, PVP)500 (3)

**Результаты.** Адсорбция нитрофенола уменьшается в ряду образцов  $1 > 2 > 3$ , тогда как для красителей она в том же ряду возрастает (рис.1). Равновесная адсорбция анионного красителя МО в десятки раз больше адсорбции анионов нитрофенола даже в условиях пониженной в 2 раза начальной молярной концентрации вещества. Присутствие Ni<sup>+2</sup> повышает адсорбцию красителей. Соотношения кислотных и основных центров поверхности AlZr(Yb,PVP), титруемых красителями, дают отношения  $\Gamma_{\text{мо}}/\Gamma_{\text{мс}}$ . Их значения равны 3,8 (1), 3,7 (2), 5 (3), что говорит о преобладании положительно заряженных центров, к которым можно отнести как нестехиометрические катионы Al<sup>+3</sup> и/или Zr<sup>+4</sup> (образцы 1,2), так и Ni<sup>+2</sup> (3).

На основании результатов изучения кинетики адсорбции установлено наличие двух типов центров адсорбции *p*-нитрофенола на сорбентах 1,2 с разными значениями константы скорости адсорбции псевдопервого порядка, а также МО на образце 1 и обоих красителей на образце 3. Неоднородность центров поверхности AlZr согласуется с данными для ZrO<sub>2</sub>-AY [3].

Работа выполнена по Договору сотрудничества между РУДН и ИМЕТ им. А.А.Байкова РАН (№94.09.19-В).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Фишер Н.К., Гаретова Л.А., Шестеркина Н.М., Кошельков А.М. Николаева Х.Н. Особенности качества воды реки Амур у г. Хабаровска в мае-июне 2019 года // Региональные проблемы. 2019. Т.22. № 3. С. 58-64.

2 Cherniaev A. P., Kondakova A. S., Zyk E. N. Contents of 4-Nonylphenol in Surface Sea Water of Amur Bay (Japan/East Sea) // Achievements in the Life Sciences. 2016. 10(1).p. 65–71.

3 Вахрушев Н.Е., Джессу С.Л.-И., Михаленко И.И. Адсорбция красителей на композитном сорбенте ZrO<sub>2</sub>-AY // Материалы интернет-симпозиума.– М.: ИФХЭ РАН. 2019. С.141.

УДК 621.01

Красиков Николай Анатольевич, студент; Krasikov Nikolay Anatolievich

Щелкунов Евгений Борисович, кандидат технических наук, доцент;

Shchelkunov Evgenii Borisovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНОВОК

### WORKING SPACE OF MECHANISMS OF PARALLEL STRUCTURE OF VARIOUS COMPONENTS

**Аннотация.** Представлены результаты исследования влияния углов размещения шарниров на основании и подвижной платформе механизма типа гексапод на размеры его рабочего пространства. Показано, что при неизменных габаритах механизма параллельной структуры размеры его рабочего пространства могут существенно меняться в зависимости от положения шарниров на основании и подвижной платформе.

**Abstract.** The results of the study of the influence of the angles of the hinges on the base and movable platform of a hexapod mechanism on the dimensions of its working space are presented. It is shown that, with the dimensions of the parallel structure mechanism unchanged, the dimensions of its working space can change significantly depending on the position of the hinges on the base and the movable platform.

**Ключевые слова:** механизм параллельной структуры, приводная штанга, шарнир, компоновка.

**Keywords:** parallel structure mechanism, drive rod, hinge, assembly.

Важным параметром любого металлообрабатывающего станка является его рабочее пространство - наибольший размер обрабатываемой на нем детали. Рабочее пространство станка с параллельной кинематикой представляет собой весьма сложную по форме фигуру. Ее форма и размеры определяются компоновочными параметрами механизма параллельной структуры (МПС)

В работе [1] представлена оригинальная классификация компоновок МПС, где в качестве классификационного признака выбрано расположение шарниров на основании и подвижной платформе, которое может подчиняться условию симметрии вращения, зеркальной симметрии либо быть асимметричным. Согласно предложенной классификации к симметрии вращения относятся компоновки с «равномерным», «ферменным», «парно-параллельным», «симметричным» размещением шарниров. К зеркальной симметрии относятся компоновки, названные «другие симметрич-

ные», где шарниры размещены так, чтобы выполнялось условие исключительно зеркальной симметрии.

К «асимметричным» относятся компоновки, где расположение шарниров на основании и подвижной платформе не подчиняется условию какой-либо симметрии.

В работе представлены результаты исследования формы и размеров рабочего пространства различных компоновок МПС типа гексапод с размещением шарниров приводных штанг на основании и подвижной платформе, подчиняющимся условию симметрии вращения.

Расчет выполнялся с помощью оригинальной программы [2].

В таблице 1 представлены наименьшие и наибольшие значения объема рабочего пространства, определенные для различных типов компоновок МПС с указанными параметрами.

Таблица 1 - Результаты расчета

Компоновка	Параметры				V <sub>г</sub> , мм <sup>3</sup>
	Основание		Платформа		
	l <sub>о</sub> , град	L <sub>о</sub> , мм	l <sub>п</sub> , град	L <sub>п</sub> , мм	
Равномерная	60,0	270	60,0	90	232142876
Симметричная 1	21,2	195	9,6	30	229141739
Симметричная 2	9,1	85	30,0	90	243388894
Ферменная 1	6,9	65	50,4	30	206171450
Ферменная 2	9,1	85	31,5	85	240618613
Попарно-параллельная 1	9,6	90	30,0	90	245021380
Попарно-параллельная 2	6,9	65	21,2	65	249374677

На рисунке 1 показано рабочее пространство компоновок, представленных в таблице 1. Компоновки с «симметричным» и «ферменным» размещением приводных штанг обладают большим разнообразием форм и размеров рабочего пространства, чем компоновки с «попарно-параллельным» размещением.

Анализ результатов расчета показывает следующее.

Наибольшим объемом рабочего пространства обладают компоновки с «попарно-параллельным» размещением приводных штанг. Разница между объемами рабочего пространства таких компоновок с «попарно-параллельным» размещением приводных штанг не превышает 2%.

Наибольший диапазон размеров рабочего пространства имеет компоновка «ферменного» типа. Разница между объемами рабочего пространства достигает 15%.

Наименьший объем рабочего пространства имеет компоновка «ферменная» 1. Наибольший объем рабочего пространства имеет компоновка «попарная» 2. Разница в объемах рабочего пространства между указанными компоновками достигает 21%.

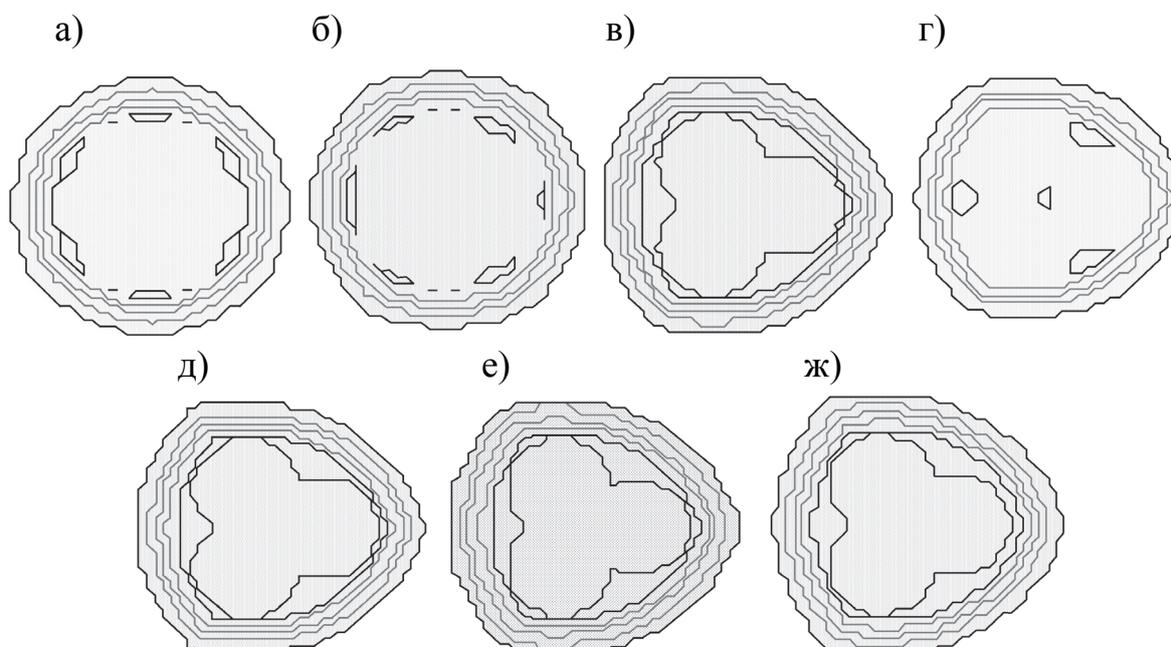


Рисунок 1 - Рабочее пространство (вид сверху) различных компоновок:  
 а – «равномерной»; б – «симметричной» 1; в – «симметричной» 2;  
 г – «ферменной» 1; д – «ферменной» 2; е – «попарно-параллельной» 1;  
 ж – «попарно-параллельной» 2

**Заключение.** Положение шарниров на основании и подвижной платформе оказывает существенное влияние на размеры рабочего пространства МПС. При сохранении общих габаритов механизма постоянными изменение положения шарниров приводит к изменению объема рабочего пространства МПС до 21%.

Наименьший объем рабочего пространства имеет компоновка с «ферменным» размещением приводных штанг. Наибольший объем рабочего пространства имеет компоновка с «попарным» размещением приводных штанг.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Щелкунов Е.Б. Применение шаблонов вычислений при проектировании механизмов параллельной структуры/ Е.Б. Щелкунов, С.В. Виноградов, А.И. Пронин, М.Е. Щелкунова //Сборка в машиностроении, приборостроении - 2017 № 9 – С 427-431.

2 Дубровин П.Г. Компьютерная визуализация механизма параллельной структуры/ П.Г. Дубровин, М.Е. Щелкунова// Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: Материалы 47-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 10-21 апреля 2017 г. /редкол.: Э.А. Дмитриева (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ» 2017. – 1292 с. С. 333-335.

УДК 66.07:66.08

Курильченко Максим Сергеевич, студент; Kurilchenko Maxim Sergeevich

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;

Sarilov Mikhail Yuryevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА

### RECONSTRUCTION OF THE DIESEL FUEL HYDROTREATMENT CATALYST REGENERATION SYSTEM

**Аннотация.** Данная статья посвящена изучению современных систем регенерации катализаторов. Рассмотрена возможность полного восстановления активности катализаторов. В работе предложено введение системы регенерации и последующей реактивации катализатора с целью получения активности 95-100%.

**Abstract.** This article is devoted to the study of modern systems of catalyst regeneration. The possibility of complete restoration of the activity of catalysts is considered. The paper proposes the introduction of a system of regeneration and subsequent reactivation of the catalyst in order to obtain the activity of 95-100%.

**Ключевые слова:** катализатор, гидроочистка, дизельное топливо, сера, кокс, реагент, каталитическая активность.

**Keywords:** catalyst, hydrotreating, diesel fuel, sulfur, coke, reagent, catalytic activity.

Назначение установки гидроочистки состоит в получении дизельного топлива с высоким цетановым числом, низким содержанием азота и серы. Также назначением является достижение требуемой степени насыщения ароматических соединений и улучшение низкотемпературных свойств продукта. Сырьём установки является прямогонное дизельное топливо, легкий газойль, нефтя [1, с. 262].

Цели переработки достигаются с помощью использования трехступенчатой реакционной системы, включающей различные системы катализаторов в каждом из трех реакторов.

Большая глубина удаления серы и высокая объёмная скорость находится в прямой зависимости от активности катализатора. В условиях эксплуатации на поверхности катализатора образуются отложения серы и кокса [2, с. 43].

Закоксовывание катализатора происходит из-за снижения парциального давления водорода в поступающем газе и из-за отклонений в режиме технологических процессов. Выжигание кокса и серы проводится раз в два года (может и чаще в случае необходимости) для восстановления активности, но таким способом получится восстановить только около 70% актив-

ности катализатора. Повышение температуры технологического процесса влечет за собой повышения затрат на энергию. Также это влияет на ускорение срока службы катализатора, тем самым быстрее происходит его дезактивация. Причиной «старения» катализатора является рекристаллизация и изменения в структуре поверхности. Также весомой причиной является наличие процессов адсорбции на поверхности катализатора в результате которой образуются металлоорганические и различные другие вещества, которые блокируют активные центры. В итоге катализатор заменяют на новый по причине снижения его активности. Для того чтобы избежать этой замены на новый катализатор проводят его окислительную регенерацию, а затем реактивацию (рисунок 1). Регенерация проводится с помощью муфельной печи при температуре не выше 550 °С и с присутствием тока воздуха. Реактивная проводится с помощью пропитки водными растворами определенных реагентов. После этого проводят обязательное испытание каталитической активности в условиях приближенных к настоящим на отечественных установках гидроочистки.

Гидроочистка имеет самые высокие показатели эксплуатации катализаторов в процессах нефтепереработки, а более всего на этот показатель влияют катализаторы гидроочистки дизельного топлива. Система регенерации и последующей реактивации позволяет значительно сократить затраты на покупку новых катализаторов. Восстановленный катализатор экономичнее нового на 55%, так как в стоимость входит только затраты на химреагенты и энергию.



Рисунок 1 – Регенерация катализаторов на примере кобальто-молибденового комплекса

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Рябов, В. Д. Химия нефти и газа : учеб. пособие / В.Д. Рябов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2019. — 335 с. // Znanium.com : электронно-библиотечная система. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/940691> (дата обращения: 27.03.2021). — Режим доступа: по подписке.

2 Комаров, В. С. Адсорбенты и носители катализаторов. Научные основы регулирования пористой структуры : монография / В. С. Комаров, С. В. Бесараб. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 203 с. // Znanium.com : электронно-библиотечная система. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1078357> (дата обращения: 27.03.2021). — Режим доступа: по подписке.

УДК 66.07:66.08

Курильченко Максим Сергеевич, студент; Kurilchenko Maxim Sergeevich

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;

Sarilov Mikhail Yuryevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ БЛОКА ГИДРООЧИСТКИ**

### **RECONSTRUCTION OF THE HYDROGEN-CONTAINING GAS PURIFICATION SYSTEM OF THE HYDROTREATMENT UNIT**

**Аннотация.** Данная статья посвящена изучению различных технических методов повышения эффективности эксплуатации адсорберов и выбору оптимальных из них. Рассмотрена возможность повторного использования отработанного водородсодержащего газа. В работе предложено введение системы короткоциклового адсорбции в процесс нефтепереработки.

**Abstract.** This article is devoted to the study of various technical methods for improving the efficiency of the operation of adsorbers and choosing the optimal ones. The possibility of reusing the spent hydrogen-containing gas is considered. The paper proposes the introduction of a short-cycle adsorption system in the oil refining process.

**Ключевые слова:** адсорбер, водородсодержащий газ, гидроочистка, адсорбент, клапан, селективность.

**Keywords:** adsorber, hydrogen-containing gas, hydrotreating, adsorbent, flap, selectivity.

На многих старых нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) отработанный водородсодержащий газ (ВСГ) уходит на сжигание в факельную систему. Это приводит к высокому потреблению природного газа. Использование блока короткоциклового адсорбции (КЦА) позволяет избавиться от этого недостатка и очистить отработанный ВСГ до 99,9 %. Сырьём блока является ВСГ с концентрацией водорода 75-80 % (об.).

Основа этого блока 10 адсорберов, которые принимают потоки ВСГ и очищают его от примесей. Очищенный ВСГ далее возвращается в процесс на НПЗ. Водород высокой чистоты облегчит гидрогенизационные процессы в установке гидроочистки.

Основа технологии КЦА (рисунок 1) состоит в подаче смеси газов в аппараты при высоком давлении и последующем разделении газов с помощью определенных адсорбентов. Отделение водорода от смеси относительно просто, так как водород имеет наименьший размер молекул по сравнению с другими газами. Целесообразнее всего использовать в качестве адсорбента цеолиты, так как размер его пор соизмерим с размерами молекул водорода. Это поглощение происходит до состояния баланса

между десорбцией и адсорбцией. Впоследствии адсорбент нужно регенерировать, а именно очистить поглощенные компоненты смеси с плоскости адсорбента. Зачастую в КЦА используют регенерацию адсорбента методом спуска давления [1, с. 1157].

Достоинство процессов в короткоцикловой адсорбции в сравнении с классическим методом проведения адсорбционных процессов в удалении нагрева и охлаждения адсорбера и, следовательно, в уменьшении больших затрат времени и энергии.

Важнейшее свойство КЦА состоит в том, что благодаря малому времени цикла разделения газов возможна консервация тепла адсорбции для повышения эффективности регенерации адсорбента за счёт протекания процесса в нагретом слое. Еще одно важное свойство - повышение равновесной сорбционной емкости благодаря протеканию стадий процесса адсорбции в охлажденном слое благодаря десорбции при регенерации.

Короткоцикловая адсорбция обладает также следующими преимуществами: возможность дистанционного управления; простое аппаратурное оформление; низкая стоимость установок по сравнению с другими; автоматическое регулирование режима.

Существует 3 метода организации циклического безнагревного процесса адсорбционного разделения газовой смеси: напорный; вакуумный; смешанный. Особенность КЦА без нагрева в равной температуре в циклах адсорбции и десорбции, но парциальное давление адсорбирующихся компонентов при адсорбции больше, чем при десорбции.

Выбор адсорбента для КЦА обуславливается большей удельной поверхностью материала. Таким свойством обладают пористые материалы, которые могут адсорбировать разные газы. Наиболее часто встречающимися являются: полимеры; цеолиты; силикагель; оксид алюминия; активированный уголь. Площадь поверхности равная сотням  $\text{м}^2/\text{г}$  обеспечивает адсорбцию значительной части массы адсорбента в газе, хотя адсорбированный газ состоит из слоя толщиной всего одну или не более нескольких молекул. Помимо селективности к различным газам, адсорбенты (цеолиты и некоторые виды активированного угля) могут использовать свои собственные характеристики молекулярных сит и как следствие ограничить возможность адсорбирования более крупных молекул [2, с. 190].

В блоке КЦА предусмотрена защита молекулярных сит от воздействия высоких температур с помощью закрытия отсечного клапана на входе в блок. Предусмотрена также защита от воздействия свободной воды.

С помощью таймерной системы происходит автоматическое управление процессами в блоке КЦА. В зависимости от количества адсорбируемого газа время цикла рассчитывается автоматически. Эта система действует на клапаны, которые установлены на трубопроводах адсорберов.

Строго контролируется расход газа, так как он является основным параметром регулирования работы процесса адсорбции.

Исходя из рисунка 2 делаем вывод что водород обладает самой низкой адсорбируемостью, что позволяет легко проходить водороду через адсорбент, в то время как более тяжелые компоненты адсорбируются.

Вывод: короткоцикловая адсорбция должна использоваться на всех нефтеперерабатывающих заводах, так как внедрение КЦА наиболее экономичнее в сравнении с закупкой водорода. Также немаловажно сохранение давления ВСГ, так как после очистки газ поступает в процессы под высоким давлением. Высокая производительность, простота использования, высокая степень очистки газа от примесей – всё это является причинами для внедрения в процессы нефтепереработки блока КЦА.

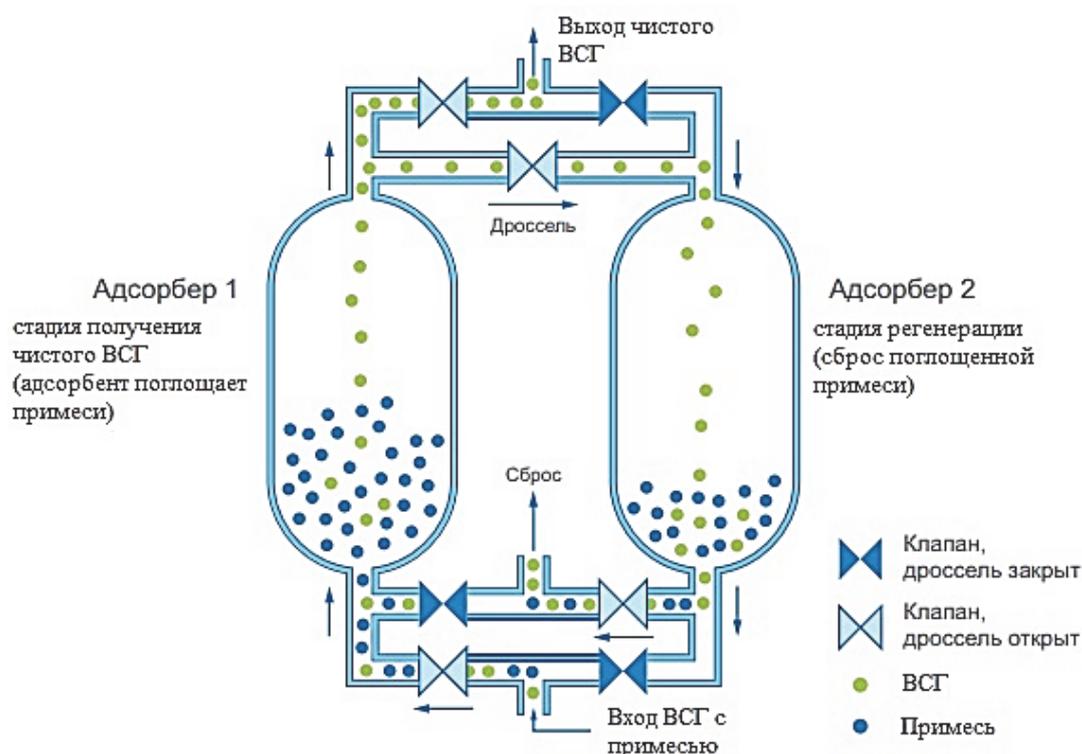


Рисунок 1 – Шкала адсорбции компонентов

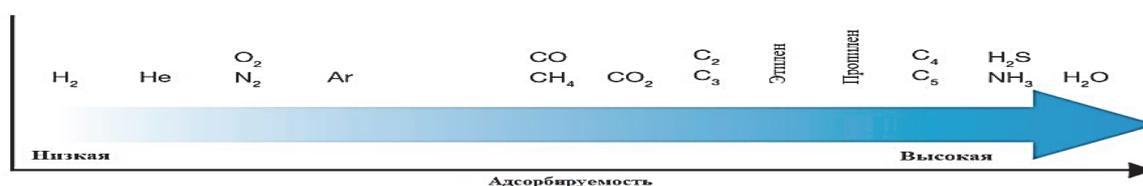


Рисунок 2 – Схема короткоцикловой адсорбции

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Айнштейн, В.Г. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии. В двух книгах. Книга 2: учебник / В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов [и др.]. – М.: Логос; Высшая школа, 2002. – 872 с.

2 Дытнерский, Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: Массообменные процессы и аппараты. В 2 т. / Ю. И. Дытнерский. - М.: Химия, 1995. - 368 с.

УДК 621.9:519.8

Кхун Хан Хту Аунг, аспирант; Khun Han Htoo Aung

Аунг Нгве Тэйн, аспирант; Aung Ngwe Thein

Башков Олег Викторович, доктор технических наук, доцент;

Bashkov Oleg Viktorovich

Гадоев Голибшо Айнудинович, аспирант; Gadoev Golibsho Ainudinovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА В УСТЬЕ УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ, РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ В СТРУКТУРЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1163**

### **IDENTIFICATION OF MATERIAL PROPERTIES AT THE OPENING OF PROPAGATING FATIGUE CRACK IN THE STRUCTURE OF ALUMINUM ALLOY 1163**

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию изменения структуры алюминиевого сплава 1163 в устье выращенной усталостной трещины, формируемой при однократных повторных нагружениях. Исследования основаны на анализе структуры излома, микротвердости устья трещины и акустической эмиссии (АЭ), зарегистрированной в процессе скачкообразного роста усталостной трещины в образце сплава 1163. В результате проведенных исследований были установлены зависимости между характером роста трещины, микротвердостью алюминиевого сплава и параметрами регистрируемых сигналов АЭ.

**Abstract.** The paper is devoted to the study of changes in the structure of aluminum alloy 1163 at the mouth of propagating fatigue crack under the single types of repeated loading. The conducted studies are based on microstructure of crack, micro hardness along the opening crack and parameter of acoustic emission (AE) registered when propagating fatigue crack of alloy 1163. By the obtained results, the relationships between the nature of crack growth, micro hardness of the sample and the parameters of the recorded acoustic emission (AE) signals were established.

**Ключевые слова:** вейвлет-декомпозиция, акустическая эмиссия, алюминиевый сплав 1163, трещины, повреждения, фрактография.

**Keywords:** wavelet decomposition, acoustic emission, aluminum alloy 1163, crack, defect.

В результате деградации структуры в конструкционных материалах происходит изменение свойств, что непременно приводит к возникновению макродефектов типа усталостных трещин, которые могут привести к катастрофическим последствиям. Для предотвращения непредвиденного разрушения важно своевременно выявлять характер структурных изменений, происходящих в материалах. Большинство конструкций представляют

собой пластины, выполненные в различной конфигурации и форме. Для оценки состояния конструкций применяется метод акустической эмиссии (АЭ), хорошо зарекомендовавший себя в нефтяной и газовой отрасли. Однако, идентификация характера разрушения является в настоящее время актуальной еще не решенной проблемой. Работа посвящена анализу связи между параметрами сигналов, регистрируемых при росте трещин в конструкционном алюминиевом сплаве 1163, и свойствами структуры материала в устье развивающихся трещин с целью оценки опасности развивающихся дефектов.

Материал, результаты исследований и их анализ

Усталостная трещина в образце из алюминиевого сплава 1163 выполнялась в процессе циклических испытаний в качестве искусственного концентратора напряжений целью инициирования распространения трещины в определенной зоне образца.

Нагружение выполнялось многократно в виде последовательных нагружений образца с заранее выращенной усталостной трещиной. При каждом нагружении регистрировался генерируемый сигнал АЭ. Анализ вейвлет декомпозиции сигналов АЭ показал наличие некоторого различия для компоненты четвертого уровня разложения. Для идентификации развивающихся дефектов - источников АЭ использован критерий, в котором было рассчитано отношение энергий  $E_1/E_2$  двух частотных диапазонов (200-300 кГц -  $E_1$  и 300-400 кГц -  $E_2$ ). На основании ранее полученных результатов исследований [1], показано, что, сплав 1163 при циклической деформации может упрочняться и разупрочняться. Было установлено, что значение микротвердости устья трещины выше, чем в областях, удаленных от устья.

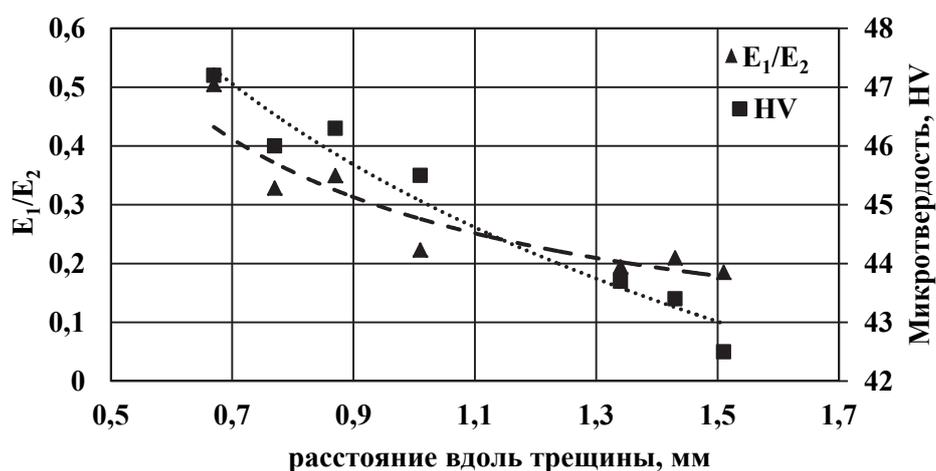


Рисунок 1 – Зависимость энергетического отношения  $E_1/E_2$  и микротвердости от расстояния вдоль растущей трещины в образце сплава 1163

Фрактографический анализ излома образца сплава 1163 показал (рис. 2), что каждая из структур имеет характерный тип разрушения [2]: первый тип

структуры – это вязкий излом, связанный с однократным нагружением (обозначен символом А); второй тип характерен для развития усталостной трещины (обозначен символом Б). Различие между двумя типами структур, характеризующих усталостный излом и однократное нагружение, можно оценить также по размеру фрагментов или зерен. Размеры зерен в усталостном изломе меньше. Вязкий излом, связанный с однократным нагружением, характеризуется наличием ямочек на поверхности.

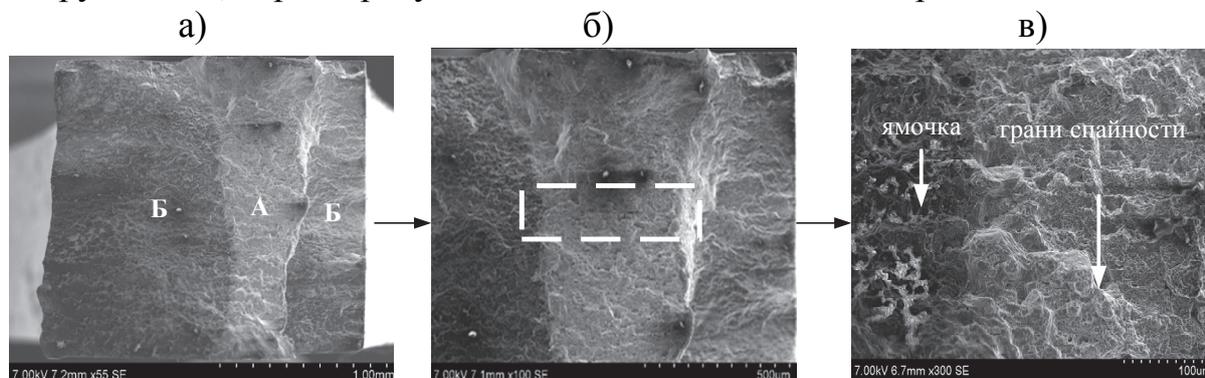


Рисунок 2 – Микроструктуры образца с прорастающей трещиной алюминиевого сплава 1163

По мере увеличения числа нагружений размеры ямочек на поверхности трещины постепенно уменьшаются. Это означает, что пластичность материала снижается по мере накопления повреждений, что сопровождается уменьшением среднего размера зерна.

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, характеризующейся повышенной микротвердостью, в зону, охарактеризованную по параметрам АЭ как зону с пониженной микротвердостью образца сплава 1163, косвенно установленных и экспериментально подтвержденных при выполнении измерения микротвердости и анализа микроструктуры.

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

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Евсейчик О.А., Гадоев Г.А., Башков О.В. Кинетика изменения твердости вблизи зоны роста усталостной трещины в сплаве 1163 // Молодежь и наука: Актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов и молодых ученых. – ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – С. 78-80.

2 Клевцов Г. В., Ботвина Л. Р., Клевцова Н. А., Лимарь Л. В. Фрактодиагностика разрушения металлических материалов и конструкций: Учебное пособие для вузов. – М.: МИСиС, 2007. – 264 с..

УДК 621.791

Лапашинов Александр Александрович, бакалавр;

Lapashinov Alexander Alexandrovich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой; Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich

Старцев Егор Андреевич, аспирант; Startsev Egor Andreevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ВЛИЯНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СВАРОЧНОГО ФЛЮСА НА ПОВЕРХНОСТЬ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ

### EFFECT OF AN EXPERIMENTAL WELDING FLUX ON THE SURFACE OF A WELDED JOINT

**Аннотация.** Данная работа посвящена анализу влияния экспериментального сварочного флюса, полученного путем переработки техногенных отходов на поверхность сварного соединения.

**Abstract.** This work is devoted to the study of the influence of experimental welding flux obtained by processing technogenic from on the surface of the welded joint.

**Ключевые слова:** автоматическая сварка, сварочный флюс, экспериментальный флюс, техногенные отходы.

**Keywords:** automatic welding, welding flux, experimental flux, industrial waste.

Разработка и внедрение новых сварочных материалов на основе природного и техногенного сырья России, является актуальной задачей, решение которой будет способствовать созданию новых рецептур сварочных флюсов [1]. Авторами предложено использование шлака электросталеплавильного производства для изготовления сварочных флюсов [2-3]. Для изготовления флюса использовали шлак электросталеплавильного производства с химическим составом, приведенным в таблице 1

Таблица 1 – Химический состав шлака

CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe/FeO	MnO
15,4-21,03	2,33-3,81	8,7-14,94	4,87	38,24-46,05	5,56-5,98

Для апробации экспериментального сварочного флюса, полученного авторами, под сварку были собраны листы из стали марки Ст3. Размер подготовленного под сварку образца (рисунок 1) составляет 615×376×5 мм. Образец собирался без зазора и разделки кромок, тип соединения С7 по ГОСТ 8713-79 [4], чтобы не допускать смещение кромок, приваривались выводные планки с проставлением двух коротких прихваток. Режимы сварки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Режимы сварки

Номер валика	Сила тока I <sub>св</sub> , А	Напряжение на дуге U, В	Скорость сварки V <sub>св</sub> , см/мин
1	200	24	28
2	210	24	28



Рисунок 1 – Собранный под сварку образец

Процесс сварки (рисунок 2) проводили проволокой Св-08Г2С, с применением сварочного аппарата АДФ 1250 с выпрямителем ВДУ 1250.



Рисунок 2 - Процесс сварки

После сварки проведен визуально-измерительный контроль образца (рисунок 3). Геометрические параметры сварного шва удовлетворяют требованиям ГОСТ 8713-79, относящимся к соединению С7: ширина и высота усиления шва в допустимых пределах. На поверхности отсутствуют несоответствующие внешние дефекты, такие как поры, трещины, и др.



Рисунок 3 – Внешний вид сварного соединения

В процессе проведенного анализа установлено, что применяемый в процессе сварки экспериментальный флюс не вызывает негативного влияния на поверхность сварного шва, а так же не способствует образованию дефектов.

## ВЫВОДЫ

1 Получение сварных соединений дуговой сваркой под слоем экспериментального флюса возможно.

2 Конструктивные элементы полученных сварных образцов соответствуют требованиям ГОСТ 8713-79 к стыковым соединениям С7.

3 Для подтверждения качества получаемых соединений необходимо произвести дальнейшие исследования механических свойств.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Макиенко В.М. Совершенствование процессов создания шлаковых систем и получение сварочных материалов с использованием минерального сырья Дальневосточного региона. Дис. На соиск. Учен. Степ. Доктора техн. Наук [Текст] / В.М. Макиенко – Барнаул. 2011.

2 Старцев Е.А., Соболев Б.М., Бахматов П.В Переработка отходов металлургического предприятия в сварочные материалы // Физическая мезомеханика. 2010. Т. 13. № 6. С. 73-80.

3 Старцев Е.А., Соболев Б.М., Бахматов П.В Исследование по применению металлургического шлака в качестве сварочного флюса // Металлургия: технологии, инновации, качество : труды XXI Международной научно-практической конференции: в 2-х ч. Ч. 2. 2019. С. 347-351

4 ГОСТ 8713-79 Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – Введ. 1981-01-01. – М. : Стан-дартинформ : Изд-во стандартов, 2007. – 42 с.

УДК 621.01

Лыгин Евгений Владимирович, магистрант; Lygin Evgeny Vladimirovich

Пронин Александр Иннокентьевич, канд. техн. наук, доцент;

Pronin Alexander Innokentyevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ СВЯЗАННЫХ С ИХ ВНЕДРЕНИЕМ В ПРОИЗВОДСТВО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ В РОССИИ**

## **ADDITIVE TECHNOLOGIES, ANALYSIS OF PROBLEMS ASSOCIATED WITH THEIR INTRODUCTION INTO PRODUCTION FOR THE MANUFACTURE OF MACHINE-BUILDING PARTS IN RUSSIA**

**Аннотация.** Аддитивные технологии являются видом передовых технологических инноваций, находящимся в настоящее время в стадии активного внедрения в машиностроении. Дан анализ развития среды аддитивных технологий и доля участия России в этом процессе. Представлены основные направления развития аддитивных технологий в России. Изложен перечень вопросов, которые нужно решить для успешного освоения и развития в России аддитивных технологий. Сделан вывод, что успешное освое-

ние и развитие аддитивных технологий в России, использование их потенциала и преимуществ возможно только при использовании комплексного подхода, который предполагает совместное использование компетенций промышленных, научно-исследовательских и коммерческих организаций которые связаны.

**Abstract.** Additive technologies are a type of advanced technological innovation that is currently being actively implemented in mechanical engineering. The analysis of the development of the environment of additive technologies and the share of Russia's participation in this process is given. The main directions of the development of additive technologies in Russia are presented. The list of issues that need to be solved for the successful development and development of additive technologies in Russia is presented. It is concluded that the successful development and development of additive technologies in Russia, the use of their potential and advantages is possible only with the use of an integrated approach, which involves the joint use of the competencies of industrial, research and commercial organizations that are connected.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, объект сложной конфигурации, направления развития аддитивных технологий, специализированные инженерно-производственные центры, комплексный подход, единая стратегия.

**Keywords:** digital technologies, object of complex configuration, directions of development of additive technologies, specialized engineering and production centers, integrated approach, unified strategy.

Технологический процесс производства находится в постоянном развитии, обусловленном на данный момент активным усовершенствованием в сфере цифровых технологий. Аддитивные технологии в последнее десятилетие позиционируются как одни из наиболее передовых и универсальных, благодаря чему их востребованность во всем мире растет.

Основное отличие данных технологий от традиционных заключается в самом способе производства – изделие создается путем послойного наращивания материала в нужных местах. Отсюда пошло название - Additive Manufacturing (аддитивность – прибавляемый). Для производства используются 3D технологии.

Изобретение нового способа производства принадлежит Чарльзу Халлу, который в 1986 г. создал первый стереолитографический трехмерный принтер. В современных условиях полный цикл производства включает в себя ряд последовательных процессов моделирования 3D объекта: UV-облучение; экструзия; струйное напыление; сплавление; ламинирование. Используются следующие материалы: воск; гипсовый порошок; жидкие фотополимеры; металлические порошки; разного рода полиамиды; полистирол [1].

Для машиностроения одним из главных преимуществ использования данных технологий можно считать создание объектов сложной конфигурации, которые не могут быть изготовлены с помощью традиционных технологий литья, штамповки и т.д. [3].

Россия включилась в мировой процесс развития среды аддитивных технологий сравнительно недавно (около 10 лет назад), ее участие составляет порядка 2% (по оценке Wohlers Report), при том что доля США, Южной Кореи, Японии и Китая суммарно оценивается в 90% [2].

В России можно выделить следующие направления развития аддитивных технологий:

- создание специализированных инженерно-производственных центров и отделов, которые включаются в структуру крупных промышленных предприятий;

- организация центров и лабораторий на базе научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений технической направленности;

- создание частных коммерческих фирм, выполняющих узкие производственные задачи.

Основной проблемой является отсутствие единой стратегии развития аддитивных технологий в производстве, в том числе и в области машиностроения. Все организации, работающие в данной сфере, в основном занимаются решением узких вопросов, возникающий в процессе реализации технологий. В глобальном плане нерешенными остаются следующие вопросы:

- нет достаточного опыта внедрения технологий в промышленное производство;

- уровень отечественных разработок еще недостаточный и требует проведения дополнительных исследований;

- нет проектного опыта в разработке изделий, изготавливаемых с использованием аддитивных методов;

- кадровый вопрос - нет специалистов необходимой специализации;

- отсутствие качественных материалов для применения аддитивных технологий производства;

- отсутствие разработанных стандартов на материалы, технологии и методы контроля качества;

- отсутствие системы сертификации аддитивных технологических процессов и продукции, получаемой в процессе инновационного производства.

Таким образом, успешное освоение и развитие аддитивных технологий в России, использование их потенциала и преимуществ возможно только при использовании комплексного подхода, который предполагает совместное использование компетенций промышленных, научно-исследовательских и коммерческих организаций. Такой подход также обеспечит формирование единой стратегии в разработке и продвижении новых технологий.

## 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

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;

Sarilov Mihail Yurievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ВАКУУМСОЗДАЮЩИХ СИСТЕМ В КОЛОННАХ РЕКТИФИКАЦИИ МАЗУТА**

### **ANALYSIS OF MODERN VACUUM-GENERATING SYSTEMS IN FUEL OIL RECTIFICATION COLUMNS**

**Аннотация.** Данная статья посвящена анализу работы современных вакуумсоздающих систем на нефтеперерабатывающих предприятиях. В работе описаны достигаемые величины остаточного давления в колоннах ректификации мазута для различных вакуумсоздающих систем в зависимости от различных факторов, а также краткие выводы о целесообразности применения каждой из систем.

**Abstract.** This article is devoted to the analysis of the work of modern vacuum-creating systems at oil refineries. The paper describes the attainable values of residual pressure in the distillation columns of fuel oil for various vacuum-generating systems, depending on various factors, as well as brief conclusions about the feasibility of using each of the systems.

**Ключевые слова:** вакуум, колонна, нефтепродукт, нефть, создание вакуума, разделение, мазут

**Keywords:** vacuum, column, oil products, oil, creation of vacuum, separation, masut.

На сегодняшний день вопрос получения глубокого вакуума в колонных аппаратах установок нефтеперерабатывающих заводов стоит достаточно остро, потому что без низкого остаточного давления исключена полная переработка сырья, что приводит к невозможности осуществления полного экономического потенциала. Это влечет за собой экономические убытки на производстве, а самое важное – загрязнение окружающей среды, потому как непереработанное в процессе сырье - сжигается. В связи с этим необходимо задуматься о выборе и дальнейшей установке современных вакуумсоздающих систем (ВСС).

В настоящее время имеется несколько типов ВСС, конкурирующих между собой, выбор среди которых предполагает комплексный учет большого числа факторов. К основным типам вакуумсоздающих систем относятся:

- 1) пароструйные вакуумные насосы (ПЭНы);
- 2) гидрокомпрессионные устройства на базе жидкостного эжектора (ЖЭ);
- 3) гидрокомпрессионные устройства на базе жидкостно-кольцевого вакуумного насоса (ЖКВН).

Для парозежекторных насосов создаваемый вакуум в системе сильно зависит от выходного давления. Одна ступень насоса, как правило, проектируется и рассчитывается на степень сжатия (отношение давления нагнетания к давлению всасывания) от 3 до 10, так как степень сжатия больше 10 приводит к резкому увеличению расхода пара, что экономически невыгодно. Исходя из этого получаем, что одна ступень ПЭНа создает максимальное остаточное давление около 10 кПа. Для получения более глубокого вакуума иногда предлагают к использованию последовательно установленные эжекторные ступени, размещая при этом после каждой из них конденсатор, в которых происходит почти полная конденсация паров рабочего агента и части примесей из эжектируемой смеси.

В качестве рабочего агента в ПЭНах используют водяной пар, имеющий давление  $0,6 \div 1,0$  МПа, расход которого определяется по коэффициенту эжекции, который в свою очередь зависит от степени сжатия, достигаемой в ступени, а также от степени расширения рабочего пара.

Трехступенчатые ВСС на базе ПЭНов в настоящее время – самый распространенный тип ВСС на установках первичной переработки нефти, что объясняется простотой конструкции насоса и, как следствие, упрощает ведение технологического процесса. При этом данный тип ВСС позволяют достичь необходимого значения остаточного давления. Основные недостатки ПЭНов:

- 1) низкая термодинамическую эффективность цикла сжатия;
- 2) сильная зависимость характеристик насоса от параметров применяемых ресурсов (оборотная вода, пар), которые подвержены значительным сезонным колебаниям [1].

Для гидрокомпрессонных ВСС на базе ЖЭ расходы на поддержание необходимого остаточного давления связаны с потребностью в циркуляции рабочего агента между эжектором и сепаратором. Достаточный расход циркулирующей жидкости по аналогии с ПЭНами определяется коэффициентом эжекции. Для жидкостных эжекторов коэффициент эжекции напрямую зависит от давления рабочего агента, который подается в эжектор (от 6 до 10 МПа). Коэффициент эжекции в значительной мере также зависит от тепло- и массообменных процессов, которые протекают в эжекторе при взаимодействии рабочего агента с откачиваемой средой. Предварительное охлаждение парогазовой смеси перед подачей в эжектор помогает снизить эффект влияния температуры на массовый и объемный коэффициенты эжекции, не позволяя им уменьшаться во время протекания процесса.

Для одноступенчатого ЖЭ необходимо организовать циркуляцию больших количеств рабочего агента. Кроме того, для гарантированной эффективной работы системы необходимо повышать давление агента перед

эжектором от давления сепарации до рабочего давления. По этой причине для ЖЭ в качестве энергетической характеристики целесообразно использовать удельный расход электроэнергии, затрачиваемой на организацию циркуляции рабочего агента [2].

Жидкостно-кольцевой вакуумный насос – это машина объемного принципа действия, в которой вращающееся кольцо рабочей жидкости играет роль гидравлического поршня. На качество работы ЖКВН основное влияние оказывают 3 группы факторов:

1) конструктивные (значения боковых/радиальных зазоров между корпусом/ротором, расположение и форма нагнетательного и всасывающего окон и т.д.);

2) термодинамические (определяют фазовые переходы, возникающие при взаимодействии откачиваемого газа с жидкостью в ЖКВН);

3) гидродинамические (форма рабочего кольца жидкости, которая зависит от плотности и вязкости рабочего агента).

На реальный процесс работы ЖКВН данные факторы действуют одновременно. Весь комплекс взаимодействующих факторов фактически учтен в паспорте агрегата, что позволяет давать оценку влияния исследуемых факторов на основе анализа самой характеристики.

Процесс откачки в ЖКВН сопровождается интенсивными тепломассообменными процессами, которые в достаточной мере влияют на процесс сжатия откачиваемой ПГС. Соответствующий подбор рабочего агента позволяет откачивать коррозионные и легковоспламеняющиеся газы, а также газы, которые содержат капли жидкости или твердые частицы.

Характеристики ЖКВН указаны в каталогах, но только для системы «вода-воздух». Это связано с тем, что производители не имеют возможности предусмотреть все условия эксплуатации работы агрегата. Вследствие этого в реальных условиях использования машин встает задача подгонки паспортных характеристик к конкретным рабочим условиям, потому как в сравнении с условными испытаниями, изменяются характеристики откачиваемой среды и рабочего агента [3].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

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

2 Везиров, И.Р. Совершенствование технологии вакуумной перегонки мазута с использованием двухступенчатых гидроэжекторных вакуумсоздающих систем: дис. ...канд. техн. наук : 05.17.07 / Везиров Исмагил Рустемович. – Уфа, 2018. – 133 с.

3 Бугембе, Д. Сопряжение характеристик вакуумных блоков разделения мазутов с характеристиками вакуумсоздающих систем: дис. ...канд. техн. наук : 05.17.08 / Бугембе Даниел. – Казань, 2020. – 133 с.

УДК 666.29; 667.6

Люхо Илья Андреевич, студент; Lyukho Ilya Andreevich  
Шакирова Ольга Григорьевна, доктор химических наук;  
Shakirova Olga Grigoryevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## КОМПЛЕКС ПРИСАДОК ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ПОКРЫТИЙ

### COMPLEX OF ADDITIVES FOR COATING MODIFICATION

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию влияния веществ на свойства вододисперсионных покрытий и создания из них комплексной присадки для улучшения свойств исходной смеси. При производстве присадки можно использовать в качестве сырья отходы полимерных производств, тем самым уменьшая экологическое загрязнение окружающей среды путем переработки отходов. Состав активно смешивается с водой, в следствие чего его можно разбавлять до необходимой консистенции и использовать с любыми средствами нанесения.

**Abstract.** This work is devoted to the study of the influence of substances on the properties of water-based coatings and the creation of a complex additive from them to improve the properties of the initial mixture. In the production of additives, it is possible to use waste from polymer production as raw materials, thereby reducing environmental pollution by recycling waste. The composition is actively mixed with water, as a result of which it can be diluted to the desired consistency and used with any means of application.

**Ключевые слова:** лакокрасочные материалы, присадки, модификаторы, переработка отходов.

**Keywords:** paint and varnish materials, additives, modifiers, waste recycling.

В XXI веке наблюдается большой спрос на специализированные покрытия, выполняющие конкретные задачи [1]. Чаще всего для каждой конкретной ситуации встречается около 1-2 альтернативы, что делает выбор достаточно узким. В зависимости от условий работы, предприятиям необходимы различные специализированные защитные покрытия: антикоррозионные, огнестойкие, хемостойкие, эмалированные, несмываемые и т.д. К конкретным производственным участкам применяются определенные покрытия, что создает дополнительные расходы на их поиск, хранение и затраты на саму покупку.

Данная работа ориентирована на создание комплекса присадок, модифицирующего свойства вододисперсионного покрытия (ВП) по требованию заказчика, процесс получения итоговой смеси которого довольно простой и понятный пользователю и не вызывает дополнительных вопросов к эксплуатации, а также способного снижать финансовую нагрузку для потенциального потребителя.

#### 1. Основные используемые компоненты

1.1 Отходы полимерных композиционных материалов (ПКМ) удивляют разнообразием составов, обладающих различными свойствами [2]. Сфера их применения достаточно обширна: альтернативное сырье для строительства, создания деталей и т.д.; природные и синтетические вещества, выполняющие самостоятельную роль в виде волокна, пленок, и т.д.; поверхностно-активные вещества (ПАВ) как присадки к маточным растворам для модификации их свойств. Для улучшения свойств ВП в качестве присадки нами были выбраны отходы ПКМ на основе стеклоткани и эпоксидной смолы из-за их выделяющихся защитных свойств и наличия большого количества их промышленных отходов в виде пыли, обрезков, стружки. Материал легко измельчается пилами, дробилками, мельницами в мелкодисперсный порошок.

1.2 Полимеры на основе акриловой и метакриловой кислот также нашли применение в виде компонентов специальных покрытий, как повседневного пользования (акриловые краски), так и специализированного (стойкие акриловые покрытия). Данный полимер обладает низкой адгезией и после застывания создает надежное защитное покрытие, стойкое к физическому и химическому воздействию.

1.3 Фосфатные краски являются одними из наиболее популярных решений для пожароопасных предприятий, т.к. отличительной особенностью фосфатов является их высокая огнестойкость. Большинство ФК имеют температуру воспламенения более 600 °С, не поддерживают горения и не распространяют пламя. Они обладают окислительной стабильностью и высокой смазочной способностью. В работе использован  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ .

1.4 В качестве модификатора краски был взят измельченный порошок оксида кремния. Источником оксида кремния также является измельченная стеклоткань отходов ПКМ [3].

1.5 Цинк в виде перетертой металлической пыли является одной из самых популярных антикоррозионных добавок, т.к. является более активным, чем большинство металлов, используемых на производстве. Вместо окисления поверхностей происходит окисление цинка в покрытии, в следствии чего срок эксплуатации изделия значительно увеличивается.

## 2. Подтверждение влияния компонентов на свойства покрытия

2.1 Хемостойкость: Мелкодисперсный ПКМ свободно растворяется в воде, а после нанесения и обезвоживания на поверхности образует стойкий к воздействию агрессивных сред слой. Данный компонент показал свою эффективность в ходе проведения эксперимента, заключающегося в измерении массы образцов до и после погружения в кислоты и органические растворители. Разница масс близка к нулю, что является подтверждением хемостойкости. После введения акрилового лака в смесь наблюдалось образование эмали на образцах. Акрил вступает в сополимеризацию с эпоксидной смолой, содержащейся в ПКМ, преобразуясь в более стойкие соединения. В ходе исследования было установлено оптимальное содержание данных компонентов в ВП: 2% для акрила и 15-35% для ПКМ.

2.2 Огнестойкость: Для установления оптимального содержания фосфатов и силикатов в ВП было исследовано влияние их количества на время непосредственного контакта с открытым пламенем горелки. Сначала проверялась стойкость к пламени «чистых» компонентов, затем огнестойкость гуаши с добавлением в нее веществ в различных пропорциях: от нулевого содержания по отдельности до максимального. Благоприятный эффект достиг максимального значения при 30-35 % содержании силикатов в краске. Небольшое содержание фосфатов (4-6 %) также благоприятно влияло на время нахождения образца под открытым пламенем, но не более чем 8 % массы. Также было изучено огнестойкое действие (по времени разрушения покрытия) в зависимости от состава ВП с ПКМ, акрилом и огнестойкими присадками в установленных концентрациях при постепенном введении модификаторов в смесь. Полимерный эмалированный слой благоприятно повлиял на результат, несмотря на наличие в смеси горючих эпоксидных смол и акрила покрытие не поддерживало горение и не обугливалось, при чем время воздействия пламени выросло в 13 раз (с 25 до 330 секунд) по сравнению с немодифицированным образцом. Стоит заметить, что покрытие приходило в негодность из-за термического расширения металла, на который оно было нанесено.

2.3 Антикоррозийность: Свойства были подтверждены воздействием на образец подкисленного раствора сульфата меди и хлорида натрия, вследствие чего наблюдалось окисление цинкового порошка. Оптимальное его количество ~2 %. Дополнительным рубежом защиты выступает также слой эмали, препятствующий проникновению раствора к образцу.

### 3. Уникальные особенности продукта

Одним из преимуществ опытных образцов является возможность получения комплекса присадок из отходов производств. ПКМ и акриловые компоненты загрязняют окружающую среду. Фосфаты можно добывать из неиспользуемых хвостов предприятий, производящих удобрения. Силикаты чаще всего оказываются утилизированными на полигонах, как отходы канцелярских и строительных магазинов (в виде нереализованного клея с истекшим сроком годности) или на предприятиях по его изготовлению. Также силикаты можно встретить в виде обрезков стекла.

Таким образом, в ходе исследовательской работы были отобраны и изучены различные присадки, способствующие модификации свойств вододисперсионных покрытий. Установлены зависимости их влияния на конечный товарный продукт, выявлены оптимальные концентрации, рассчитана себестоимость присадок ~ 100 руб на кг готовой смеси.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Проценко А.Е., Петров В.В., Ан Д.Х., Ри Д.Х. Водно-дисперсионный лакокрасочный состав // Патент на изобретение RU 2651170 C1, 18.04.2018. Заявка № 2017104773 от 14.02.2017.

2 Проценко А.Е., Телеш В.В. Исследование возможности получения полимерных композиционных материалов с улучшенными физико-

механическими характеристиками // В книге: Научно-техническое творчество аспирантов и студентов. материалы 45-й научно-технической конференции студентов и аспирантов. ФГБОУ ВПО «КНАГТУ». 2015. С. 426-429.

3 Protsenko A.E., Pimenova E.D., Petrov V.V. Recycling of glass fibers sheets from thermoset reinforced plastic using thermolysis method // В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. С. 12185.

УДК 66-6

Мельник Денис Константинович, студент; Melnik Denis Konstantinovich  
Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;  
Sarilov Mikhail Yurievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОБОРОТНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ НА УСТАНОВКЕ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ**

### **RRETURN WATER SUPPLY IN THE SLOW COKE PLANT**

**Аннотация.** Задачей данного проекта является рассмотрение вариантов оборотного водоснабжения на установке замедленного коксования, которые чаще всего используются на УЗК и ознакомиться с принципами их работы и какие системы существуют на предприятии.

**Abstract.** The objective of this project is to consider the options for recycling water supply at the delayed coking unit, which are most often used at the ultrasonic inspection, and to get acquainted with the principles of their work and what systems exist at the enterprise.

**Ключевые слова:** установка замедленного коксования, оборотная вода, ёмкость, насос, холодильник.

**Keywords:** delayed coking unit, circulating water, capacity, pump, fridge.

В соответствии с технологическими процессами на установке замедленного коксования предусмотрено две системы оборотного водоснабжения: I система - для аппаратов, охлаждающих или конденсирующих продукты, которые при нормальном или аварийном состоянии при атмосферном давлении находятся в жидком состоянии; II система - для аппаратов, охлаждающих или конденсирующих продукты, которые при нормальном или аварийном состоянии при атмосферном давлении находятся в газообразном состоянии.

Охлажденная оборотная вода I-ой системы с температурой 25°C подается от БОВ(скважину с большим отклонением по вертикали) установки за-

медленного коксования в холодильники. Нагретая до температуры 38°C вода возвращается в блок обратного водоснабжения на охлаждение.

Нагретая обратная вода поступает в нефтеотделители, где освобождается от нефтепродуктов и взвешенных частиц, которые по трубопроводу уловленного нефтепродукта отводятся в дренажную ёмкость светлых нефтепродуктов [1, с. 34].

Освобождённая от нефтепродуктов и взвешенных частиц вода поступает в ёмкость горячей обратной воды, откуда насосами подается на охлаждение в вентиляторные градирни. На линиях приёма насосов установлены сетчатые фильтры для предотвращения попадания механических загрязнений в корпус насосов [2, с. 144].

Давление на нагнетании насосов контролируется по показаниям приборов. При пуске в работу насоса и набора давления 0,6 МПа, автоматически происходит открытие электронной задвижки на нагнетательном трубопроводе. В рабочем режиме насоса, в случае падения давления нагнетания до 0,4 МПа, предусмотрена защитная блокировка на остановку рабочего насоса и автозапуск резервного.

Обратная вода II-ой системы с температурой 25 °С из емкости насосами по линии через фильтры направляется на УЗК и разделяется на два потока: один поток подается на холодильники и охлаждение электродвигателя и агрегата системы смазки компрессора влажного газа; другой поток подается на холодильники, охлаждение насоса для гидрорезки кокса и в охладитель конденсата.

Горячая вода II-ой обратной системы от технологического оборудования с температурой 38°C поступает под остаточным давлением в БОВ(скважину с большим отклонением по вертикали) на градирни. После охлаждения до температуры 28°C вода собирается в ёмкость охлаждённой обратной воды. Рабочий уровень воды в ёмкости поддерживается контуром, регулирующим клапан, который установлен на трубопроводе подачи воды от насосов на градирни. Предусмотрена сигнализация минимального (50%) и максимального (90%) рабочего уровня, а при снижении уровня воды в емкости до 15% – защитная блокировка на отключение насосов.

Обратная вода 2-й системы, подаваемая на установку насосом, подвергается дополнительной очистке в сетчатых фильтрах. Расход воды контролируется по показаниям прибора, а перепад давления на фильтрах - по месту по показаниям манометров.

Рабочий цикл фильтра заканчивается при увеличении перепада давления на фильтре и снижении расхода проходящей через фильтр воды.

На линии горячей воды (обратной) II-ой системы обратного водоснабжения установлен дегазатор, предназначенный для удаления из воды газов. Уровень воды в дегазаторе контролируется прибором, с предупредительной сигнализацией при понижении уровня в дегазаторе до 50% [3, с. 232].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кузубова, Л.И. Очистка нефтесодержащих сточных вод: Отв. Ред. д.т.н. Г.Р. Бочкарев. – Новосибирск, 1992, 74с.

2 Лутошкин, Г.С. Сбор и подготовка нефти, газа и воды. Учебник для техникумов. – М.: Недра, 2008. – 224с.

3 Долина, Л. Ф. Современная технология и сооружение для очистки нефтесодержащих сточных вод / Монография. – Днепропетровск: Континент, 2005. – 296с.

УДК 66-6

Мельник Денис Константинович, студент; Melnik Denis Konstantinovich  
Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;

Sarilov Mikhail Yurievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## УМЕНЬШЕНИЕ КОКСООБРАЗОВАНИЯ В КОЛОННЕ ПРЕДФРАКЦИОНИРОВАНИЯ

## REDUCTION OF COKE FORMATION IN THE PREFRACTIONATION COLUMN

**Аннотация.** Задачей данного проекта является рассмотрение вариантов уменьшения коксообразования в колонне, которые чаще всего используются на установках замедленного коксования и выбрать оптимальный вариант для уменьшения образования кокса.

**Abstract.** The objective of this project is to consider options for reducing coke formation in the column, which are most often used in delayed coking units, and to choose the best option for reducing coke formation.

**Ключевые слова:** колонна, коксообразование, установка замедленного коксования, печь, кокс.

**Keywords:** column, coke formation, delayed coking unit, bake, coke.

Коксование тяжелых нефтяных остатков можно рассматривать как процесс глубокого термического крекинга, который осуществляется обычно при высоких температурах от 450 до 550°C и давлении от атмосферного до 0,6 МПа. В результате образуются реакции деструкции (газообразные и жидкие), а также углеродистый остаток(кокс) и твердый продукт реакции поликонденсации [1, с. 187].

Работа печей происходит при высоких температурах, поэтому поверхность печных труб подвержена отложению в них кокса, из-за особенности нагреваемого сырья, именно поэтому происходит снижение надёжности и отрицательное воздействия на работу всей печи. Проведение технологического процесса играет важную роль, но образование побочных продуктов, таких как углерод оказывают негативное воздействие и сильно усложняют работу [2, с. 84].

Насыщение труб углеродом является актуальной проблемой, потому что такие трубы со временем становятся непригодными для работы и необходима их замена, так как они начинают быть подверженными различным разрушениям из-за напряжения в них, которое происходит под действием различных видов деформации, например, таких как изгиб, а также при изменении температур. Так же не маловажную роль играет теплопередача, ухудшение которой приводит к увеличению расхода энергии, которая снижает выход продукта из-за образовавшихся отложений кокса. Самой распространенной причиной непригодности труб является их науглероживание, когда охватывание толщины стенок достигает 30-50%.

На скорость отложения кокса напрямую влияет содержание в нефти неорганических соединений, которые скапливаются и образуются на стенках труб и играют непосредственную роль в образовании кокса в печи, именно поэтому для уменьшения коксообразования необходимо уделить особое внимание [4, с. 44].

Основной причиной отложения кокса в нижней части трубы при нагреве происходит не равномерно, в следствии чего возрастает количество образовавшегося кокса в печи змеевика. Именно поэтому на нижнем слое откладываются механические примеси, а также наиболее тяжелые и легко подверженные коксованию компоненты. Что бы решить данную проблему уменьшения образования кокса в трубах змеевика, необходимо уменьшить давление, в результате которого происходит значительное снижение сопротивления по ходу движения получаемого сырья, проходящего весь путь от печи насоса до реактора. В результате этого, если мы увеличим диаметр проходящей линии от печи до реакторов, то на выходе из змеевика показатели давления будут значительно ниже.

К местным перегревам труб может привести отложение кокса на внутренней поверхности трубчатых змеевиков по причине снижения коэффициента теплопередачи, и возникновению прогаров труб в связи с переходом стали в более пластичное состояние, а также провисанию труб.

При смене восстановительной среды на окислительную приводит к периодичности процесса выжигания кокса. Поэтому большое внимание уделяется проблеме подавления коксообразования. Большое количество времени занимает процесс удаления кокса со змеевиков, которое может достигать от нескольких часов до двух дней [3, с. 20].

Наиболее рациональным способом уменьшения коксообразования в колонне, по моему мнению, является использование пара или воды для питания котла, которые могут быть инжесктированы в нагреватель для снижения образования кокса в трубах, как в следствие и в самой колонне.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1Магарил Р.З. Теоретически основы химических процессов переработки нефти: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1985, 280с.

2 Магарил Р.З. Образование углерода при термических превращениях индивидуальных углеводородов и нефтепродуктов / Р.З. Магарил. – М.: Химия, 1973. – 144с.

3 Гаскаров, Н.С. Новое в технологии замедленного коксования / Н.С. Гаскаров, В.В. Верб, Р.Н. Гимаев. – М.: ЦНИИТЭНефтехим, 1971. – С. 20-21.

4 Кузора, И.Е. Подготовка сырья для установки замедленного коксования / И.Е. Кузора, А.И. Юшинов, В.А. Кривых, С.Г. Кращук // Химия и технология топлив и масел. – 2000. – № 3. – С. 44–46.

УДК 620.92

Михайлов Савелий Олегович, студент; Mikhailov Savely Olegovich  
Истомина Маргарита Сергеевна, студент; Istomina Margarita Sergeevna  
Шакирова Ольга Григорьевна, доктор технических наук, доцент;  
Shakirova Olga Grigorievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ**

## **RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR THE RUSSIAN OIL AND GAS INDUSTRY**

**Аннотация.** Данная работа посвящена рассмотрению целесообразности внедрения возобновляемых источников энергии, для снижения расходов производства при добыче нефти на промыслах.

**Abstract.** This work is devoted to the consideration of the feasibility of introducing renewable energy sources to reduce production costs during oil production in the fields.

**Ключевые слова:** автономные гибридные электростанции, расчет мощности станции.

**Keywords:** autonomous hybrid power plants, station power calculation.

На сегодняшний день возобновляемые источники энергии имеют один существенный недостаток – непостоянный характер получения энергии. В связи с этим в мире набирают популярность автономные гибридные электростанции, являющиеся гибридными системами, состоящими из альтернативных и традиционных источников энергии.

Наиболее часто используемыми в мире являются станции, состоящие из комплекса различных источников энергии [1,2], два из которых являются возобновляемыми источниками (солнечные и ветряные).

Использование ветро-солнечной энергии в данных системах позволяет снабжать электроэнергией потребителей независимо от времени года и погодных условий, например:

1) В солнечные ветреные дни энергия одновременно поступает от обоих источников.

2) Ночью или при недостатке солнечных лучей основную работу выполняют ветрогенераторы.

3) При достаточном количестве солнечного света или при отсутствии ветра работают только солнечные модули.

4) При отсутствии обоих источников (например, пасмурная безветренная погода или безветренная ночь) потребители питаются от аккумуляторов, входящих в состав электростанции.

В связи с тем, что мощность гибридной станции сильно зависит от метеоусловий, в месте где она устанавливается, берутся средние значения уровня солнечной радиации ( $i$ ), скорость ветра ( $V$ ) и плотность воздуха ( $\rho$ ) для северных районов страны:  $810 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ ,  $6 \text{ м/с}$  и  $1.2920 \text{ кг}/\text{м}^3$  соответственно. Плотность воздуха берется при температуре  $0^\circ$ .

Возьмем в расчет станцию с следующими данными:

1. Кол-во панелей ( $n$ ) – 2
2. Площадь 1 панели ( $S$ ) –  $4 \text{ м}^2$
3. КПД солнечных панелей ( $\eta_c$ ) – 20 %
4. Радиус лопастей ветрогенератора ( $R$ ) – 3 м
5. КПД ветрогенератора ( $\eta_v$ ) – 38 %

Рассчитаем по формуле мощность солнечных панелей ( $P_c$ ):

$$P_c = n \times S \times \eta_c \times i$$
$$P_c = 2 \times 4 \times 0.2 \times 1.292 \approx 1.3 \text{ кВт}$$

Рассчитаем по формуле мощность ветрогенератора ( $P_v$ ):

$$P_v = \frac{\rho \times \pi \times R^3}{2} \times V^3 \times \eta_v$$
$$P_v = \frac{1.292 \times 3.14 \times 3^3}{2} \times 6^3 \times 0.38 \approx 1.5 \text{ кВт}$$

Отсюда следует, что мощность данной гибридной станции ( $P_{\text{общ}}$ ) равна:

$$P_{\text{общ}} = P_c + P_v$$
$$P_{\text{общ}} = 1.3 + 1.5 = 2.8 \text{ кВт/ч (2 МВт в месяц)}$$

В связи с малой мощностью гибридных станций их нерентабельно использовать непосредственно при добыче и переработке нефти на промыслах. Наиболее приемлемым вариантом применения ветро-солнечных электростанций на объектах предприятий нефтегазового комплекса является их использование в качестве автономных источников питания удаленных объектов небольшой мощности (электрифицированных узлов запорной арматуры нефтепровода, станции электрохимической защиты, для частичного питания помещений).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Григораш О.В., Корзенков П.Г. Автономные системы электро-снабжения на возобновляемых источниках энергии// Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 93. – С. 646-658.

2 Филин Н.В. Использование альтернативных источников энергии для обеспечения электроэнергией объектов нефтегазовой отрасли в районах крайнего севера и арктического шельфа: учеб.-метод. пособие. Н.В. Филин. РГУ, 2010. – 108с.

УДК 621.791.763.2

Мойсеев Спартак Спартакович, студент; Moiseev Spartak Spartakovich

Хабибов Мухаммаджон Махмадиевич, студент;

Khabibov Mukhammadzhon Makhmadievich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПОЛУЧЕНИЕ ЗАГОТОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ДУГОВАЯ НАПЛАВКА

### OBTAINING BLANKS USING ADDITIVE TECHNOLOGIES. ARC SURFACE

**Аннотация.** В статье приведена методика создания несложных металлических конструкций путем послойного выращивания дуговой наплавкой сплошной проволокой в среде защитного газа на модернизированном портальном станке с программным управлением, предназначенным для плазменной резки. Приведены данные по конструктивной доработке станка, о технологическом оснащении, и результаты проведенных исследований.

**Ключевые слова:** дуговая наплавка, портальный станок, траектория движения, структура и свойства.

**Keywords:** arc surfacing, gantry machine, motion path, structure and properties.

Использование аддитивных технологий – один из ярчайших примеров того, как новые разработки и оборудование могут существенно улучшать традиционное производство. Такие технологии производства позволяют изготавливать любое изделие послойно на основе компьютерной 3D-модели [1-5] без отходов, условий технологичности, множества переходов между технологическими операциями.

Для возможности использования имеющегося оборудования в реализации поставленной задачи проведена адаптация 3D портального станка плазменной резки управляемого программой Mach3 для автоматической дуговой сварки/наплавки в среде защитного газа.

Смена базового рабочего органа – плазматрона на сварочную горелку полуавтомата СВАРОГ MIG 3500 (J93) потребовала разработку специального кронштейна, позволяющего размещать горелку на исполнительном механизме и регулировать положение горелки относительно оси соединения (рис.1). Так, для большинства стыковых соединений, размещенных в нижнем положении, и при наплавке, ось горелки должна совпадать с вертикальной осью шва, а для тавровых, угловых и нахлесточных соединений ось горелки должна быть повернута на  $45^\circ$ . Для горизонтальных стыковых швов ось горелки поворачивается на  $90^\circ$ . При сварке/наплавке сварочная горелка совершает колебательные движения по траектории, сгенерированной G-кодами.

Наплавляли три прямоугольные фигуры в три слоя. Для наплавки использовалась омедненная стальная проволока сплошного сечения марки Св-08ГА-О диаметром 1,2 мм. Наплавка производилась на стальную подкладку толщиной 10 мм в нижнем положении. Наплавка всех фигур осуществлялось безостановочно на одинаковых режимах:  $I_{св} = 215- 250 \text{ А}$ ;  $U_d = 23 \text{ В}$ ;  $V_{напл} = 1500 \text{ мм/мин}$  с колебательными движениями в поперечной плоскости наплавляемого валика.



Рисунок 1. Кронштейн крепления сварочной горелки и схема комплектации станка для дуговой наплавки

В ходе наплавки каждого валика предусматривался автоматический подъем сварочной горелки на величину наплавленного валика при переходе на следующий.

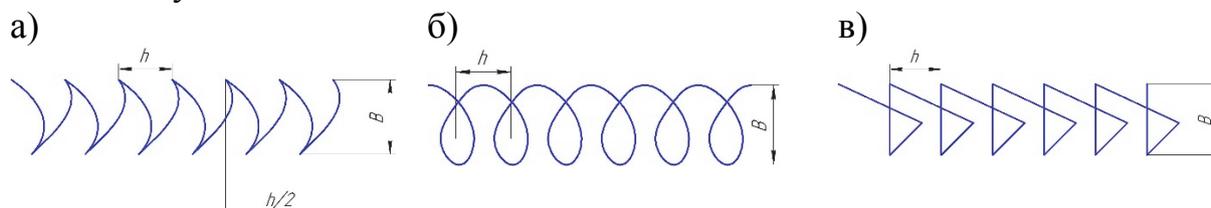


Рисунок 2. Траектория колебательных движений при наплавке фигур а - фигура 1; б - фигура 2; в - фигура 3.

На рисунке 3 приведен внешний вид наплавленных фигур в очередности их выполнения (обозначена цифрами 1, 2, 3).

Пробоподготовка образцов на исследование микроструктуры велась на шлифовально-полировальном станке EcoMet 250 Pro. Микроструктура изучалась с использованием металлографического микроскопа Nikon MA200, показатели твердости по методу Виккерса с использованием микротвердомера Shimadzu HNV-2 в точках с интервалом 0,5 мм, каждый из которых проходил по центру валиков с нагрузкой  $1,961 \text{ Н} \approx 0,2 \text{ кг}$  (рис. 3 б). Эффективность техники наплавки оценивали по величине отходов, образованных при формировании равномерной стенки. Оценку проводили теоретически, обрабатывая в программе КОМПАС поперечные сечения наплавленных фигур, отсекая от максимально возможной прямоугольной стенки криволинейные участки валика (рис.3 в).

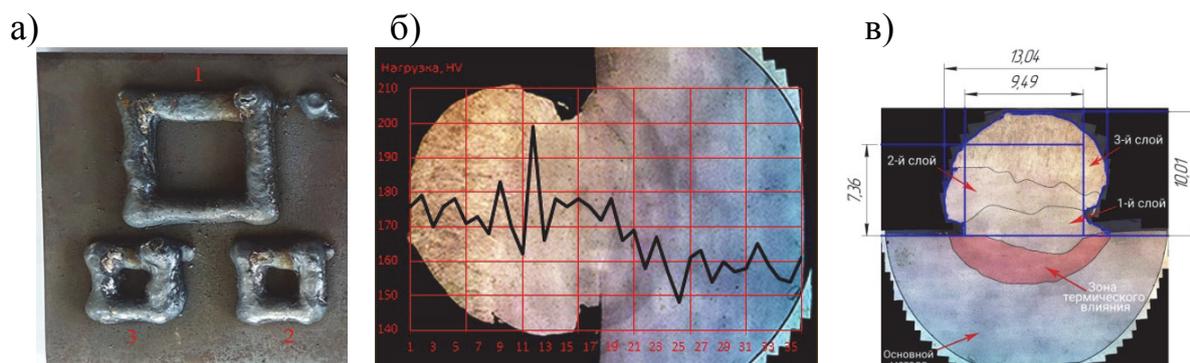


Рисунок 3. Внешний вид наплавленных фигур (а), результат измерения микротвердости (б) и геометрии наплавленных валиков (в)

Исследование показало, что траектория колебательных движений при наплавке напрямую влияет на время термического воздействия на предыдущий слой наплавки и, соответственно, на изменение структуры металла. Установлено, что по всему сечению образцов микроструктура материала различна: верхний слой валика имеет большую величину зерен структуры, по сравнению с предыдущими слоями наплавки, что ведет к упрочнению и повышению хрупкости образцов от нижнего слоя к верхнему. Таким образом, прочность по сечению детали будет различна, что можно отнести к недостаткам способа изготовления образцов.

Выявлено, что распределение микротвердости по сечению увеличивается от нижних слоев к верхним, что можно объяснить изменением времени термического воздействия на разные слои наплавки, поэтому при изготовлении заготовок данным методом следует учитывать увеличение зон термического влияния в зависимости от способа наплавки и заметное изменение структуры металла по сечению детали, а также усложнение механической обработки конечной детали.

Траектория колебательных движений при наплавке - треугольником технологичнее, так как требует меньшей постобработки готового изделия, а шов получается шире, соответственно толщина стенки изделия больше.

Научно-исследовательские работы выполнены за счёт средств ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», выделяемых на научный проект «Разработка алгоритма и исследование процесса программируемого управления формированием сварочно-

го/наплавочного валика (в том числе и в применении аддитивных технологий) на установке автоматической сварки в защитных газах »

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Zhu, S.E, Li, C., Shen, C-D., Liu, J (2010). Microstructure and micro mechanical property of part formed by GMAW surfacing rapid prototyping. Key Engineering Materials, 419-420, p. 853-856.

2 Zhang, Y.M., Li, P., Chen, Y., Male, A.T. (2002). Automated system for welding-based rapid prototyping, Mechatronics, 12 (1), p. 37-53. DOI: 10.1016/S0957-4158(00)00064-7

3 Zhang, Y., Chen, Y., Li, P., Male, A.T. (2003). Weld deposition-based rapid prototyping: A preliminary study. Journal of Materials Processing Technology, 135 (2-3 SPEC.), p. 347-357. DOI: 10.1016/S0924-0136(02)00867-1

4 Song, Y.-A., Park, S., Choi, D., Jee, H. (2005). 3D welding and milling: Part I-a direct approach for freeform fabrication of metallic prototypes. International Journal of Machine Tools and Manufacture, 45 (9), p. 1057-1062. DOI: 10.1016/j.ijmachtools.2004.11.021

5 Hur, J., Lee, K., Zhu-Hu, Kim, J. (2002). Hybrid rapid prototyping system using machining and deposition. CAD Computer Aided Design, 34 (10), p. 741-754. DOI: 10.1016/S0010-4485(01)00203-2

УДК 66.071.6.081

Морквин Никита Андреевич, студент; Morkvin Nikita Andreevich

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;

Sarilov Mihail Yurievich

Комсомольский на Амуре государственный университет

#### ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ НАЛИВА ВАГОН-ЦИСТЕРН ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ БЕЗВОЗВРАТНЫХ ПОТЕРЬ

#### RECONSTRUCTION OF THE TANK CAR LOADING SYSTEM TO REDUCE IRRECOVERABLE LOSSES

**Аннотация.** Данная статья посвящена исследованию оборудования улавливание углеводородных газов и их последующей рекуперации для сокращения безвозвратных потерь при наливке в вагон цистерны. В работе представлены предложения по модернизации существующих систем улавливания и систем рекуперации.

**Abstract.** This article is devoted to the study of equipment for capturing hydrocarbon gases and their subsequent recuperation to reduce irrecoverable losses when filling a tank car. The paper presents proposals for the modernization of existing collection systems and recuperation systems.

**Ключевые слова:** налив, нефть, нефтепродукт, рекуперация, компримирование, абсорбция.

**Keywords:** loading, oil, oil product, recovery, compression, absorption.

подавляющая часть выбросов в атмосферу приходится на мировые нефтегазоперерабатывающую отрасль промышленности. Потери углеводородного газа из-за испарения на нефтеперерабатывающих заводах при наливке и хранении в резервуарах составляют 1.1-1.5 кг на 1 т. продукта

Существует несколько методов позволяющих снизить испарения нефтепродукта, однако, самыми эффективным является герметизация налива с последующей очисткой парогазовой среды от углеводородного газа.

Очистка производится в строино-абсорбционной системе улавливания углеводородных газов. Данные системы имеют ряд преимуществ:

- Высокая надежности и простатита эксплуатации.
- Широкий диапазон концентрации углеводорода в воздухе.
- Отсутствие контакта движущихся механических элементов со сжимаемым газом что обеспечивает безопасность эксплуатации.
- Низкая чувствительность к содержанию конденсата твердых частиц и агрессивных сред в газе.

Данный способ состоит из подачи насосом рабочей жидкости в струйный компрессор, где посредством процесса эжектирования происходит сжатие парогазовой смеси.

Перед подачей в компрессор рабочая жидкость охлаждается до температуры, находящейся в диапазоне от минус 20 до минус 80 °С, а образующую в струйном аппарате смесь парогазовой и жидкой сред сжимают до давления, находящегося в диапазоне от 0.15 до 1.2 МПА [1]

Из компрессора смесь подаётся на сепаратор откуда рабочая жидкость возвращается в цикл, а сжатая газовая фаза отправляется в абсорбер.

В абсорбере газовая фаза подаётся в противоток рабочей жидкости (абсорбенту). В качестве абсорбента могут использоваться бензиновые и дизельные нефтяные фракции. [2] Газовоздушная смесь с небольшим содержанием легких фракций выбрасывается в атмосферу.

Максимальное количество выбросов загрязняющих веществ	без установки рекуперации	с установкой
Предельные углеводороды C1-C5	362,25	72,45
Предельные углеводороды C6-C10	1,75	20,10
Бензол	1,75	0,18
Ксилол	0,55	0,06
Толуол	1,10	0,11

Использование данной установки позволяет добиться значительного снижения безвозвратных потерь, уменьшить количество выбросов углеводородных газов в атмосферу, снизить взрыво-пожароопасность объектов, ликвидировать вредные выбросы в атмосферу, а также что не мало важно повысить экономическую прибыль.[3]

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Цегельский В.Г. Двухфазные струйные аппараты / В. Г. Цегельский – М.: Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2003 – 408с.
- 2 Рамм В.М. Абсорбция газов / В.М. Рамм, М., «Химия», 1976 – 656с.

3 Козачок О. В. Применение системы рекуперации легких фракций углеводородов при наливке в железнодорожные цистерны / О. В. Козачок // Записки Горного института. Т.174 – 2008 с 124-125.

УДК 621.5

Морквин Никита Андреевич, студент; Morkvin Nikita Andreevich  
Шишкин Борис Васильевич, кандидат технических наук, доцент;  
Shishkin Boris Vasilevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОР КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ В ПРОГРАММЕ «PASSAT»**

## **DESIGNING OF SUPPORT TUBULAR EXCHANGER OF DEVICES IN THE PROGRAM "PASSAT"**

**Аннотация.** В статье выполнены проектирование и расчет опор подвесных вертикальных кожухотрубчатых аппаратов с использованием программного продукта НТП «Трубопровод» с целью снижения веса и габаритов. Представлены результаты расчетов для кожухотрубчатого теплообменника 1000 ТНВ.

**Abstract.** In article designing and calculation of support pendant vertical tubular exchanger devices with use of software НТП "Pipeline" are executed with the purpose of weight reduction and dimensions. Results of calculations for tubular exchanger 1000 ТНВ are submitted.

**Ключевые слова:** лапа опорная, стойка, нагрузка, масса опор.

**Keywords:** a paw basic, the rack, loading, weight of support.

Кожухотрубчатые теплообменные аппараты получили широкое распространение в химической и нефтехимической промышленности. По положению корпуса аппарата различают вертикальные и горизонтальные теплообменники. При установке вертикальных теплообменных аппаратов на несущие конструкции используются опоры в виде лап и стоек [1]. Конструирование в среде программы «ПАССАТ» позволяет учесть разнообразные требования, предъявляемые как к самому теплообменному аппарату, так и к его опорам. Выполним расчет опорных лап (рисунок 1) и стоек для вертикального кожухотрубчатого теплообменного аппарата [2]. Рассматриваемые аппараты имеют цилиндрическую форму кожуха диаметром 159...1200 мм и достигают длины до 10 м. Для снятия температурных напряжений в конструкции над опорными лапами в кожухе аппарата используют температурные компенсаторы. По исполнению различают штампованные и сварные конструкции опор. Для проведения расчетов используем характеристики кожухотрубчатого теплообменного аппарата 1000

ТНВ. Аппарат на условное давление в трубах и кожухе 4 МПа с теплообменными трубами диаметром 25 мм, длиной 2 м, диаметром кожуха 1000 мм, исполнение по материалу М1 имеет теоретическую массу 7200 кг.

При создании файла в программе «ПАССАТ» заполняем окно «Общие данные» и запускаем модуль «ПАССАТ-Теплообменник». Далее поочередно используем окна «Опорные лапы» и «Опорные стойки». Результаты расчета для обеих типов опор представлены в отчете программы в вариантах: 1) прочность и устойчивость от воздействия опорных нагрузок; 2) расчет в условиях гидротиспытаний.

Опорные лапы (рисунок 1) располагаем на кожухе в районе центра масс под температурным компенсатором. Задействуем диалоговое окно «Количество опор» в вариантах 3 и 4. При этом 4 опоры потребует в документации дополнительных указаний по точности монтажа. Для варианта «Опорные стойки» опоры располагаем на днище аппарата также в количестве 3 и 4. Выбираем конструкцию пластинчатой стойки и назначаем диаметр опорной окружности 600 мм. При этом стойки не будут выступать за диаметр аппарата.

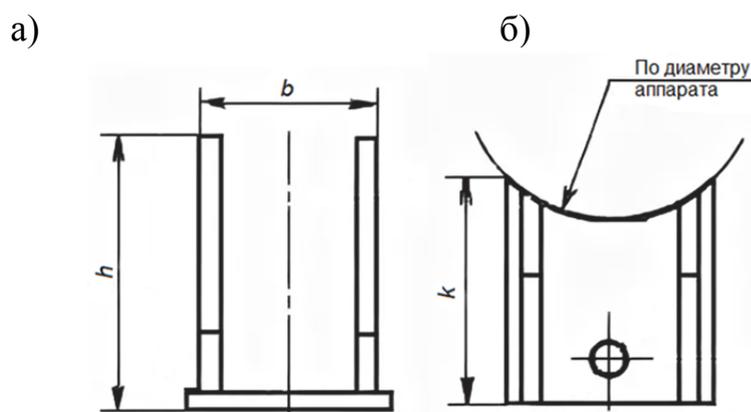


Рисунок 1 - Сварная опорная лапа: а) – общий вид; б) – вид сверху

Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики опор

Тип опоры	Количество опор	$F$ , кН	$k$ , мм	$h$ , мм	$b$ , мм	$G$ , кг
Штампованная опорная лапа	3	24	145	265	130	10,8
	4	18	145	265	130	14,4
Штампованная опорная лапа с увеличенным вылетом для изоляции	3	24	260	360	215	36,3
	4	18	260	360	215	48,4
Сварная опорная лапа	3	24	145	245	130	11,4
	4	18	145	245	130	15,2
Опорная стойка типа 4	3	24	Стойки не выступают за диаметр аппарата		15,6	
	4	18	Стойки не выступают за диаметр аппарата		20,8	

Примечание:  $F$  - воспринимаемая нагрузка на опору, кН;  $k$  – длина, мм;  $h$  - высота;  $b$  – ширина, мм;  $G$  - суммарная масса опор, кг

Наибольшие габариты характеризуют конструкцию с штампованными опорными лапами с увеличенным вылетом для изоляции. Этому же типу соответствует максимальная масса опор. Использование штампованных опорных лап (для количества опор 3) отвечает минимальным габаритам и суммарной массе опор. Сварные опорные лапы рекомендуются как наиболее технологичны для мелкосерийного производства.

Вывод. Применение ППП «ПАССАТ» позволяет эффективно выполнить проектирование опор теплообменных аппаратов с учетом требований стандарта.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: справ. Т. 1-3 / А.С. Тимонин. - Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2002.

2 ГОСТ 26296-84. Лапы опорные подвесные вертикальных сосудов и аппаратов. Основные размеры. – Введ. 1985-07-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1984. – 8 с.

## УДК

Морозкова Ирина Андреевна, аспирант; Morozkova Irina Andreevna

Кутакова Наталья Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;

Kutakova Natalia Alekseevna

Третьяков Сергей Иванович, кандидат технических наук, профессор;

Tretyakov, Sergei Ivanovich

Северный (Арктический) федеральный университет  
имени М.В. Ломоносова

## АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И САХАРОВ В ПЛОДАХ БОЯРЫШНИКА

## ANALYSIS OF ORGANIC ACIDS AND SUGARS IN FRUITS HAWTHORN

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию биологически активных веществ в плодах боярышника. Определено содержание органических кислот и сахаров в плодах ряда видов боярышника, произрастающих в местности, приравненной к району Крайнего Севера (г.Архангельск).

**Abstract.** This work is devoted to the study of biologically active substances in the fruits of hawthorn. The content of organic acids and sugars in the fruits of a number of species of hawthorn growing in an area equated to the Far North region (Arkhangelsk) was determined.

**Ключевые слова:** боярышник, органические кислоты, сахара, характеристика плодов.

**Keywords:** hawthorn, organic acids, sugars, fruit characteristics.

Существует острый интерес к съедобным плодам диких и малокультивируемых кустарников, включая боярышник. Их плоды оказывают многочисленные благотворные эффекты на здоровье человека [1]. В мире насчитывается 165-200 видов боярышника [2].

Содержание органических кислот в плодах варьируется в зависимости от вида. В частности, сахаро-кислотный баланс и его содержание являются основными детерминантами вкусовых качеств фруктов. Органические кислоты во фруктах и овощах в основном образуют такие соединения, как соли, сложные эфиры и гликозиды. Лимонная кислота – преобладающая органическая кислота в плодах боярышника; фруктоза – основной компонент сахаров. Поскольку кислоты плодов сразу окисляются, они не оказывают вредного воздействия на организм. Как и их соли – щелочеобразующие элементы, они очень важны в питании человека. Благодаря своему благотворному влиянию на профилактику сердечно-сосудистых заболеваний виды боярышника в последнее время стали играть важную роль в питании и нутрицевтике [3]. Фруктовые кислоты, которые способствуют перевариванию питательных веществ и стимулируют кровообращение, входят в число качественных параметров плодов боярышника.

На рисунке показано содержание органических кислот и сахаров в плодах боярышника Турнефора и Редколесного 2016 и 2018 года сбора.

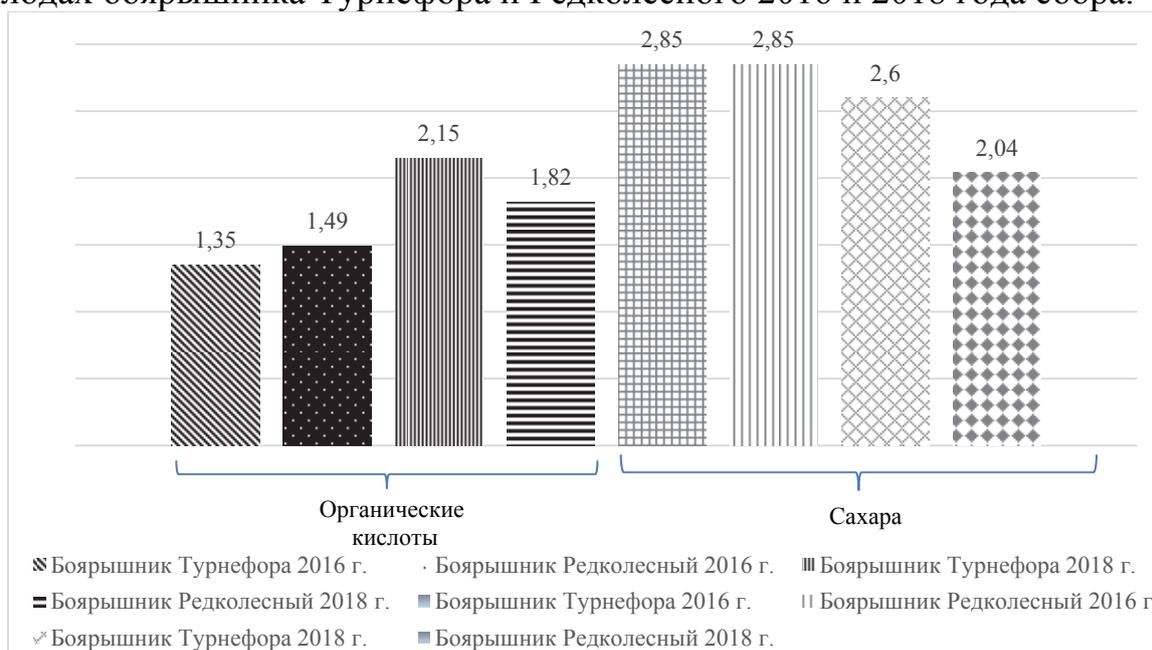


Рисунок 1 – Содержание органических кислот и сахаров в плодах боярышника

Содержание сахаров и органических кислот в составе изучаемых видов боярышника свидетельствует о важности этих плодов в питании человека как природного источника биологически активных веществ. Исследование показало, что по составу плодов между видами боярышника существуют различия, также как и в зависимости от года сбора, но не существенные.

По содержанию органических кислот боярышник Турнефора 2018 г. сбора – лучший, по содержанию сахаров – боярышник Редколесный 2016 г. сбора. Характеристика плодов изучаемых видов, в основном, соответствует боярышнику кроваво-красному, включенному в реестр лекарственного сырья.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Tadic V.M., Dobric S., Markovic G.M., Dordjevic S.M., Arsic I.A., Menković N.R., Stević T. Anti-inflammatory, gastroprotective, free-radical-scavenging, and antimicrobial activities of hawthorn berries ethanol extract// *J. Agric. Food Chem.* 2008. V. 56, N 17. P. 7700–7709. <https://doi.org/10.1021/jf801668c>

2 Ercisli S. A short review of the fruit germplasm resources of Turkey// *Gen. Res. Crop Evol.* 2004. V. 51, N 4. P. 419–435. <https://doi.org/10.1023/b:gres.0000023458.60138.79>

3 Chang W.T., Dao J., Shao Z.H. Hawthorn: potential roles in cardiovascular disease// *Amer. J. Chinese Med.* 2005. V. 33. N 4. P.1–10. <https://doi.org/10.1142/S0192415X05002606>

УДК 620.178.15

Неплюева Александра Аркадьевна, магистр; Neplyueva Aleksandra Arkad'evna  
Сафронов Иван Сергеевич, кандидат физико-математических наук,  
старший преподаватель; Safronov Ivan Sergeevich  
НИТУ «МИСиС»

#### **МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АМОРФНО-НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СПЛАВА, ПОДВЕРГНУТОГО ОБРАБОТКЕ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ**

#### **MECHANICAL CHARACTERISTICS OF AN AMORPHOUS-NANOCRYSTALLINE METAL ALLOY SUBJECTED TO LASER IMPULSE PROCESSING**

**Аннотация.** Аморфные и аморфно-нанокристаллические металлические сплавы различного состава находят применение в повседневной жизни. Важнейшей нерешенной проблемой таких материалов является неоптимальный комплекс физико-механических свойств. В представленной работе отражены результаты по изучению зависимости микротвердости аморфно-нанокристаллического металлического многокомпонентного сплава от режима температурной выдержки и лазерной обработки. Показана возможность управления прочностными характеристиками в определенном температурном интервале.

**Abstract.** Amorphous and amorphous-nanocrystalline metal alloys of different compositions are used in daily life. The most important unsolved problem of such materials is the suboptimal complex of physical and mechanical properties. The paper presents the results of studying the dependence of the microhardness of an amorphous-nanocrystalline metal multicomponent alloy on the temperature exposure and laser treatment conditions. The possibility of controlling the strength characteristics in a defined temperature range is shown.

**Ключевые слова:** аморфно-нанокристаллический металлический сплав, микротвердость, лазерный импульс, залечивание трещин.

**Keywords:** amorphous-nanocrystalline metal alloy, micro-hardness, laser impulse, crack healing.

Современные технологии активно внедряют в производство и используют новые материалы с уникальными свойствами. К одному из таких материалов относятся аморфно-нанокристаллические металлические сплавы. Большой интерес к таким материалам связан с повышенными прочностными, коррозионными, электромагнитными характеристиками [1-3]. На практике в классических металлических сплавах не удается достичь подобных показателей. Аморфные материалы получают сверхбыстрой закалкой. Перевод в аморфно-нанокристаллическое состояние осуществляется методом термостатирования при заданной температуре. Полученный таким образом материал, несмотря на комплекс полезных свойств, на практике оказывается хрупким и разрушается при незначительном механическом воздействии [3-5].

Обработка лазерными импульсами поверхности различных металлических сплавов способна приводить к повышению физико-механических характеристик. Это дает возможность задавать материалам требуемые полезные свойства. Лазерный импульс наносекундной длительности способен воздействовать комплексно на поверхность и приповерхностные слои образца [2, 5]. Сверхвысокие температуры плазменного факела с последующим воздействием шокового давления серии импульсов способны приводить к структурным перестройкам.

В данной работе исследования проводили на тонких лентах многокомпонентного аморфно-нанокристаллического металлического сплава на основе кобальта. Образцы толщиной 30 мкм с площадью поверхности  $0,9 \times 10^{-3}$  м<sup>2</sup> подвергали изотермическому отжигу при температурах от 590 до 730 °С. Данные режимы термостатирования приводили к формированию определенной нанокристаллической структуры и частичной кристаллизации сплава. Затем образцы обрабатывали лазерным импульсом наносекундной длительности при длине волны 1064 нм, энергии импульса  $\approx 75$  мДж. Время воздействия одного импульса составляло 15-20 нс. Тонкие образцы наносились на полимерную подложку и металлическое основание. Микротвердость определяли на микротвердомере ПМТ-3 с нагружением пирамидкой Виккерса не более 0,98 Н. В следующих режимах термостатирования 590-670°С значительных изменений микротвердости не наблюда-

ется. Снижение микротвердости отмечается у некоторых образцов на границе области лазерного воздействия. По мере приближения к границе оплавления, микротвердость плавно снижается и сохраняет свое значение в пределах погрешности измерений при удалении на расстояние 600-650 мкм от центра зоны оплавления. Значительные изменения микротвердости регистрируются в интервале температур отжига 690-730 °С. Микротвердость достигает максимума в центре зоны лазерного оплавления и на границе. Минимальное значение сохраняется между краем и центром области оплавления. На исходном участке, не подвергнутом лазерному воздействию, микротвердость изменяется плавно.

Повышение микротвердости внутри оплавленной зоны может являться следствием изменения структуры материала. Наличие определенной концентрации пор и микротрещин на единицу объема в аморфно-нанокристаллических металлических сплавах может оказывать негативное влияние на физико-механические характеристики. На основании литературных данных известно, что в результате воздействия давления со стороны лазерной плазмы и температуры происходит уменьшение количества пор, микротрещин [1, 3, 5]. Возможна регенерация материала и восстановление сплошности при определенных критических углах раскрытия трещин. Такие изменения в материалах часто приводят к повышению не только микротвердости, но и пластических характеристик [4]. На этом основании было проведено моделирование процессов теплораспределения в объеме аморфно-нанокристаллического металлического сплава, содержащим поры и трещины. В случае присутствия некоторого количества пор вблизи обрабатываемой поверхности возможно их схлопывание [5]. Моделирование процесса лазерного воздействия наносекундной длительности показало, что близко расположенные нанопоры на расстоянии до 100 мкм друг от друга формируют вокруг незначительный градиент температур с различием в десятки градусов. В верхней границе моделированных пор температура возрастает быстрее окружающего материала в результате сверхбыстрого нагрева. Температура между порами возрастает так же быстро. На участках однородного материала, свободного от пор и трещин формируется зона пониженной температуры. При выборе оптимальных режимов лазерной обработки аморфизированных сплавов следует учитывать ряд факторов, как например, толщину образца, начальную структуру материала, наличие и расположение пор и трещин, их размеры, форму и пр.

На основании полученных результатов определения микротвердости в зависимости от расстояния до центра области лазерного воздействия можно сделать вывод о возможности увеличения механических характеристик в определенном интервале режимов термостатирования. С использованием методов моделирования возможно оценить влияние снижения количества пор и трещин в локальном объеме образца на механические характеристики. В целом изменение структуры материала играет первостепенную роль и оказывает влияние на стабильность результатов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Золотухин И.В., Калинин Ю.Е. Аморфные металлические сплавы // Успехи физических наук. 1990. Т. 160. № 9. С.75-110.
- 2 Судзуки К., Фудзимори Х., Хасимото К.; под ред. Ц. Масумото. Аморфные металлы. // М. Metallurgia, 1987. С. 328.
- 3 Глезер А.М., Пермякова И.Е., Громов В.Е., Коваленко В.В. Механическое поведение аморфных сплавов // Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2006.
- 4 Safronov, I., Ushakov, A. Effect of simultaneous improvement of plasticity and microhardness of an amorphous-nanocrystalline material based on Co, as a result of laser processing of nanosecond duration // Elsevier Ltd.: Materials Today: Proceedings. 2020. V. 38. P. 1516-1520.
- 5 Черемской П.Г. Методы исследования пористости твердых тел. // М.: Энергоатомиздат, 1985. 112 с.

УДК 621.516

Никитченко Данил Дмитриевич, студент; Nikitchenko Danil Dmitrievich  
Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор;  
Sarilov Mikhail Urevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ

## INTENSIFICATION OF HEAT EXCHANGE IN SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGERS

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы интенсивности теплообмена в гладких трубках и в трубках со спиральной накаткой в кожухотрубчатых теплообменных аппаратах при ламинарном и турбулентном течении жидкости. Установлена зависимость интенсивности теплообмена от вида применяемых трубок.

**Abstract.** In this paper with the issues of heat transfer intensity in smooth tubes and in tubes with spiral knurling in shell-and-tube heat exchange apparatuses with laminar and turbulent fluid flow. The dependence of the heat transfer intensity on the type of tubes used is established.

**Ключевые слова:** кожухотрубчатый теплообменник, интенсификация теплообмена, теплопередача, ламинарный и турбулентный режимы течения, гладкая трубка, трубка со спиральной накаткой.

**Keywords:** shell-and-tube heat exchanger, heat exchange intensification, heat transfer, laminar and turbulent flow modes, smooth tube, spiral knurled tube.

На сегодняшний день развитие силовых установок в области нефтепереработки характеризуется увеличением мощности аппаратов, повышением их КПД и КПД установок в целом. Достижение этих задач невозможно без использования совершенных теплообменных устройств [1].

При работе со средами, содержащими нефть и нефтепродукты все чаще начинают применять кожухотрубчатые теплообменники со спиральной накаткой труб.

Одной из главных характеристик, которые влияют на передачу тепла, является сопротивление тепловому потоку различных слоев, которые разделяют 2 теплоносителя [2]. Общее сопротивление тепловому потоку в теплообменнике можно представить, как суммарное сопротивление 5 слоев:

1) Внутренний слой. Он образуется из жидкости, протекающей внутри трубок, и жидкости, находящейся в непосредственном контакте с внутренней поверхностью трубок.

2) Слой загрязнения. Он формируется в результате осаждения твердых частиц на внутренней стенке трубок.

3) Материал трубок и их толщина стенки. Они будут определять термическое сопротивление через эти трубки.

4) Слой загрязнения. Он формируется в результате осаждения твердых частиц на наружной поверхности трубок.

5) Наружный слой. Он образуется из жидкости, протекающей в межтрубном пространстве, и жидкости, находящейся в непосредственном контакте с внешней поверхностью трубок.

Слои (2) и (4), как правило, задаются заказчиком, а габариты и материал трубок подбираются в зависимости от необходимых результатов.

Слои (1) и (5) сильно зависят от природы жидкостей, а также, в основном, от геометрии поверхностей теплообмена, с которыми они контактируют.

Для того, чтобы исключить образования слоев загрязнения необходимо увеличить скорости потока жидкости в теплообменнике, что создаст турбулентность и наружный/внутренний слой оторвется от поверхностей теплообменника [3].

Для количественной оценки скорости течения жидкости применяется безразмерная величина, которая называется числом Рейнольдса.

Числа Рейнольдса до 2000 характеризуют ламинарный режим течения, а значения свыше 10000 – турбулентный режим течения. Между числами 2000 и 10000 находится область, которая называется переходной зоной, в которой может быть, как ламинарное, так и турбулентное течение жидкости [3].

Применение спиральной накатки в теплообменных агрегатах позволяет внести турбулентность в переходную зону, а также увеличить ее в самом турбулентном режиме течения. Это одна из главных причин, из-за которых применяют трубы со спиральной накаткой в теплообменных аппаратах [3].

На рисунке 1 показано, что трубки со спиральной накаткой, по сравнению с гладкими трубками, значительно увеличивают интенсивность теплообмена при переходе в переходную зону.

Таким образом, при применении труб со спиральной накаткой значительно увеличивается интенсивность теплообмена после перехода от ламинарного режима течения. В некоторых случаях можно увеличить теп-

лопередачу в 2 и более раз. Это значит, что требуемая поверхность теплообмена сокращается на 50%, и как следствие, стоимость теплообменного аппарата значительно снижается [1].



Рисунок 1 – Зависимости интенсивности теплообмена

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Угрюмова С.Д., Попова Е.Ю., Акимов С.А. Интенсификация процессов нагрева и охлаждения в компактных теплообменных аппаратах // Научные труды Дальрыбвтуза. 2011. № 33. – 204-210 с.

2 Михеева И.М., Михеев М.А. Основы теплопередачи. – М.: «Энергия», 1977. – 344 с.

3 Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. – 712 с.

УДК 539.422.52

Ошоров Аюр Дашеевич, аспирант; Oshorov Ayur Dasheevich

Ушаков Иван Владимирович, доктор технических наук, профессор;

Ushakov Ivan Vladimirovich

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛЕНКА–ПОЛИМЕР АРМИРОВАННЫЙ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ

## MECHANICAL PROPERTIES OF MULTI-LAYER COMPOUNDS FILM-POLYMER REINFORCED WITH CARBON NANOTUBES

**Аннотация.** В работе рассматривается многослойные композиционные соединения пленка – полимер армированный углеродными нанотрубками. Описана методика создания композиционного материала. Определены микротвердости композиционных соединений. Выявлена специфика стандартного способа механических испытаний для многослойного композиционного соединения.

**Abstract.** This work is devoted to the study of a multilayer composite film - polymer reinforced with carbon nanotubes. A technique for creating a composite material is described. The microhardness of the composites was determined. The specificity of the standard method of mechanical testing for a multilayer composites is revealed.

**Ключевые слова:** нанокристаллический сплав, нанотрубки, многослойный композит, микротвердость.

**Keywords:** nanocrystalline alloy, nanotubes, multilayer composite, microhardness.

Создание новых композиционных материалов важная задача современного материаловедения. Спрос на такие материалы обусловлен возможностью сочетания улучшенных механических свойств (прочность, трещиностойкость, износостойкость, жесткость, пределы сопротивления и усталости). Металлическое стекло не имеет таких дефектов, как границы зерен или дислокации, что приводит его к однородности в малых масштабах и достижению высокой прочности и пластичности. Уникальные структурные характеристики металлического стекла, позволяют говорить о широком спектре его применения.

Углеродные нанотрубки обладают уникальными физическими свойствами, одним из наиболее привлекательных свойств является химическая инертность – совместимость практически со всеми материалами. Уникальные свойства углеродных нанотрубок делают их универсальным аддитивом, который может улучшить свойства большинства материалов.

Исследования проводились на аморфном сплаве марки 82К3ХСР, состав: 83,7 % Со + 3,7 % Fe + 3,2 % Cr + 9,4 % Si (вес. %). Для превращения аморфной структуры сплава в аморфно-нанокристаллическую, вырезали образцы с размерами 20×10 мм, и подвергали их изотермическому отжигу по методике описанной в работе [1]. Далее создавали композиционный материал. Во-первых склеивали два отожженных образца между собой полимером марки НВ BODY PRO F 211 с добавлением углеродных нанотрубок. Во-вторых, на металлическую основу равномерно наносился этот же полимер с углеродными нанотрубками. В завершении на полимер устанавливались склеенные образцы, так чтобы они находились по середине материала.

Провели механические испытания многослойного композиционного материала на микротвердомере ПМТ-3. Нагружали композиционный материал в диапазоне 0,98 – 2,94 Н. Способ определения пластичности тонких пленок аморфно-нанокристаллического сплава разработанный в работах [2 - 4] не годится для многослойного композиционного материала, в виду отсутствия группы трещин в виде близких к вложенным квадратам. Анализ результатов показывает, что для определения вязкости таких композитов целесообразно использовать инденторы другой геометрической формы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ушаков И.В., Поликарпов В.М. / Механические испытания тонких лент металлического стекла инденторами различной геометрической формы // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2007. Т. 69. № 7. С. 43-47.

2 Образцов Д.В., Фокин В.М. Исследование прочностных и теплофизических свойств наномодифицированных строительных и теплозащитных материалов // Вестник ТГТУ. 2012. Том 18. № 4. С. 1051-1061.

3 Ошоров А.Д., Ушаков И.В. Механические испытания слоистых структур аморфно-нанокристаллические пленки – полимерный композит // VIII Международная конференция «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов». Москва. 2019г./ Сборник материалов. – М: ИМЕТ РАН, 2019, 623-624 с.

4 Ушаков И.В., Сафронов И.С. / Способ определения пластических характеристик пленок многокомпонентных аморфно-нанокристаллических металлических сплавов // ФИПС. 27.09.13 Бил. №27

УДК 544.344.015.3

Парфенова Мария Дмитриевна, аспирант; Parfenova Maria Dmitrievna  
Воробьева Вера Павловна, доктор физико-математических наук, доцент;  
Vorob'eva Vera Pavlovna

Луцык Василий Иванович, доктор химических наук, профессор;  
Lutsyk Vasily Ivanovich

Институт физического материаловедения СО РАН, Улан-Удэ

## ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ ДАННЫХ ПО СИСТЕМЕ Ag-Cu-Ni

## VERIFICATION AND VALIDATION OF THE Ag-Cu-Ni SYSTEM DATA

**Аннотация.** В работе проведена оценка корректности представленной в литературе фазовой диаграммы системы Ag-Cu-Ni с использованием ее трехмерной компьютерной модели.

**Abstract.** The estimation of the correctness of the represented in the literature phase diagram of the Ag-Cu-Ni system with the use of its three-dimensional computer model is carried out in the work.

**Ключевые слова:** фазовые диаграммы, компьютерное 3D моделирование, серебро, медь, никель.

**Keywords:** phase diagrams, computer 3D simulation, silver, copper, nickel.

Система Ag-Cu-Ni (и образующие ее бинарные системы) изучалась много лет, начиная с 1913 года [1-5], в частности, как вариант бессвинцового припоя. Итоговая информация была собрана в Атласе [6] в виде T-x диаграмм двойных систем, x-y проекции поверхностей ликвидуса тройной системы с нанесенными на них изотермами и четырьмя изотермическими разрезами при 700°C, 795°C, 860°C, 900°C. По этим данным была построена 3D компьютерная модель T-x-y диаграммы [7] (рис. 1а). Ее адекватность подтверждало совпадение как по ликвидусу (рис. 1б), так и с представленными в литературе изотермическими разрезами [7,8] (например, рис. 2). Схема фазовых реакций для этой системы дана в [9].

Все опубликованные изотермические разрезы были представлены при высоких температурах в интервале 700-1400°C. Они позволили верифицировать только "верхние" по температуре поверхности ликвидуса и солидуса, купол расслаивания жидкости и линейчатые поверхности, в границах которых заключены трехфазные области L1+L2+Cu(Ni) и

L2+Ag+Cu(Ni). Для оценки корректности "нижних" поверхностей сольвуса и купола распада твердого раствора Cu(Ni) на медь и никель можно было бы воспользоваться политермическими разрезами, показанными в [8]. Однако достоверность самих изо- и политермических разрезов в [8], со ссылкой на экспериментальные данные [1,3,4], вызывает сомнение. Например, на изоплотах показана трехфазная область Ag+Cu+Ni, которой не может быть, поскольку в системе нет неинвариантного эвтектического превращения  $L \rightarrow Ag+Cu+Ni$ , а также разрез неизвестной поверхности, ограничивающей эту область (рис. 3а). При сравнении пересекающихся изоплет с 20% Cu и 20% Ni расхождение по температуре пересечения купола расслаивания составляет 170-180 °C.

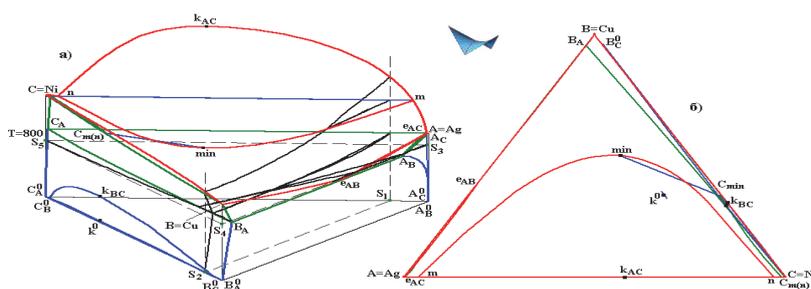


Рисунок 1 - 3D компьютерная модель T-x-y диаграммы Ag-Cu-Ni (а) и x-y проекция (б) (на T-x-y проекции отмечены изотермический  $S_3S_4S_5$  при 800°C (рис. 2б) и политермический  $S_1S_2$  при  $z_3(Ni)=0.1$  (рис. 3б) разрезы)

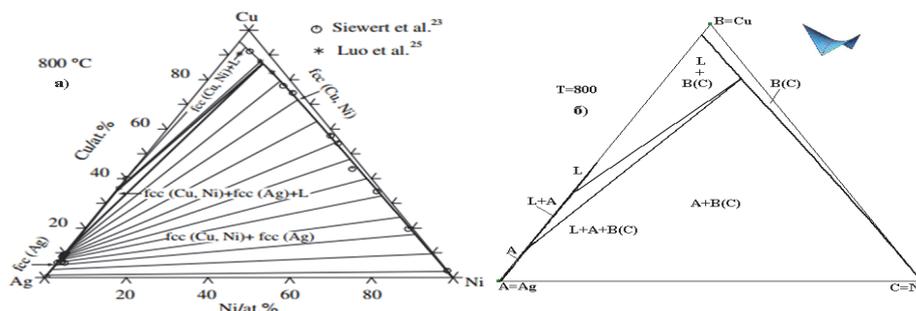


Рисунок 2 - Изотермический разрез 800°C: [8] (а), 3D модели (б)

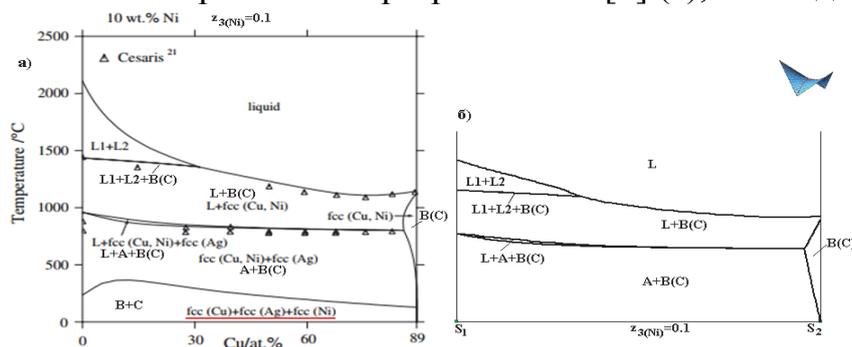


Рисунок 3 - Политермический разрез  $z_3(Ni)=0.1$ : [8] (а), разрез  $S_1(0.9, 0, 0.1)$ - $S_2(0, 0.9, 0.1)$  3D модели (б)

Исследование выполнено в соответствии с госзаданием ФГБУН ИФМ СО РАН на 2021-2023 гг. (проект № 0270-2021-0002).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Cesaris P.D. Sui Sali di Roussin // Gazz. Chim. Ital. 1913. V. 25. P. 365-379.
- 2 Guertler W., Bergmann A. // Z. Metallkde. 1933. V. 25. P. 53-57 (цит. по [6]).
- 3 Siewert T.A., Heinen R.W. Recent Look at Ag-Cu-Ni System. // Metall. Trans. A. 1977. V. 8A. P. 515-518.
- 4 Luo H.-T., Chen S.-W. Phase Equilibria of the Ternary Ag-Cu-Ni System and the Interfacial Reactions in the Ag-Cu/Ni Couples // J. Materials Science. 1996. V. 31. P. 5059-5067.
- 5 Liu X.J., Gao F., Wang C.P., Ishida K. Thermodynamic Assessment of the Ag-Ni Binary and Ag-Cu-Ni Ternary Systems // J. Electron. Materials. 2008. V. 37. No 2. P. 210-217.
- 6 Atlas of Phase Diagrams for Lead-Free Soldering compiled by A. Dinsdale, A. Watson, A. Kroupa, J. Vrestal, A. Zemanova, J. Vizdal. COST 531. European Science Foundation, Brno, Czech Republic: "Vydavatelství KNIHAR". 2008. V. 1. P. 289.
- 7 Парфенова М.Д., Воробьева В.П., Луцык В.И. 3D компьютерная модель Т-х-у диаграммы Ag-Cu-Ni. Верификация разрезов в Атласе фазовых диаграмм для бессвинцовых припоев // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя хімічных навук. 2021. Т. 57. № 1. С. 15-24; <https://doi.org/10.29235/1561-8331-2021-57-1-15-24>.
- 8 Liu X.J., Gao F., Wang C.P., Ishida K. Thermodynamic Assessments of the Ag-Ni Binary and Ag-Cu-Ni Ternary Systems // J. Electron. Materials. 2008. V. 37. No 2. P. 210-217.
- 9 Liu X.J., Wang C.P., Gao F., Ohnuma I., Ishida K. Thermodynamic Calculation of Phase Equilibria in the Sn-Ag-Cu-Ni-Au System // J. Electron. Materials. 2007. V. 36. No 11. P. 1429-1441.

УДК 620.22-022.532

Попова Алёна Алексеевна, аспирант; Popova Alena Alekseevna

Шубин Игорь Николаевич, кандидат технических наук, доцент;

Shubin Igor Nikolaevich

Мишуков Евгений Дмитриевич, магистрант; Mishukov Evgeny Dmitrievich

Скрипкин Юрий Витальевич, магистрант; Skripkin Yuri Vitalievich

Тамбовский государственный технический университет

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА

## DETERMINATION OF THE OPTIMAL COMPOSITION OF THE MODIFIED SORBENT

**Аннотация.** Проведены экспериментальные исследования по определению оптимального состава модифицированного сорбента на основе промышленного цеолита. Модифицирование ставило перед собой задачу получе-

ния сорбента с повышенными технологическими характеристиками и заключалось в ведении в исходный состав цеолита бентонитовой глины и углеродного наноматериала. Определено оптимальное содержание модифицирующих добавок. Установлено повышение основных характеристик модифицированных сорбентов.

**Abstract.** Experimental studies have been carried out to determine the optimal composition of the modified sorbent based on industrial zeolite. The modification set itself the task of obtaining a sorbent with improved technological characteristics and consisted in introducing bentonite clay and carbon nanomaterial into the initial composition of the zeolite. The optimal content of modifying additives has been determined. An increase in the main characteristics of the modified sorbents has been established.

**Ключевые слова:** цеолит, сорбент, модифицирование, углеродные наноматериалы, экспериментальные исследования.

**Keywords:** zeolite, sorbent, modification, carbon nanomaterials, experimental research.

Появление новых технологических процессов и веществ как правило приводит к появлению вредных отходов, попадающих в окружающую среду, ухудшая экологическую обстановку и требуя глубокой очистки газообразных и жидких отходов. Это возможно осуществить с помощью сорбентов – веществ, избирательно поглощающих газы, пары и растворенные вещества.

Сорбционные процессы играют важную роль во многих областях, таких как: нефтепереработка и нефтедобыча, химическая промышленность, пищевая промышленность, медицина, экология и т.д. Сорбенты используют в различной форме: в виде порошка, гранул, пленок и волокон. Наиболее распространенные - гранулированные сорбенты, что обусловлено удобством использования и транспортировки. Они применяются как для поглощения, очистки и разделения веществ, так и в качестве носителей катализаторов. Несмотря на большой ассортимент сорбционных материалов, они не всегда отвечают требуемым характеристикам, поэтому вопрос о создании новых сорбентов является весьма актуальным. Решение данной проблемы можно осуществить двумя путями: созданием принципиально новых материалов, что экономически не всегда выгодно или улучшением уже известных, хорошо освоенных потребителем сорбентов.

В данной работе проведено исследование направленное на разработку нового сорбента путем модифицирования широко применяемого и освоенного промышленностью материала - цеолита. Целью исследования являлось повышение характеристик исходного материала, в частности физико-химических характеристик за счет введение в его состав связующего - бентонитовой глины и углеродного наноматериала (УНМ). Исследования проводились на цеолитах марок  $NaX$ ,  $CaA$ , бентонитовой глине и УНМ серии "Таунит".

Эксперимент был разбит на несколько этапов - в ходе первого подбиралось оптимальное количество связующего материала, которое как правило, колеблется в диапазоне 10÷30% от основного компонента [1]. На втором этапе было определено оптимальное количество УНМ и его влияние на сорбционные характеристики модифицированного материала. Исследования сорбционной емкости проводились фотометрическим методом с помощью спектрофотометра ПЭ5400В (рисунок 1).

В результате проведенных экспериментов была установлена максимальная сорбционная емкость образцов модифицированного цеолита (с содержанием связующего 10%) от количества УНМ в сорбенте. Выявлено, что оптимальное количество УНМ в цеолите *NaX* не более 0,5%, а *CaA* не более 1,5%. Для модифицированного сорбента цеолит + 20% связующего оптимальным количеством УНМ в цеолите *NaX* составляет не более 1%, а *CaA* 2,5%. А для аналогичной смеси с содержанием 30% связующего экстремумы сорбционной емкости модифицированного сорбента составили для модифицированного цеолита *NaX* 2% УНМ, для цеолита *CaA* – не более 2,5% [2,3].

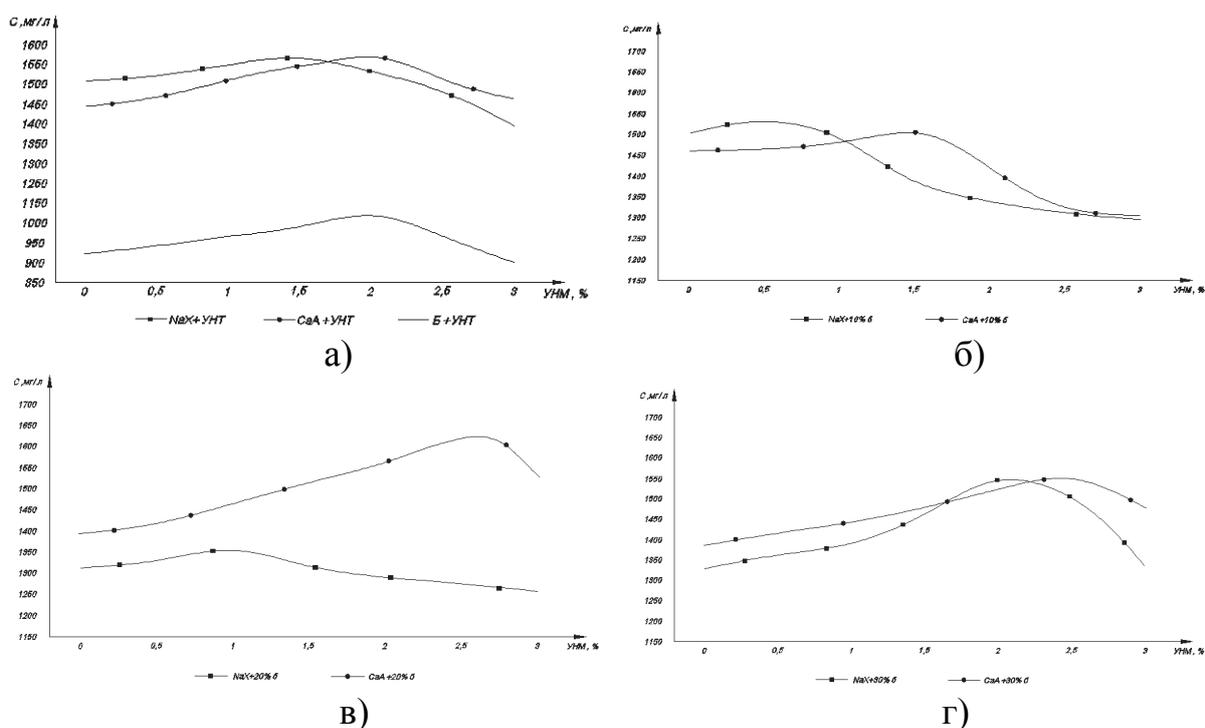


Рисунок 1 Результаты экспериментальных исследований:

- а) зависимость сорбционной емкости сорбентов от содержания УНМ;
- б), в), г) зависимость сорбционной емкости цеолитов *NaX* и *CaA* с содержанием связующего 10%, 20%, 30% от УНМ

Таким образом, по результатам проведенных экспериментов можно сказать, что для модифицирования цеолитов марок *CaA* и *NaX* целесообразно использование смеси с содержанием связующего 20% и 30%, углеродного наноматериала - 2,5% и 2% соответственно.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гурова, Т.В. Исследование сорбционной емкости модифицированного УНМ сорбента / Т.В. Гурова, И.Н. Шубин // Материал II Международной научно-практической конференции «Научные дискуссии: Современные технологии и технический прогресс» - Воронеж: Изд-во ООО «ВЭЛБОРН», 2015, с. 44-47.

2 Диагностика физико-механических характеристик наноматериалов. Часть 1/ Ткачев А.Г., Пасько А.А., Баранов А.А., Пасько Т.В., Меметов Н.Р., Шубин И.Н. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 96 с.

3 Диагностика свойств нанодисперсных порошков: оборудование и методы их определения [Электронный ресурс, мультимедиа] А.А. Баранов, А.А. Попова, Д.В. Таров, И.Н. Шубин Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО "ТГТУ", 2019. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с экрана. Рег.номер №0321903349

УДК 621.671 (075.8)

Пронина Анастасия Вадимовна, студент; Pronina Anastasiya Vadimovna;  
Отряскина Татьяна Александровна, кандидат технических наук. доцент;  
Otryaskina Tatiana Alexandrovna;

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;  
Sarilov Mihail Yurievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ЗА СЧЕТ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНОГО УЗЛА УПЛОТНЕНИЯ

## INCREASING THE RELIABILITY OF CENTRIFUGAL PUMPS BY SELECTING THE OPTIMUM SEALING UNIT

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию различных видов уплотнений для центробежных насосов, которые используются для перекачки нефти и нефтепродуктов на нефтехимических предприятиях и выбрать оптимальных вариант для герметизации насоса, чтобы повысить его надежность.

**Abstract.** This work is devoted to the study of various types of seals for centrifugal pumps, which are used for pumping oil and oil products in petrochemical plants and to select the best option for sealing the pump in order to increase its reliability.

**Ключевые слова:** центробежный насос, уплотнение, жидкость, надежность, герметичность, эластичное кольцо.

**Keywords:** centrifugal pump, seal, liquid, reliability, tightness, elastic ring.

На сегодняшний день практически во всех сферах промышленности используют центробежные насосы. Однако, важной проблемой в современном насосостроении является сложность обеспечения абсолютной герметичности оборудования для повышения его надежной и долговечной работы.

Таким образом, важной задачей в современном насосостроении является модернизация центробежного насоса для обеспечения надежной работы и долговечности оборудования.

В диссертации М.В. Голуб [1] разработана модель уплотнительного механизма с узкой торцовой щелью, также зафиксирована взаимосвязь между распределением давления жидкости по ширине контакта в щели и размерами щели. И установлено, что движение жидкости в щелях малых размеров не зависят от законов гидродинамики, а работа торцового уплотнения описывается граничными режимами трения и поверхностно-молекулярным взаимодействием сил при контакте.

Путем обширных экспериментальных опытов выявлен режим избирательного переноса пар трения в нефтепродуктах. За счет выбора состава композитного материала можно управлять режимом трения.

В работе Путилова Ю. Г. [2], в которой предложен наиболее рациональный метод повышения надежности за счет уплотнительного элемента – упругих колец, установленных с гарантированным зазором. Эти кольца изготовлены с выемками по окружности.

В радиальном направлении эластичное кольцо упирается в ступицу. Трение скольжения преобразуется в жидкостное трение, когда при вращении колеса образуется гидродинамический клин, который отталкивает это кольцо от ступицы. Такой способ предоставляет надежное самоуплотнение с меньшими расходами мощности.

Типичные эластичные кольца изготавливают из резины и полиуретана. Полиуретан имеет преимущество перед резиной. Он мало подвержен старению, почти не поддается абразивному износу, обладает устойчивостью к большинству органических растворителей. Еще одно достоинство полиуретана перед резиной – программируемость твердости. Это когда твердость материала может варьироваться в широких диапазонах в зависимости от их соотношения компонентов.

Также, стоит отметить этот вид уплотнения ввиду его различных преимуществ:

- небольшая стоимость;
- исключение сбоев в случае неверного монтажа.;
- отсутствие надобности в затягивании.

Сделав выводы, можно отметить, что самым оптимальным видом уплотнения является эластичное кольцо с выемками по окружности. Они обладают очень высокой герметизирующей способностью, не требуют обслуживания во время эксплуатации, их стоимость невелика, и они имеют малые габариты. Чтобы повысить надежность и эффективность эксплуатации насоса требуется комплексная модернизация элементов конструкции центробежного насоса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Голуб М.В. Основы комплексного решения проблемы повышения износостойкости, надежности и долговечности уплотнений насосов магистральных нефтепроводов : автореферат дис. ... доктора технических наук : 05.02.04, 05.02.01 / Ин-т механики металлополимерных систем. – Гомель, 1992. – 54 с.: ил. РГБ ОД, 9 92-4/968-5.

2 Пат. 2196254 Российская федерация, МПК F04D29/16 F16J15/48. Центробежный насос / Путилов Ю. Г. : заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Борец». - № 2001104063/06; заяв. 14.02.2001; опубл. 10.01.2003, Бюл. №1. - 3с. : ил.

УДК 622.692.23.004.6

Редько Константин Васильевич, студент; Redko Konstantin Vasilyevich

Сариллов 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.** Рассмотрены основные процессы получения экологически чистых автомобильных бензинов. Особое внимание было уделено процессу изомеризации, его катализаторам, а так же новейшим российским разработкам в области изомеризации .

**Abstract.** The basic processes of production of environmentally friendly motor gasoline. Particular attention was paid to the isomerization catalysts it, as well as the latest Russian developments in the field of isomerization.

**Ключевые слова:** изомеризации, катализаторы, октановое число.

**Keywords:** isomerizations, catalysts, octane number.

Цель изомеризации заключается в том, чтобы из алканов нормального строения получить разветвленную изоструктуру, изменить положение метильных радикалов. В результате которого получают изомеры с более высоким октановым числом

Бывает три вида ведения процесса промышленной изомеризации:

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

2) среднетемпературная изомеризация при температуре 250-300°C на цеолитных катализаторах;

3) низкотемпературная изомеризация на сульфатированных оксидах металлов  $MeSO_4^{2-}$  при температуре 180-210°C;

4) изомеризация при температуре 120-180°C на катализаторе оксиде алюминия  $Al_2O_3$  с подачей хлорагента.

Схемы изомеризации в большей части своем похожи, различия только в применении катализатора и температурного режима. Однако имеется возможность внедрить в ту или иную схему различных колонн, которые подействуют на октановое число продукта путем возврата не прореагировавших нормального строения алканов, а именно извлекать из конечного изомеризата малооктановые компоненты на дальнейшую переработку. [1]

В зависимости от применяемой схемы производства октановое число торгового изомеризата может изменяться в пределах от 80 до 92. 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. [2]

Постоянное ужесточение экологических требований к автомобильным бензинам толкает производителей постоянно улучшать производство для получения высококачественных автомобильных бензинов, отвечающим экологическим требованиям европейских стандартов качества Евро-4 и выше, регламентирующих максимальное содержание бензола в бензинах не выше 1,0%, а общей суммы ароматических углеводородов - не более 30%.

Для удовлетворения экологических требований нужно усовершенствовать каталитический реформинг в сторону уменьшения содержания бензола и ароматических благодаря выводу  $C_6-C_7$  углеводородов из процесса.

Необходимо следующие изменения процесса изомеризации  $C_5-C_6$  фракций с утяжелением сырья, увеличением октановых характеристик, уменьшением эксплуатационных затрат и исключением технологических проблем в работе установки. Российская нефтепереработка имеет такую, многократно испытывавшую на деле отечественную технологию "Изомалк-2". [2]

## 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.

УДК 621.791

Резвин Роман Александрович, студент; Rezvin Roman Aleksandrovich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich

Плетнев Никита Олегович, старший преподаватель;

Pletnev Nikita Olegovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО ПРИБОРА**

### **DESIGN AND DEVELOPMENT OF HEATING DEVICE MANUFACTURING TECHNOLOGY**

**Аннотация.** Данная работа посвящена проектированию нагревательного прибора для приготовления мяса на открытом огне и разработка технологического процесса для его изготовления. Для достижения основной цели были проанализированы существующие конструкции с их описанием, а также способы раскроя листового металла. Спроектирована конструкция нагревательного прибора из листовой стали марки Ст3сп. Определены режимы плазменной резки металла толщиной 3 мм. Подобрано оборудование. При помощи нескольких систем автоматизированного проектирования написана программа управляющая станком в процессе плазменной резки. Спроектирован технологический процесс и составлена блок схема. По спроектированному технологическому процессу изготовления нагревательного устройства был изготовлен опытный образец.

**Abstract.** This work is devoted to the design of a heating device for cooking meat on an open fire and the development of a technological process for its manufacture. To achieve the main goal, we analyzed the existing structures with their description, as well as the methods of cutting sheet metal. The design of the heating device made of sheet steel of the St3sp brand is designed. The modes of plasma cutting of metal with a thickness of 3 mm are determined. The equipment is selected.

With the help of several computer-aided design systems, a program is written that controls the machine during the plasma cutting process. The technological process is designed and the block diagram is made. According to the designed technological process of manufacturing the heating device, a prototype was made.

**Ключевые слова:** мангал, плазменная резка, способ сварки.

**Keywords:** brazier, plasma cutting, welding method.

Приготовление пищи на открытом огне – древнейший способ тепловой обработки. Приготовление на открытом огне имеет свои правила. Во-первых, не должно появляться пламя, лишь угли горят сильно, но ровно, источая жар. Во-вторых, жаркое на вертеле должно обязательно вращаться, чтобы равномерно прогреться со всех сторон. В-третьих, в начале жа-

ренья продукт должен быть ближе к источнику тепла с высокой температурой, а затем нужно постепенно отдалять от него, чтобы в первое время при высокой температуре образовалась корочка, которая будет препятствовать вытеканию сока из мяса.



Рисунок 1 – Станок для автоматизированной плазменной резки

Режимы плазменной резки деталей нагревательного устройства из материала СтЗсп толщиной 3 мм сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Режимы плазменной резки СтЗсп толщиной 3 мм

Параметр режима	Значение
Сали тока, А	40
Подача, мм/мин	1000
Размер округления, мм	0
Высота прореза, мм	8
Врезание, мм/мин	100
Рабочая высота, мм	7
Задержка на прожиг, сек	0
Задержка на завершение реза, сек	0
Ввод, мм	по касательной 8
Вывод, мм	по касательной 8
Диаметр сопла, мм	1,5

Спроектированный мангал и собранный прототип представлен на рисунке 2. Также произведена экономическая оценка проекта (таблица 2).

Таблица 2 – Затраты на единицу продукции

Наименование затрат	Значение
Материал, р	1305
Наконечник плазмотрона, р	146
Электроэнергия, р	33,04
Итоговая сумма, р	1484,04

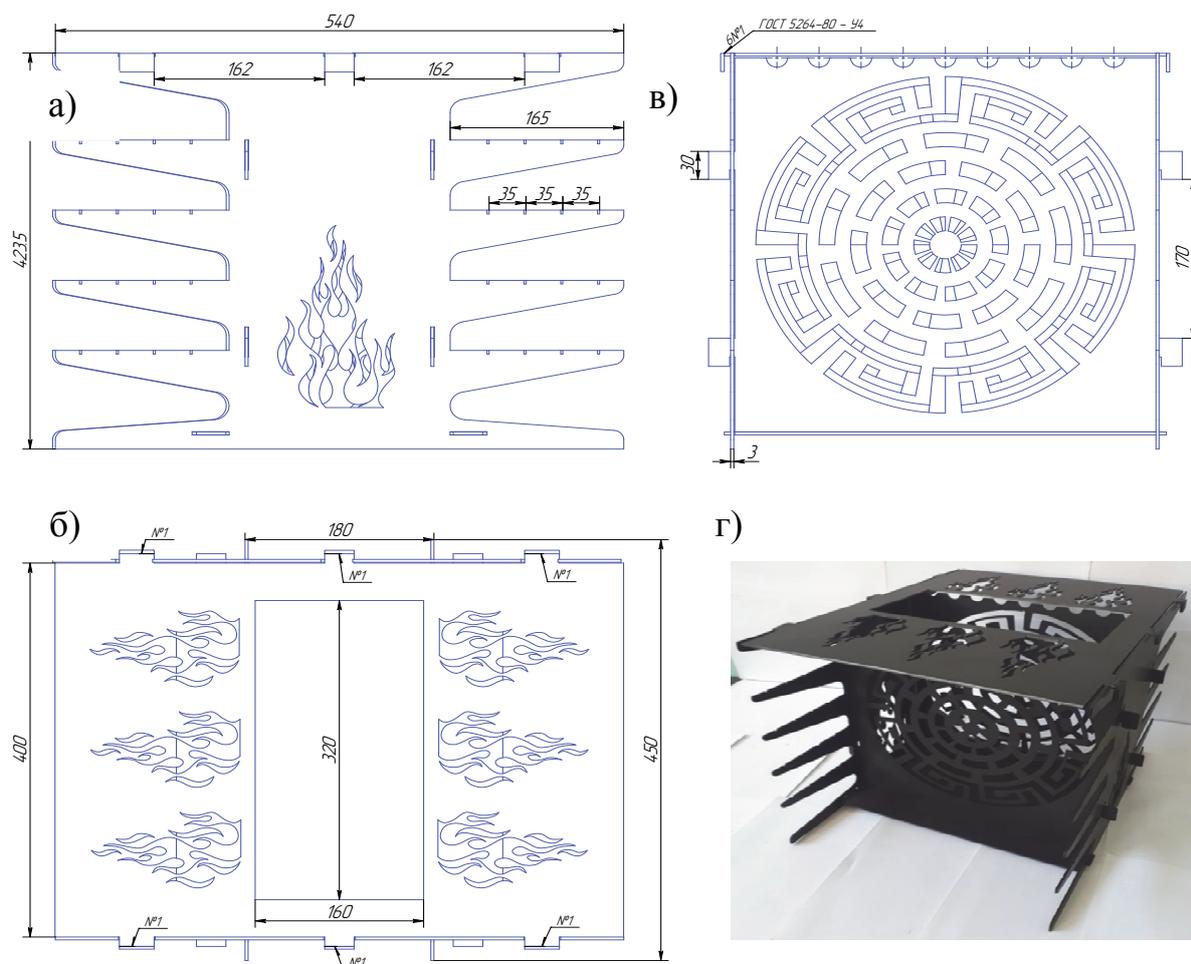


Рисунок 2 – Элементы конструкции:  
а – боковина ; б – стенка; в – крышка; г – собранное изделие

По результатам выполненной работы в полном объеме составлен технологический процесс изготовления нагревательного прибора (мангала). Экономические затраты на себестоимость изделия рассчитаны. Учитывая вышеизложенные показатели, изделие считается технологичным.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Покараева, Г.М. Нормирование расхода материальных ресурсов в машиностроении. Справочник 2 том / Г.М. Покараева, О.В. Карасева, А.А. Зайцева. - М.: Машиностроение, 1988. - 372 с.

2 Телегин, А.С. Теплотехника и нагревательные устройства / А.С. Телегин, В.Г. Авдеев. – М.: Машиностроение, 1985. – 432 с.

3 Панов, А.А. Обработка металлов резанием / А.А. Панов. – М.: Машиностроение, 1988. – 156 с.

4 Акулов, А. И. Технология и оборудование сварки плавлением и термической резки / А. И. Акулов, В. П. Алехин, С. И. Ермаков и др. : учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2003. – 560 с.

УДК 621.9.048

Решетник Ульяна Евгеньевна, аспирантка; Reshetnik Uliana Evgenevna

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, профессор;

Mikhail Yurievich Sarilov

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**

### **INVESTIGATION OF PARAMETERS OF ELECTROEROSION TREATMENT OF ALUMINUM AND TITANIUM ALLOYS**

**Аннотация.** В данной статье с помощью теоретических методов и литературных источников представлено исследование параметров электроэрозионной обработки алюминиевых и титановых сплавов.

**Abstract.** This article uses theoretical methods and literature sources to study the parameters of electroerosion treatment of aluminum and titanium alloys.

**Ключевые слова:** электроэрозионная обработка, сплав, электрод-инструмент, электрод-заготовка.

**Keywords:** electric discharge machining, the alloy, the electrode-tool and electrode-workpiece.

Прогресс мировой техники в наше время привел к динамизации, ускорению промышленности и к более обширному использованию электроэрозионной обработки, благодаря которой появляются изделия с высокой точностью, твердостью и повышенными требованиями к физико-механическим свойствам поверхности изделия. Данный вид обработки представляет собой сложный физический процесс с последовательным набором отдельных процессов [1].

Если смотреть с точки зрения мировой техники, то Китай стал центром разработки, а также применения ЭЭО, благодаря тому, что в 1955 году профессор Б. Р. Лазаренко (основатель метода) прибыл в КНР для ознакомления местного инженерного сообщества с возможностями оборудования данной (совершенно новой для того времени) обработки, а также для внедрения новшеств в промышленных масштабах. Борис Романович взял на себя ответственность и внедрил новый способ электроэрозионной обработки в Китае. После чего произошел научно-технический переворот сотрудничества между Китаем и СССР в области ЭЭО.

Новые методы обработки поверхности металлов применяются в различных отраслях промышленности КНР. А с 1966 года Китай начал выпускать собственные ЭЭО-устройства. На современном этапе развития в Китае насчитывается более 180 тысяч ученых, инженеров, техников и рабочих.

В данной работе были проведены исследования с группой сплавов: алюминием и титаном. По результатам наших исследований стало очевидно, что ситуация с концентрацией тепловой энергии в алюминиевом сплаве аналогична концентрации тепловой энергии в титановом сплаве, а в течение некоторого времени даже больше, что не характерно для другого вида

обработки, чем в ЭЭО. Также стало известно, что электроэрозионная обработка влияет на температуру сплавов [2] во времени. Можно смело предположить, что причиной данной аномалии является искажение поля в зазоре «усами», образующимися из оксидной пленки при ее разрыве во время разряда, а, учитывая высокую температуру расплавленного металла в скважинной зоне и химическую активность поверхности металла, образование оксидных «усов» алюминия занимает короткое время.

Так же анализ исследования обработки поверхности материала показывает, что на алюминиевых и титановых электродах проводятся последующие разряды с краев кратера и образуются «усы», чего нет при обработке других сплавов.

При ЭЭО химические реакции происходят одновременно в жидкой и газовой фазах, что парадоксально, но факт, ведь химические процессы в газовой и жидкой фазах существенно отличаются друг от друга. Кроме того, представленные исследования определили особенности обработки, которые состоят в исключительном механизме обработки этих материалов за счет высокой химической активности. В ходе исследования было обнаружено, что наиболее значительными параметрами обработки, влияющими на параметры поверхности материала и износ инструмента во время ЭЭО, являются частота импульсов и рабочий цикл.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Артамонов, Б.А. Электрофизические и электрохимические методы обработки материалов / Б.А. Артамонов, Ю.С. Волков и др. – М.: «Высшая школа», 1983. – 208 с.

2 Сарилов, М.Ю. Применение синергетического подхода к исследованию электроэрозионного процесса / М.Ю. Сарилов, М.Р. Загалева, А.В. Александров. – Самара.: Издательство Самарского научного центра РАН, 2011. – №1. – 627 – 631 с.

УДК 66.02(075)

Решетник Ульяна Евгеньевна, аспирантка; Reshetnik Uliana Evgenevna

Сарилов Андрей Михайлович, студент; Sarilov Andrey Mihailovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ СТАНКОВ В КИТАЕ**

#### **FEATURES OF PRODUCTION OF ELECTROEROSIVE MACHINES IN CHINA**

**Аннотация.** Данная работа посвящена анализу производимых в Китае электроэрозионных станков, их разделению на категории. Описано начало освоения производства электроэрозионного оборудования, неразрывно связанное с именем Бориса Романовича Лазаренко.

**Abstract.** This work is devoted to the analysis of electric erosion machines produced in China, their division into categories. The article describes the beginning of the development of the production of electroerosive equipment, which is inextricably linked with the name of Boris Romanovich Lazarenko.

**Ключевые слова:** электроэрозионная обработка, станки, точность, шероховатость, срок работы, цена-качество.

**Keywords:** electroerosive processing, machine tools, accuracy, roughness, service life, price-quality.

Современная наука имеет обширный и богатый арсенал методов исследования материалов с их физико-механическими свойствами. Успех исследования в значительной мере зависит от того, по каким критериям выбираются методы для проведения того или иного исследования. Допустим, создание деталей со сложными формами и с повышенным качеством поверхностного слоя привело к появлению электроэрозионной обработки. Наше отечество уже добилось некоторых высот в данной отрасли, но именно Китай стал одним из центров развития и применения ЭЭО. А началось все с 1955 года, когда основоположник электроэрозионного метода обработки, профессор Лазаренко Б.Р. был приглашен в Китайскую народную республику для ознакомления местной инженерно-технической общественности с возможностями электроэрозионного оборудования и содействия в применении инноваций в промышленном масштабе. Борис Романович разработал план внедрения нового метода применения электрической энергии в Китае и тем самым заложил основы научно-технического сотрудничества Китая и СССР в области электроэрозионной обработки. Новые методы обработки металлов нашли широкое применение в различных отраслях промышленности Китая. А с 1966 года в Китае начали производить свои электроэрозионные устройства. На современном этапе развития в Китае более 180 тысяч научных работников, инженеров, техников и рабочих связаны с электроэрозионными технологиями, в первую очередь в таких отраслях, как космическая, авиационная, станкостроение, электроника, приборостроение и ряда других.

В Китайской народной республике существует достаточно большое количество производителей электроэрозионных станков. Эти предприятия изготавливают станки с различными техническими характеристиками. Проведенный анализ показывает, что этих производителей можно разделить на три различные категории. К первой категории нужно отнести предприятия с производством продукции небольшими партиями с низким уровнем точности и шероховатости. Эти станки простые, не требующие больших затрат и их стоимость невысокая. Срок работы таких станков – год-два, они быстро приходят в негодность и теряют свои технические характеристики. Ко второй категории относятся производители, которые берут заказы и занимаются электроэрозионной обработкой профессионально, на постоянной основе. Такие станки обеспечивают более высокую точность и шероховатость, удовлетворяют требования заказчика. Срок работы таких станков до 10 лет, это самая популярная категория в области изго-

товления штампов, пресс-форм, оснастки. Третья категория станков используется для обработки продукции с высочайшими требованиями, как по точности, так и по шероховатости. Обязательно иметь специальные системы температурной стабилизации. Эти станки высоконадежные и срок работы их 15 и более лет, но и дорогие. И хотя японские станки занимают лидирующее место в мировом производстве, но затраты на расходные материалы очень значительные. Одним из преимуществ китайских станков в том, что расходные материалы для них изготавливают разные производители и это значительно снижает их стоимость. Гарантийные обязательства при этом производитель станков с себя не снимает, в отличие от японских или европейских. В России боятся и не доверяют станкам Китайского производства, но все реже и реже. Китай на сегодняшний день предлагает большой выбор станков различного качества, для различных нужд и различной ценовой категории. Это главное отличие китайского производителя. Не все готовы тратить на свое оборудование бешеные деньги, чтобы изготавливать поистине золотые изделия. Быть конкурентоспособным на рынке означает выбирать оптимальные соотношения цена-качество-требования потребителя.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Цзинчун Лю, Цицен Бай, Сяодун Ян, Сичень Сюй Пусть искра электроэрозионной обработки все ярче освещает землю Китая. - Электроэрозионная обработка материалов. – 2010. - №6. – с. 136-137 с.

УДК 621.791.725

Рубан Ксения Евгеньевна, магистр; Ruban Ksenia Evgenievna

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Bahmatov Pavel Vyacheslavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ВЛИЯНИЕ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ НА ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВАРНОЙ ТОЧКИ НА ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА**

#### **INFLUENCE OF THE INPUT PARAMETERS OF LASER SURFACING ON THE FEATURES OF THE FORMATION OF A WELDED POINT ON THE SURFACE OF AN ALUMINUM ALLOY**

**Аннотация.** Целью данной работы является определения влияния входных параметров лазерной шовной наплавки на геометрические характеристики и вид поверхности полученных сварных точек. На основе экспериментальных данных проведено статистическое моделирование для определения математической модели, позволяющей прогнозировать получение сварных точек с заданными геометрическими параметрами.

**Abstract.** The purpose of this work is to determine the influence of the input parameters of laser seam surfacing on the geometric characteristics and surface appearance of the obtained welded points. Based on the experimental data, statistical modeling was performed to determine a mathematical model that allows predicting the production of welded points with specified geometric parameters.

**Ключевые слова:** лазерная сварка, алюминиевые сплавы, влияние параметров наплавки, регрессия, математическая модель.

**Keywords:** laser welding, aluminum alloys, influence of surfacing parameters, regression, mathematical model.

В настоящее время технологические процессы изготовления металлоконструкций подразумевают применение высококонцентрированных источников энергии. Использование лазерных сварочных технологий отвечает требованиям снижения дефектности, энергоэффективности, экологичности, а также обеспечивает минимизацию сварочных деформаций [1]. Влияние воздействия лазерного луча на структуру и свойства обрабатываемого металла сегодня является одним из приоритетных направлений развития данного способа. Основная цель данного исследований заключается в определении влияния режимов шовной лазерной наплавки на геометрические параметры сварной точки.

Для проведения исследования применялся иттербиевый волоконный лазер YLS-2000/ 20000-QCW оснащенный оптической сварочной головкой IPG FLW D30 закреплённой на роботе марки KUKA KR60-3. Наплавку сварных точек осуществляли на образце из алюминиевого сплава марки АМг2 размерами 100×20 мм и толщиной металла 2,0 мм. Наплавку осуществляли в 4 ряда по 5 точек в каждом (рисунок 1). Управление геометрией точек осуществляли за счёт изменения входных параметров: расстояния до фокальной плоскости (215, 225, 235 и 245 мм для каждого ряда соответственно) и времени выдержки (для ряда 1, 2, 3 от 50 до 400 мс, для ряда 4 от 50 до 10 мс).

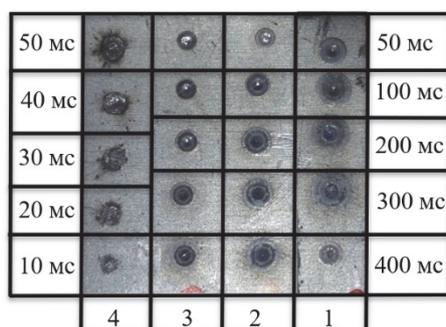


Рисунок 1 – Образец из АМг2 с наплавленными сварными точками

После проведения наплавки сварных точек было проведено исследование внешнего вида поверхности при помощи сканирующего электронного микроскопа SEM S-3400N (рисунок 2). Также по полученным снимкам были произведены измерения диаметров точек.

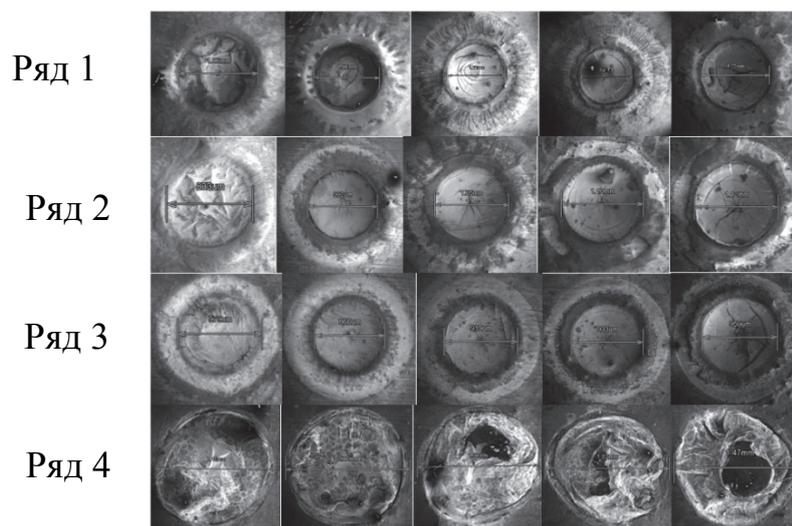


Рисунок 2 – Внешний вид сварных точек при увеличении  $\times 30$   
(порядок выполнения слева направо)

Из данных представленных на рисунке 2 установлено, что увеличение расстояния до фокальной плоскости до 245 мм повышает вероятность разбрызгивания металла сварочной ванны. В этом случае поверхность точек не ровная, с многочисленными выступами, в некоторых случаях отмечается наличие пустот произвольной формы. Такое явление может являться следствием высоких скоростей охлаждения расплава. Размеры точек уменьшаются по мере уменьшения времени выдержки (ряд 4).

Внешний вид поверхностей точек рядов 1, 2 и 3 является наиболее благоприятным. Поверхность ровная, гладкая, блестящая. Также в некоторых сварочных точках отмечается наличие разветвлённых трещин. Точки представлены в форме небольших углублений с образованием стенки вокруг. Данное явление возникает вследствие давления лазерного луча, которое вытесняет расплавленный металл от центра к краям ванны.

Из анализа внешнего вида поверхностей точек рядов 1, 2, 3 было установлено, что уменьшение расстояния до фокальной плоскости приводит к снижению тепловложений в металл, которых в данном случае недостаточно для полного расплавления оксидной плёнки.

Также на основании полученных измерений диаметров сварной точки проведен регрессионный анализ и получены универсальные формулы позволяющие предсказывать геометрические размеры получаемой сварной точки в зависимости от входных параметров шовной лазерной наплавки:

$$y = 3783,125 - 12,775x_1 + 0,515x_2,$$

где  $x_1$  - расстояние до фокальной плоскости, мм;

$x_2$  - время выдержки, мс;

$y$  - диаметр сварной точки, мкм.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Григольянц, А. Г. Технологические процессы лазерной обработки : учеб. пособие для вузов / А. Г. Григольянц, 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

Рубан Ксения Евгеньевна, магистр; Ruban Ksenia Evgenievna  
Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;  
Bahmatov Pavel Vyacheslavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СВАРНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА АМГ6, АМГ2**

### **STUDY OF THE INFLUENCE OF THE INPUT PARAMETERS OF LASER WELDING ON THE CHARACTERISTICS OF WELDED BUTT JOINTS MADE OF AMG6, AMG2 ALLOY**

**Аннотация.** Проведено исследование возможности создания неразъёмных соединений из сплавов АМГ6, АМГ2 толщиной 1,5 и 2,0 мм на роботизированном технологическом комплексе, оснащённом роботом и лазерной установкой. Полученные стыковые соединения контролировали методом капиллярной дефектоскопии. Проанализировали микроструктуру сварных соединений. Также в статье приведены результаты микротвёрдости и испытаний на статический изгиб сварных соединений.

**Abstract.** The possibility of creating permanent joints from AMg6 and AMg2 alloys with a thickness of 1.5 and 2.0 mm on a robotic technological complex equipped with a robot and a laser installation is investigated. The resulting butt joints were controlled by capillary flaw detection. The microstructure of the welded joints was analyzed. The article also presents the results of microhardness and static bending tests of welded joints.

**Ключевые слова:** лазерная сварка, алюминиевые сплавы, капиллярная дефектоскопия, микроструктура, микротвёрдость, статический изгиб.

**Keywords:** laser welding, aluminum alloys, capillary flaw detection, microstructure, microhardness, static bending.

В последние десятилетия лазерная сварка алюминиевых сплавов привлекает все больше внимания благодаря своим неоспоримым преимуществам перед другими процессами соединения металлов. Однако до сих пор отсутствует информация о влиянии параметров процесса волоконной лазерной сварки на микроструктуру и механические свойства алюминиево-магниевых сплавов. Для этих сплавов диапазон параметров сварки обычно узок и его трудно найти. В настоящем исследовании лазерная сварка проводилась с целью проведения фундаментальных исследований влияния параметров процесса сварки на микроструктуру и механические свойства со-

единений. В экспериментах учитывались такие параметры процесса, как мощность лазера и скорость сварки. Для оценки соединений использовались микроструктурные и микротвердостные исследования поперечного сечения, а также испытания на статический изгиб.

Для получения сварных соединений были изготовлены образцы и сплавов АМг6 и АМг2 толщиной 2,0 и 1,5 мм размерами 100×25 мм. Кромки на расстоянии 10 мм от торцов подвергали химическому травлению. Заготовки под сварку собирались без зазора и разделки кромок. Чтобы исключить смещение кромок заготовки плотно фиксировались продольными прижимами. Перед сваркой образцы обрабатывались спиртом. Для сварки применяли аргон высший сорт ГОСТ 10157-79. Сварку выполняли волоконным лазером YLS-2000/ 20000-QCW со сварочной головкой IPG FLW D30 закреплённой на роботе KUKA KR60-3. Входные параметры лазерной сварки представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Входные параметры сварки

№ опыта	Мощность излучения, Вт	Скорость сварки, мм/с	Расстояние до фокальной плоскости, мм	Расход аргона, л/мин
АМг6				
1	750	8	250	10/15
2	800	12		
3	800	8		
4	800	9		
5	780	11		
6	760	10		
АМг2				
1	900	15	250	15/25
2	850	15		
3	950	15		

По результатам капиллярной дефектоскопии было выявлено, что в образцах № 3, 5 (АМг6) и образцах № 1, 2 и 3 (АМг2) поверхностные дефекты отсутствуют. В образцах № 1, 2, 4 и 6 (АМг6) были обнаружены поры выходящие на поверхность как с лицевой стороны, так и с корневой.

Решено провести исследование микроструктуры и микротвёрдости полученных образцов в поперечном сечении. Образцы образали до размеров 30×20, заливались компаундом. Изготовление пробоподготовки для исследования микроструктуры выполняли на шлифовально-полировальном станке EcoMet 250 Pro. Для проявления микроструктуры образец протравливали. Исследование микроструктуры и микротвёрдости проводилось последовательно на одной пробе. Исследование микроструктуры проводили на металлографическом микроскопе Nikon MA200 при увеличении ×100 и ×400. Исследование микротвёрдости проводили на микротвёрдомере SHIMADZU HNV-2. Измерение микротвёрдости проводили в один ряд проставлением точек с интервалом 0,1 мм и нагрузкой 245,2 мН. Микроструктуры поперечных сечений образцов представлены на рисунке 1.

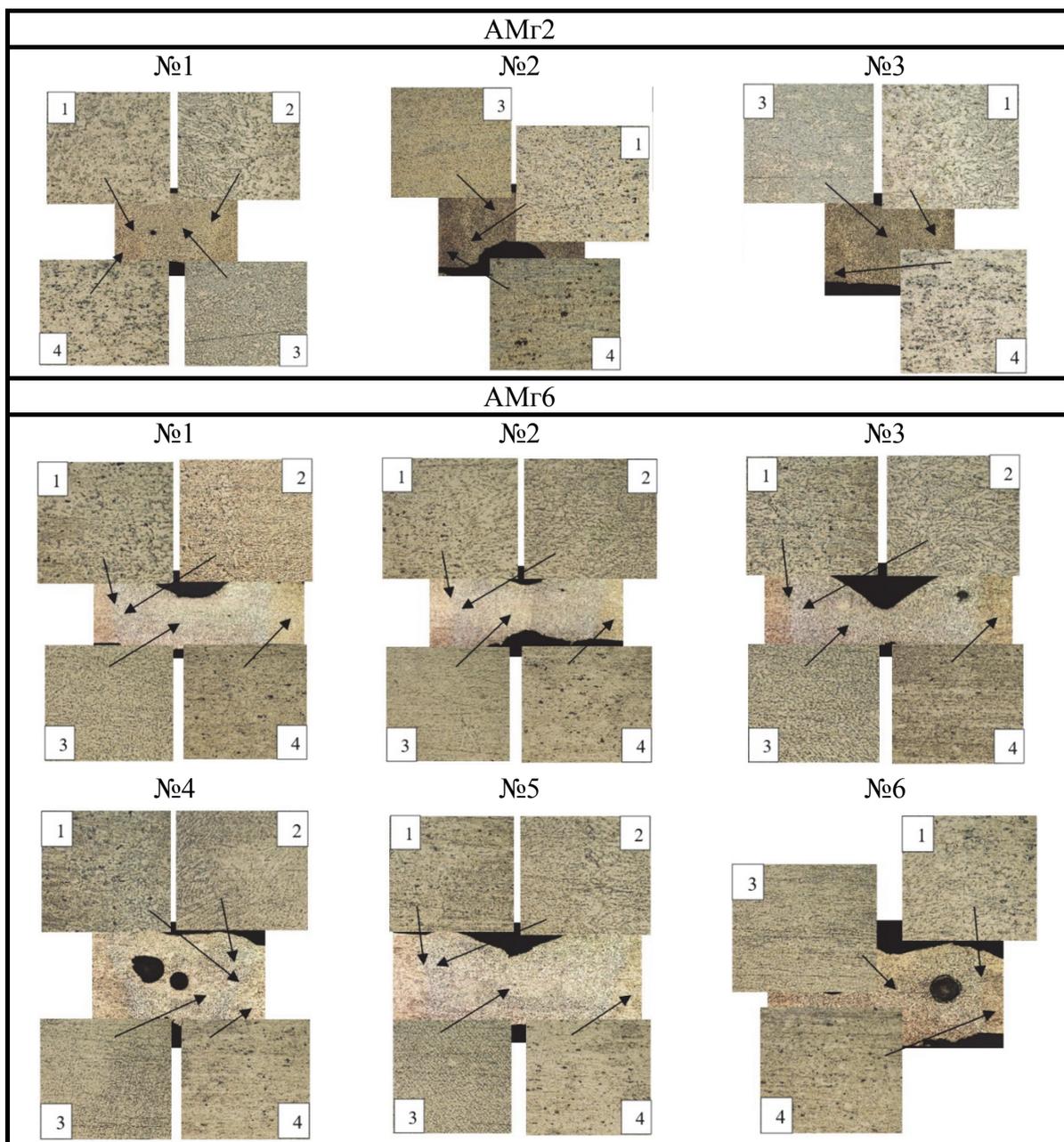


Рисунок 1 – Микроструктура исследуемых образцов  
 1 –ЗТВ; 2 – линия сплавления; 3 – металл шва; 4 – основной металл

Из данных рисунка 1 было установлено, что обеспечивается полное проплавление металла, основной металл имеет структуру проката, т.к. зёрна вытянуты в направлении поперечного сечения образца, структура металла шва имеет более мелкое зерно в отличие от основного металла. Характерно, что размеры зоны термического влияния очень малы. Данное явление вызвано направленностью воздействия лазерного излучения, что в значительной степени сокращает объём нагреваемого металла. Размеры линии сплавления (ЛС) крайне малы, поэтому на некоторых образцах определение пролегания ЛС затруднено. Размер зерна ЛС несколько больше по сравнению с зерном металлом шва.

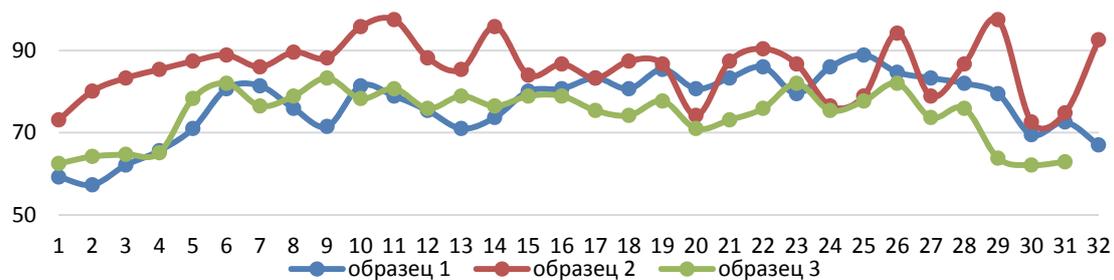


Рисунок 2 – Микротвёрдость образцов из сплава АМг2

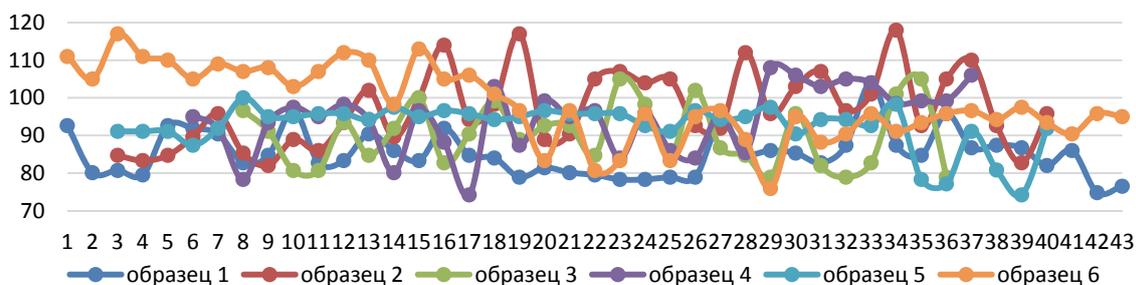


Рисунок 3 – Микротвёрдость образцов из сплава АМг6

Анализ графиков микротвёрдости (рисунок 2 и 3) поперечных сечений образцов показывает, что в сварных швах №1, 3 (АМг2) и №1, 3, 4, 5 (АМг6) значения микротвёрдости распределяются равномерно. В образцах №2 (АМг2) и №2, 6 (АМг6) распределение микротвёрдости не равномерное, пиковые значения фиксируются в ЗТВ и металле шва.



Рисунок 4 – Сварные образцы после испытаний на статический изгиб

По результатам испытаний соединений на статический изгиб были определены углы, при которых произошло образование первой трещины в металле шва образцов: **АМг2** №1 – 125 град, №2 – 51 град, №3 – 170 град; **АМг6** №1 – 55 град, №2 – 99 град, №3 – 41 град, №4 – 60 град, №5 – 58 град, №6 – 88 град.

#### 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. Алюминий и его сплавы. Введ. 2018-03-01. - М. : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2017. - 13 с.

УДК: 66.097.3

Саломатина Анастасия Ивановна, студент; Salomatina Anastasia Ivanovna  
Новикова Анастасия Александровна, кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «Химия»; Novikova Anastasia Alexandrovna  
Донской государственный технический университет

## **ПОВЫШЕНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ЗА СЧЕТ СМЕЩЕНИЯ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЫ**

### **INCREASING THE PHOTOCATALYTIC ACTIVITY OF CONDUCTORS BY SHIFTING THE BAND GAP**

**Аннотация.** В работе рассмотрена зависимость фотокаталитических свойств, ширины запрещенной зоны полупроводников от метода модификации поверхности материалов благородными металлам.

**Abstract.** The paper examines the dependence of photocatalytic properties and the bandgap width of semiconductors on the method of modifying the surface of materials with noble metals.

**Ключевые слова:** ширина запрещенной зоны, фотокаталитическая активность, оксид меди (II), модификация.

**Keywords:** bandgap width, photocatalytic activity, copper(II) oxide, modification.

В настоящее время материалы с узкой запрещенной зоной (особенно оксиды на основе  $\text{Bi}$ ) привлекают все большее внимание за счет способности к поглощению видимого света.  $\text{BiFeO}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{MoO}_6$ ,  $\text{BiWO}_6$ ,  $\text{BiVO}_4$  и  $\text{Bi}_3\text{NbO}_7$  выступают как потенциальные фотокатализаторы при воздействии видимым светом [1]. Известно об успешном разложении органических загрязнителей, таких как ацетон, фенол, водный аммиак, метиленовый синий и родамин В при использовании фотокаталитически активных материалов. Несмотря на значительные успехи, однофазные фотокатализаторы с узкой запрещенной зоной при видимом свете обладают слабо выраженной фотокаталитической активностью, что объясняется высокой скоростью рекомбинацией электронно-дырочных пар [1].

В настоящее время существует огромный интерес к разработке полупроводниковых наноструктурных металлических оксидов р-типа благодаря разнообразным технологическим применениям наноструктур. Среди оксидов переходных металлов  $\text{CuO}$  (с шириной запрещенной зоны  $\sim 1.2$  эВ) привлек большое внимание благодаря своим уникальным свойствам, таким как: доступность исходных материалов, нетоксичность, стабильность, низкая себестоимость, активные оптические и электрохимические свойства [2]. В последние годы изучение наноструктурированного  $\text{CuO}$  представляет интерес из-за возможности его применения в катализе, солнечных батареях, датчиках, полевых эмиттерах и т. д. [2-3]. Разработаны различные методы синтеза, влияющие на размер получаемой наноструктуры, такие как микроэмульсия, золь-гель, химическое осаждение из паровой фазы [3]. Однако, использование оксида меди (II), как фотокатализатора,

затруднительно. Поэтому, перспективным направлением является модификация поверхности наночастиц CuO благородными металлами с целью усиления фотокаталитических свойств материала за счет уменьшения скорости рекомбинации электронно-дырочных пар.

Для повышения фотокаталитической активности использовали метод модификации поверхности оксида меди (II) наночастицами серебра [4].

По результатам исследования фотокаталитических свойств методом разложения труднорастворимого красителя получены данные, которые позволяют рассчитать эффективность фотокатализаторов под действием комбинированного света. Выцветание метилового оранжевого в растворе инициируется образованием электронно-дырочной пары на поверхности фотокатализаторов состава: CuO, CuO-Ag-SnO<sub>2</sub>. Реактивные гидроксильные радикалы могут быть образованы разложением воды. Гидроксильный радикал является очень сильным окислителем и играет важную роль в фотокаталитическом разложении МО. Когда фотокатализатор поглощает фотон с энергией, равной или большей, чем энергия запрещенной зоны, электроны (e<sup>-</sup>) из валентной зоны могут быть перенесены в зону проводимости с образованием соответствующего количества дырок (h<sup>+</sup>) в валентной зоне. Образовавшиеся пары электрон – дырка (экситон) могут быть захвачены молекулами пероксида водорода, что приводит к образованию радикалов-окислителей (•ОН, •ООН и •O<sub>2</sub><sup>-</sup>).

При модификации поверхности с помощью расчетов по методу Тауца установлено, что ширина запрещенной зоны сужается. Полученные результаты представлены на графике:

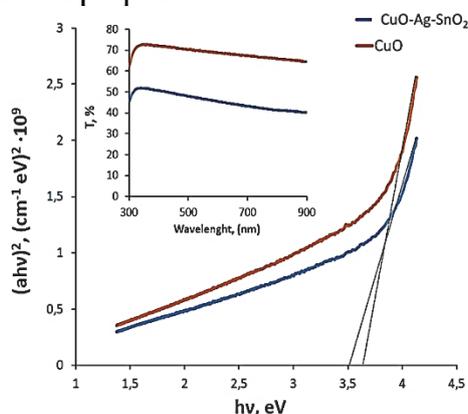


Рисунок 1 – Расчет ширины запрещенной зоны полученных материалов по методу Тауца

Фотоиндуцированные заряды захватываются адсорбированными молекулами H<sub>2</sub>O и O<sub>2</sub> для генерации активных радикалов (•ОН и •O<sub>2</sub><sup>-</sup>). При облучении видимым светом CuO является менее эффективным фотокатализатором за счет большой ширины запрещенной зоны (3,7 эВ). Наночастицы серебра за счет плазмонного резонанса способствуют возбуждению электронов, которые переходят в зону проводимости CuO-Ag-SnO<sub>2</sub> (3,5 эВ). Эти электроны могут захватываться кислородом и образовывать на поверхности фотокатализатора активные радикалы •O<sub>2</sub><sup>-</sup>. Положительно заряженные частицы Ag рекомбинируются с фотоиндуцированными электронами.

тронами CuO и усиливают эффективное разделение зарядов (электрон/дырка) в оксиде меди (II). Учитывая, что  $\cdot\text{O}_2^-$  является одним из основных активных компонентов, фотогенерированные электроны наночастиц Ag могут переноситься в зону проводимости CuO-Ag-SnO<sub>2</sub> и реагировать с молекулярным кислородом с образованием  $\cdot\text{O}_2^-$  [63].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Taale E. et al. Traditional technologies and probiotic properties of bacillus strains isolated from kawal-a chad traditional fermented food condiment //Journal of Food Technology. – 2019. – Т. 6. – №. 2. – С. 57-71.

2 Buazar F. et al. Biofabrication of highly pure copper oxide nanoparticles using wheat seed extract and their catalytic activity: A mechanistic approach //Green Processing and Synthesis. – 2019. – Т. 8. – №. 1. – С. 691-702.

3 Napari M. et al. Role of ALD Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> surface passivation on the performance of p-type Cu<sub>2</sub>O thin film transistors //arXiv preprint arXiv:2010.10928. – 2020.

4 Саломатина А.И., Новикова А.А. Зависимость состава полупроводникового материала – CuO от условий синтеза при модификации//материалы Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. - 2020. - С. 298-300.

5 Yang, S. In-situ synthesis of a plasmonic Ag/AgCl/Ag<sub>2</sub>O heterostructures for degradation of ciprofloxacin / S. Yang, D. Xu, B. Chen, B. Luo, W. Shi //Applied Catalysis B: Environmental. – 2017. – Т. 204. – С. 602-610.

УДК: 66.097.3

Саломатина Анастасия Ивановна, студент; Salomatina Anastasia Ivanovna  
Новикова Анастасия Александровна, кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры «Химия»; Novikova Anastasia Alexandrovna  
Донской государственной технической университет

#### СИНТЕЗ ГИБРИДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОКСИДА МЕДИ (II)

#### SYNTHESIS OF HYBRID NANOMATERIAL BASED ON COPPER OXIDE (II)

**Аннотация.** В работе освоен метод синтеза фотокаталитически активных материалов, оптимизирован метод синтеза фотокаталитически активного материала на основе оксида меди (II) с модифицированной поверхностью, определены основные факторы, влияющие на состав и свойства синтезированных материалов.

**Abstract.** The method of synthesis of photocatalytically active materials was mastered, the method of synthesis of photocatalytically active material based on copper oxide (II) with modified surface was optimized, the main factors influencing the composition and properties of the synthesized materials were determined.

**Ключевые слова:** наночастицы, модификация поверхности, оксид меди (II), фотокатализатор.

**Keywords:** nanoparticles, surface modification, copper oxide (II), photocatalyst.

В течение последних десятилетий из-за высокого промышленного роста большая часть загрязняющих веществ из отраслей промышленности, главным образом текстильных и химических, поступали в водоемы без какой-либо обработки. Большинство промышленных красителей являются токсичными, канцерогенными, мутагенными и имеют низкую биоразлагаемость. Выброс загрязнителей делает воду токсичной и представляет угрозу для жизни водных организмов и человеческой жизни [1].

Поскольку фотокатализаторы способны к генерации высокоокислительных реакций в воде при солнечном облучении и, следовательно, к минерализации органических загрязнителей посредством реакций окисления, то фотокатализ был признан одним из наиболее перспективных решений этих водных кризисов [2]. Среди наночастиц полупроводниковых оксидов металлов  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{CuO}$  и  $\text{ZnO}$  действуют как эффективные фотокатализаторы при деградации красителей при УФ или солнечном облучении [2-3]. Однако, использование оксида меди (II), как фотокатализатора, затруднительно. Поэтому, перспективным представляется модификация поверхности наночастиц  $\text{CuO}$  благородными металлами с целью усиления фотокаталитических свойств материала за счет уменьшения скорости рекомбинации электронно-дырочных пар.

Оксид меди (II) получали прокаливанием его прекурсора [4]. Затем, в коническую колбу добавляли раствор  $\text{SnCl}_2$  с концентрацией 0,05 М. Далее к раствору  $\text{SnCl}_2$  добавляли ранее полученный  $\text{CuO}$  и раствор  $\text{AgNO}_3$  с концентрацией 0,0075 М. Полученную смесь перемешивали в течении 2 ч. Полученный раствор центрифугировали, многократно промывая изопропанолом. Полученный осадок высушивали при температуре  $60^\circ\text{C}$ .

Оценку фотокаталитических свойств выполняли изучением выцветания красителя метилового оранжевого под действием комбинированного света. По результатам исследования фотокаталитических свойств получены данные, которые позволяют рассчитать эффективность фотокатализаторов под действием комбинированного света. Полученные данные представлены на рисунке 1:

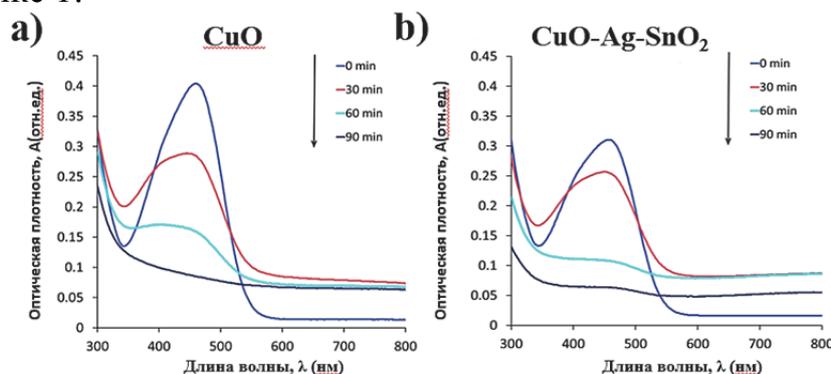


Рисунок 1 – Фотокаталитическое выцветание метилового оранжевого (МО) при различных катализаторах под действием комбинированного света

Полученные спектры поглощения водного раствора красителя метилового оранжевого, без добавления наночастиц, свидетельствуют о том, что в течение 90 минут под действием комбинированного света (с добавлением 0,5 мл 30 % перекиси водорода) без катализатора выцветания красителя не происходит.

Судя по изменению окраски метилового оранжевого и спектрам оптического поглощения следует, что материал состава CuO-Ag-SnO<sub>2</sub> является более эффективным фотокатализатором, о чём свидетельствует количество времени, необходимого для выцветания красителя. По истечению заданного времени (90 минут) органический загрязнитель (краситель) полностью разлагается под действием света, при этом наблюдается обесцвечивание красителя на 99 % и при, в то время как раствор с добавлением чистого оксида обесцвечивается всего на 68 %. Важно учитывать, что фотокаталитическая активность полупроводникового материала зависит от его способности генерировать достаточное количество фотоиндуцированных носителей заряда и от эффективности разделения фотоэлектронов и дырок [5]. Можно предположить, что модификация поверхности оксида меди наночастицами серебра способствует увеличению фотокаталитической активности за счет уменьшения скорости рекомбинации электронно-дырочных пар [5]. Известно, что модификация поверхности оксидов благородными металлами (серебром) способствует не только увеличению фотокаталитической активности, но и проявлению антибактериальных свойств [6].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Ashjari, H. R. Starch-based polyurethane / CuO nanocomposite foam: Antibacterial effects for infection control / H. R. Ashjari, M. S. S. Dorraji, V. Fakhrzadeh, H. Eslami, M. H. Rasoulifard, M. Rastgouy-Houjaghan // International journal of biological macromolecules. – 2018. – Т. 111. – С. 1076-1082.

2 Marien, C. B. D. TiO<sub>2</sub> nanotube arrays: influence of tube length on the photocatalytic degradation of paraquat / T. Cottineau, D. Robert, P. Drogui // Applied Catalysis B: Environmental. – 2016. – Т. 194. – С. 1-6.

3 Zhao, C. Growth of linear carbon chains inside thin double-wall carbon nanotubes / R. Kitaura, H. Hara, S. Irle, H. Shinohara // The Journal of Physical Chemistry C. – 2011. – Т. 115. – №. 27. – С. 13166-13170.

4 Novikova, A. A. Facile preparation photocatalytically active CuO plate-like nanoparticles from brochantite / A. A. Novikova, D. Y. Moiseeva, E. V. Karyukov, A. A. Kalinichenko // Materials Letters. – 2016. – Т. 167. – С. 165-169.

5 de Brito, J. F. Role of CuO in the modification of the photocatalytic water splitting behavior of TiO<sub>2</sub> nanotube thin films / J. F. de Brito, F. Tavella, C. Genovese, C. Ampelli, M. V. B. Zanoni, G. Centi, S. Perathoner // Applied Catalysis B: Environmental. – 2018. – Т. 224. – С. 136-145.

6 Winkelmann, K. Measurement of Chlorophyll Loss Due to Phytoremediation of Ag Nanoparticles in the First-Year Laboratory / K. Winkelmann, L. Bernas, B. Swiger, S. Brown // Journal of Chemical Education. – 2017. – Т. 94. – №. 6. – С.751-757.

УДК 620.022

Симоненко Алина Сергеевна, студент; Simonenko Alina Sergeevna  
Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук;  
Protsenko Alexander Evgenievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ФЕНОПЛАСТОВ**

### **THE STUDY OF POSSIBILITIES OF PHENOLIC COMPOSITE RECYCLING**

**Аннотация.** В данной работе рассматривается вопрос о том, каким методом можно утилизировать фенопласт, подлежат ли фенопласты вторичному использованию.

**Abstract.** This article discusses the question of what method can be used to dispose of phenoplastics, whether the phenoplastics are subject to secondary use.

**Ключевые слова:** фенопласт, композит, утилизация.

**Keywords:** phenoplastic matrix, composite, recycling.

В мире масштабно производятся и используются полимеры. Любые полимеры потенциально опасны, они причиняют вред природной среде и живым организмам. Поэтому пластмассы должны подвергаться обязательной утилизации. Проблем, связанных с утилизацией полимерных отходов, достаточно много. Они имеют свою специфику, но их нельзя считать неразрешимыми.

В процессе производства изделий из реактопластов образуется до 20 % технологических отходов. У реактопластов в процессе химической реакции образуется трехмерная структура, препятствующая переходу полимера в расплав при нагревании или в раствор при растворении. Реактопласты содержат небольшое количество несшитого полимера, что позволяет вводить их в качестве добавок к основному сырью и в другие композиции. Отходы реактопластов должны перерабатываться только там, где они образуются [1].

С целью установления хемостойкости образцов фенопласта АГ-4С проводилась выдержка навески 0,02 г в среде растворителя в течении 148 ч. После просушки до постоянной массы было установлено, что масса фенольного композита практически не изменилась. Результаты сведены в таблицу 1.

По данным термогравиметрического анализа (рисунок 1) было установлено содержание армирующего компонента (стекловолокна) в утилизируемом композите, которое составило 72 %. Образцы до и после термической обработки представлены на рисунке 2.

Таблица 1 – Данные набухания фенопласта

Растворитель	Масса образца, г		Степень набухания, %
	начальная	конечная	
Ацетон	0,02	0,046	115
Этиловый спирт	0,02	0,03	50
Тетрахлорметан	0,02	0,024	20

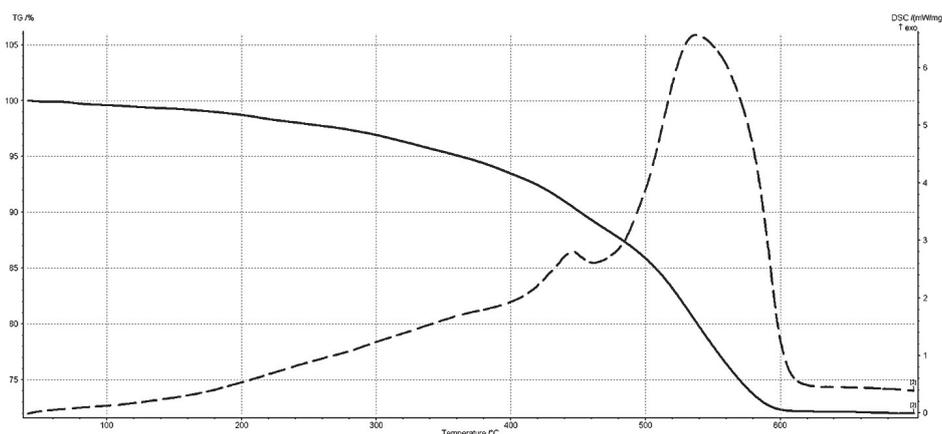


Рисунок 1 – Данные термического анализа фенопласта

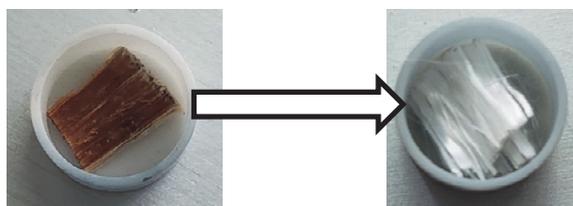


Рисунок 2 – Образец до и после испытания

Одним из отличительных свойств отвержденных фенопластов является высокая хемостойкость, что и было продемонстрировано экспериментальными данными по набуханию. Разрушение структуры резита в среде доступных растворителей не происходит. Наиболее перспективным направлением исследования является метод термокатализа, так как при 400 °С начинаются процессы термодеструкции и при 600 °С остается чистый стеклянный наполнитель. Однако данный метод чрезмерно энергозатратен. Вследствие чего, наиболее перспективным является проведение сольволиза при повышенных давлениях и температурах.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Цуцкарева Г. И. Размышления о рециклинге отходов, науке и высоких технологиях // Рециклинг отходов. 2015, № 2 (56)

УДК 534.014.1

Смирнов Алексей Сергеевич, ассистент; Smirnov Alexey Sergeevich  
Смольников Борис Александрович, кандидат физико-математических наук,  
доцент, старший научный сотрудник; Smolnikov Boris Aleksandrovich  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт проблем машиноведения Российской академии наук

## МАЛЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВУХЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ПРОИЗВОЛЬНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

### SMALL OSCILLATIONS OF SPATIAL TWO-LINK MANIPULATOR WITH ARBITRARY PARAMETERS

**Аннотация.** Работа посвящена исследованию малых колебаний двойного маятника с неколлинеарными шарнирами и произвольными параметрами его звеньев и конечных грузов. Получены формулы для частот и форм колебаний в зависимости от трех безразмерных параметров – соотношений между массами грузов и длинами звеньев, а также угла между шарнирными осями. Данные результаты могут найти практическое применение в робототехнике при конструировании различных двухзвенных манипуляторов и исследовании их рабочих движений.

**Abstract.** This work is devoted to the study of small oscillations of a double pendulum with noncollinear joints and arbitrary parameters of its links and end loads. Formulas for oscillation frequencies and modes are obtained depending on three dimensionless parameters – the ratio between the masses of loads and the lengths of the links, as well as the angle between the joint axes. These results can find practical application in robotics in the design of various two-link manipulators and the study of their working movements.

**Ключевые слова:** двойной маятник, неколлинеарные шарниры, частоты и формы колебаний.

**Keywords:** double pendulum, noncollinear joints, oscillation frequencies and modes.

Вопросам динамики двухзвенного манипулятора посвящено достаточно большое количество работ, что связано с широким использованием данной конструкции в робототехнике и смежных с ней областях. Наибольшее распространение получила модель плоского двухзвенного манипулятора, которая представляет собой гравитационный двойной математический маятник с коллинеарными шарнирами. Эта модель в конечном счете стала одной из наиболее популярных систем с двумя степенями свободы и вошла во многие учебные руководства. В то же время, некоторые манипуляторы являются пространственными, что с одной стороны делает более широким пространство их возможных конфигураций, а с другой стороны сильно усложняет расчет их колебательных движений. Именно такой манипулятор с неколлинеарными шарнирами был рассмотрен в [1], однако

для упрощения расчетов параметры обоих звеньев и концевых грузов полагались идентичными. Представляет интерес изучить общий случай и получить выражения для частот и форм колебаний этого манипулятора.

С этой целью рассмотрим двойной математический маятник в поле силы тяжести, шарнирные оси которого составляют некоторый острый угол  $\alpha$  между собой. Полагаем, что длины звеньев равны соответственно  $l_1$  и  $l_2$ , а массы концевых грузов равны  $m_1$  и  $m_2$  (рис. 1).

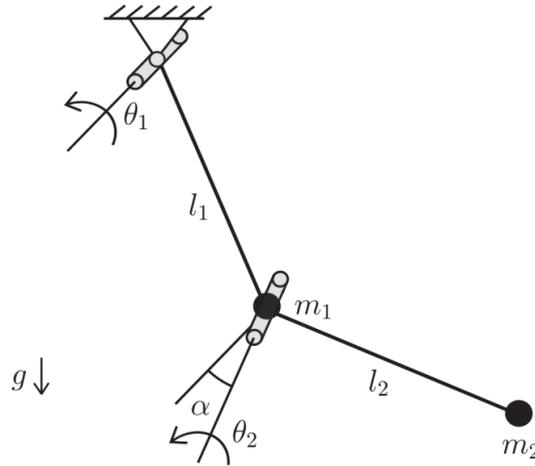


Рисунок 1 – Двойной маятник с неколлинеарными шарнирами

Пользуясь геометрическими и кинематическими соотношениями, представленными в [1], несложно записать кинетическую и потенциальную энергии системы в квадратичной аппроксимации для общего случая, когда различны массы концевых грузов и длины звеньев:

$$T = \frac{1}{2} [(m_1 l_1^2 + m_2 (l_1 + l_2)^2) \dot{\theta}_1^2 + m_2 l_2^2 \dot{\theta}_2^2 + 2m_2 l_2 (l_1 + l_2) \cos \alpha \dot{\theta}_1 \dot{\theta}_2], \quad (1)$$

$$\Pi = \frac{1}{2} g [(m_1 l_1 + m_2 (l_1 + l_2)) \theta_1^2 + m_2 l_2 \theta_2^2 + 2m_2 l_2 \cos \alpha \theta_1 \theta_2], \quad (2)$$

где  $\theta_1$  и  $\theta_2$  – углы поворота в шарнирах. Анализируя выражения (1) и (2), выпишем матрицы инерционных и квазиупругих коэффициентов:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} m_1 l_1^2 + m_2 (l_1 + l_2)^2 & m_2 l_2 (l_1 + l_2) \cos \alpha \\ m_2 l_2 (l_1 + l_2) \cos \alpha & m_2 l_2^2 \end{bmatrix}, \quad (3)$$

$$\mathbf{C} = g \begin{bmatrix} m_1 l_1 + m_2 (l_1 + l_2) & m_2 l_2 \cos \alpha \\ m_2 l_2 \cos \alpha & m_2 l_2 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Как известно, для определения частот и форм малых колебаний системы с конечным числом степеней свободы следует составить матричное уравнение  $(\mathbf{C} - k^2 \mathbf{A}) \Theta = 0$ , где  $k$  – частота колебаний, а столбец  $\Theta$  характеризует форму колебаний [2]. Условие существования нетривиального решения представленного уравнения есть  $\det(\mathbf{C} - k^2 \mathbf{A}) = 0$ . Для упрощения введем характерную частоту  $k_0 = \sqrt{g/l_2}$ , а также два безразмерных параметра:  $\mu = m_2/m_1$  и  $\rho = l_2/l_1$ . Развертывая указанный определитель, получим для безразмерной частоты  $p = k/k_0$  следующее уравнение:

$$[1 + \mu(1 + \rho)^2 \sin^2 \alpha]p^4 - (1 + \rho)[1 + \mu(1 + 2\rho \sin^2 \alpha)]p^2 + \rho[1 + \mu(1 + \rho \sin^2 \alpha)] = 0, \quad (5)$$

откуда можно определить безразмерные частоты колебаний в зависимости от трех безразмерных параметров  $\mu$ ,  $\rho$  и  $\alpha$ :

$$p_{1,2} = \sqrt{\frac{(1+\rho)[1+\mu(1+2\rho \sin^2 \alpha)] \pm \sqrt{[1+\mu+\rho(\mu-1)]^2 + 4\mu\rho^2 \cos^2 \alpha}}{2[1+\mu(1+\rho)^2 \sin^2 \alpha]}}. \quad (6)$$

В частном случае плоского двухзвенника, когда  $\alpha = 0$ , уравнение (5) принимает хорошо известный вид [3] и имеет следующие решения:

$$p_{1,2} = \sqrt{\frac{1}{2}[(1 + \rho)(1 + \mu) \pm \sqrt{[1 + \mu + \rho(\mu - 1)]^2 + 4\mu\rho^2}]}. \quad (7)$$

В другом частном случае, когда  $\alpha = \pi/2$ , двухзвенник можно назвать ортогональным, и согласно (6) тогда можно получить простые выражения:

$$p_1 = \sqrt{\frac{\rho[1+\mu(1+\rho)]}{1+\mu(1+\rho)^2}}, \quad p_2 = 1. \quad (8)$$

Ясно, что первая из этих частот отвечает движению двухзвенника как единого звена с закрепленными на нем грузами массы  $m_1$  и  $m_2$  на расстояниях  $l_1$  и  $l_2$  от точки подвеса, а другая частота отвечает движению второго звена как обычного маятника при неподвижном первом. Наконец, формы колебаний определяются столбцом  $\Theta = [\Theta_1, \Theta_2]^T$ , соотношения элементов которого можно найти из матричного уравнения  $(\mathbf{C} - k^2 \mathbf{A})\Theta = 0$ . Выписывая второе из отвечающих ему скалярных уравнений как наиболее простое, находим из него искомое соотношение для каждой из форм:

$$\left(\frac{\Theta_2}{\Theta_1}\right)_{1,2} = -\cos \alpha \left[1 - \frac{p_{1,2}^2}{\rho(1-p_{1,2}^2)}\right], \quad (9)$$

где следует учесть выражения для частот колебаний согласно (6).

В заключение остается подчеркнуть, что полученные в работе результаты могут быть использованы на практике при конструировании двухзвенников, функционирующих в различных условиях и предназначенных для выполнения самых разнообразных операций, и расчете их колебательных движений. Представленные решения являются также наглядным материалом и могут быть внедрены в учебную и инженерную практику.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Смирнов А.С., Смольников Б.А. Колебания двойного математического маятника с неколлинеарными шарнирами // Современное машиностроение: Наука и образование. 2020. С. 153-165.

2 Динамика машин и управление машинами. Справочник. Под ред. Г. В. Крейнина. М.: Машиностроение, 1988. 240 с.

3 Ламб Г. Теоретическая механика. Т. 2. М., Л.: ОНТИ НКТП СССР, 1935. 312 с.

УДК 621.9:519.8

Сорокин Виталий Сергеевич, магистр; Sorokin Vitaly Sergeevich  
Отряскина Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент;  
Otryaskina Tatiana Alexandrovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **УВЕЛИЧЕНИЕ МЕЖРЕМОНТНОГО ПРОБЕГА И ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА**

### **INCREASE IN THE ENTER-REPAIR MILEAGE AND INCREASE THE TECHNICAL LEVEL OF THE PISTON COMPRESSOR**

**Аннотация.** В представленной работе освещается метод увеличения межремонтного пробега поршневых компрессоров с помощью газотермического напыления.

**Abstract.** In the present paper, the method of increasing the inter-repair mileage of reciprocating compressors by means of gas-thermal spraying is highlighted.

**Ключевые слова:** поршневой компрессор, газотермическое напыление, электродуговая металлизация.

**Keywords:** piston compressor, gas-thermal spraying, electric arc metallization.

Поршневой компрессор является одним из основных оборудований в газовой промышленности, от его надежной работы зависит весь производственный цикл. Слабым узлом в поршневом компрессоре является трущаяся пара поршень - цилиндр, их износостойкость влияет на продолжительность работы компрессора. Для увеличения межремонтного пробега компрессора необходимо увеличить износостойкость поршня и цилиндра. Одним из таких методов является – метод газотермического напыления.

При этом методе на поверхности деталей наносится покрытие материалом повышенной износостойкости за счет переноса сконденсированных частиц материала газовым[1].

На сегодняшний день различают несколько технологий нанесения газотермического напыления[2]:

- в зависимости от нагрева материала;
- от типа наносимого материала: порошок или проволока;
- от скорости распыления частиц;
- от среды, в какой осуществляется процесс нанесения покрытия (воздушная среда, в газовой среде или низком вакууме).

При газотермическом напылении меняется структура поверхностного слоя металла поршня и цилиндра, что повышает его износостойкость. Особенно эффективно данный способ напыления работает в упрочнении цилиндров компрессора. В цилиндр помещают органическую оболочку в структуру которой входят композитные порошки. При нагреве оболочка

бесследно сгорает, порошок содержащийся в оболочке расплавляется и перемещается газовой струей на внутреннюю поверхность цилиндра.

Таблица 1 – Способы нанесения газотермического напыления

Методы напыления	Применяемые материалы	Источник образования тепла (рабочие газы)	Адгезия, МПа	Пористость, %
Электродуговая металлизация	Проволоки сплошного сечения и композиты	Электрическая дуга (воздух или другие газы)	20...50	5...25
Газопламенное напыление	Порошки и проволоки, шнуровые и стержневые материалы	Горение газообразных углеводородов в среде кислорода или воздуха (продукты сгорания)	20...50	3...15
Плазменное напыление	Порошки и проволоки	Прямая или косвенная электрическая дуга (ионизированный газ)	30...60	0,5...10
Высокоскоростные методы напыления	Порошки	Горение углеводородов (в том числе жидких) или водорода в среде кислорода или воздуха (продукты сгорания)	45...80 и более	0,1...2

Таблица 2 – Технические показатели газоплазменного напыления

Температура струи	пропан	2829 °С
	ацетилен	3160 °С
Скорость струи	150-200 м/с	
Скорость частиц	15-20 м/с	
Температура на поверхности образца	60-80 °С	
Пористость покрытия	5-12%	
Толщина покрытия	0,04-3,5 мм	

Для нанесения покрытия на поршень компрессора лучше применять электродуговую металлизацию - это высокоэффективный процесс распыления. Данный способ заключается в напылении покрытия посредством распыления воздуха двумя расходуемыми электропроводящими электродами, между которыми возникает дуговой разряд. Поток сжатого воздуха распределяет частицы расплавленного металла с электрода и наносит их на обрабатываемую поверхность[3].

Таблица 3 - Технические показатели процесса электродуговой металлизации

Температура дуги	~ 6000 К
Скорость частиц	50-150 м/с
Мощность	5-20 кВт
Сила тока	80-700 А
Напряжение	18-35 В
Пористость покрытия	1 %
Толщина покрытия	0,08-1,5 мм

Данные методы газотермического напыления позволяют продлить срок службы поршня и цилиндра компрессора на 30 %, что значительно увеличивает время межремонтного пробега компрессора.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Т. В. Тарасова, Е. В. Попова Формирование покрытий методом лазерной наплавки потоков титан и карбид кремния на поверхность малоуглеродистой стали: ФГБОУ ВПО Московский государственный технологический университет «СТАНКИН» Т.В. Тарасова — 2013, 1487 - 1500 с.

2 И. Н. Шиганов, А. Г. Григорьянц, А. И. Мисюров, Технологические процессы лазерной обработки: Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана: 2008.

3 Балдаев Л.Х., Борисов В.Н., Вахалин В.А. «Газотермическое напыление»: Учебное пособие для ВУЗов/ Под общ. Ред. Л.Х. Балдаева. – М: Маркет ДС, 2007 год.

УДК 504.3.054; 66-5; 62-799

Стакалюк Екатерина Юрьевна, студентка; Stakalyuk Ekaterina Yuryevna  
 Соловьев Никита Евгеньевич, инженер-технолог Технологического отдела  
 ООО «РН-Комсомольский НПЗ»; Soloviev Nikita Evgenyevich  
 Шакирова Ольга Григорьевна, доктор химических наук;  
 Shakirova Olga Grigoryevna  
 Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### **ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАЦИОННОЙ ГАЗОУРАВНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ООО «РН-КОМСОМОЛЬСКИЙ НПЗ»**

### **APPLICATION OF THE CONDENSING GAS EQUALIZATION SYSTEM AT LLC «RN-KOMSOMOLSK OIL REFINERY»**

**Аннотация.** В данной работе рассмотрена проблема потери нефтепродуктов при дыханиях резервуаров. Рассмотрено применение газоуравнительной конденсационной системы, с помощью которой улавливаются испа-

ряющиеся лёгкие фракции бензина, конденсируются в заглубленной ёмкости и возвращаются в резервуар.

**Abstract.** The paper focuses on the problem of petroleum products losses during tank respiration. Application of gas equalization condensation system is also examined in the article. The system provides capturing evaporating light fractions of gasoline which lets them be condensed in a buried container and redirected back to the tank.

**Ключевые слова:** дыхания резервуара, бензин газовый стабильный, газоравнительная система, дыхательный клапан.

**Keywords:** tank respiration, gasoline gas stable, the condensing gas equalization system, respiratory valve.

Основной источник убыли нефтепродуктов – потери при дыханиях резервуара, подразделяющихся на «малые» и «большие».

«Малые дыхания» имеют место при изменении температуры окружающей среды в течение суток. «Большие дыхания» – это выбросы при заполнении или выкачке резервуара.

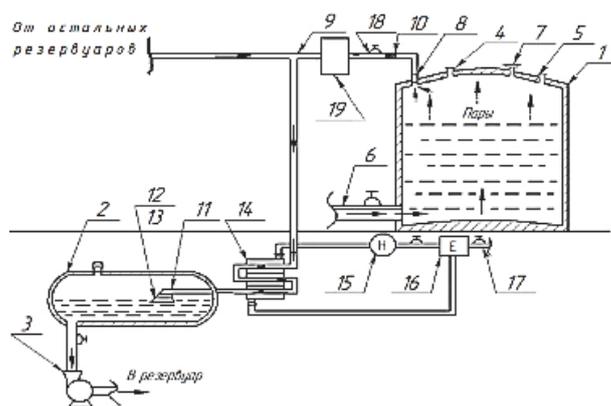
При «выдохе» резервуара в окружающую среду за год в атмосферу поступает несколько сотен тонн нефтепродуктов, что, несомненно, оказывает значительное отрицательное влияние на экологию, а, поскольку около 500 нефтебаз в России находятся в черте городской застройки, то происходит негативное воздействие и на человека.

Газоравнительной системой (газовая обвязка) – совокупность трубопроводов, которая соединяет газовые пространства резервуаров, имеющих один и тот же нефтепродукт.

Конструкционной особенностью данного метода является соединение трубопроводом газового пространства резервуаров, с последующей конденсацией паров в отдельном резервуаре. Несравненным преимуществом газоравнительной системы является замкнутость системы резервуаров относительно окружающей среды и кроме того, по сравнению с другими методами (хранение в резервуарах с понтонами и плавающими крышами), данный можно сооружать на действующих резервуарах без реконструкции резервуарного парка, а потери сокращаются до 99 %. Данный метод требует относительно больших капитальных вложений в строительство данной системы.

В резервуарном парке участка отгрузки товарной продукции (далее УОТП) наиболее склонными к испарению продуктами являются классовые бензины и бензин газовый стабильный (далее – БГС). Из данных продуктов наиболее крупнотоннажным является БГС, поэтому и количество потерь, связанных с хранением этого продукта, будет наибольшим, следовательно, целесообразно внедрить предлагаемый метод борьбы с потерями на резервуары с БГС, а это резервуары под номерами 57, 58, 59, 60.

Схема газоравнительной системы представлена на рисунке:



- 1 – резервуар; 2 – горизонтальная емкость; 3,15 – насос;  
 4,5 – световой и замерной люки; 6 – приемный и раздаточный патрубков;  
 7 – клапан повышенного давления; 8 – клапан рабочего давления;  
 9 – дополнительный газопровод; 10 – обратный клапан;  
 11 – устройство для приема паров; 12,13 – отверстия различного диаметра  
 для дробления пузырьков пара; 14 – теплообменник;  
 16 – емкость с охлаждающей жидкостью; 17,18 – задвижки;  
 19 – огнепреградитель;

Рисунок 1 – Схема газоуравнительной конденсационной системы

С целью улавливания паров при дыхании открывается дыхательный клапан 8, настроенный на давление в 10 раз меньшее, чем давление срабатывания основного дыхательного клапана КДС-1500, установленного на резервуаре. Далее, по газопроводу 9, через обратный клапан 10, пары поступают в теплообменник 14 с перекачиваемой охлаждающей смесью, которая подается из емкости 16 по трубопроводу охлаждающей системы с помощью насоса 15. Газопровод соединен с заглубленной емкостью 2, которая оборудована приемным устройством 11. Основная часть паров бензина в результате охлаждения в теплообменнике переходит в жидкое состояние, а пары, не перешедшие в жидкость, расслаиваются двумя перегородками с отверстиями различного диаметра 12,13 и абсорбируются сконденсированным нефтепродуктом. Не растворившаяся часть паров нефтепродуктов на выходе из емкости 2 при срабатывании клапана улавливается угольным фильтром-поглотителем.

В среднем каждый день производится и отгружается от 1100 т бензина. Потери нефтепродуктов от испарения из резервуаров можно рассчитать исходя из нормативов потерь разработанных ООО «КИПЭНЕРГО». Масса всех потерь за год составит 314,8 тонн, что при стоимости в 35400 рублей за тонну БГС в год приводит к потерям 11 143 920 рублей.

Примерный экономический расчет показывает, что затраты на оборудование с монтажными работами составят 3,6 млн рублей, однако, проект окупится уже через 6 месяцев с момента запуска.

Таким образом, применение газоуравнительной конденсационной системы на ООО «РН-Комсомольский НПЗ» является эффективным методом, который позволит сократить потери бензина газового стабильного, следовательно, извлечь материальную выгоду и улучшить экологическую ситуацию.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Абузова Ф.Ф., Теляшева Г.Д., Мишин Ю.Ф. Пути сокращения потерь углеводородов от испарения при хранении и транспортировании нефти и нефтепродуктов // Транспорт и хранение нефтепродуктов и углеводородного сырья / ЦНИИТЭнефтехим. - 1989. - Вып. 5. - 56 с.

2 Матлашов И.А. Расчет потерь нефти и нефтепродуктов из резервуаров нефтеперерабатывающих предприятий. Методика расчета / И. А. Матлашов. - Москва – 2000. – 54 с.

3 Технологический регламент ООО «РН-Комсомольский НПЗ» Товарно-сырьевой цех.

УДК 66.054

Струк Владислав Леонидович, студент; Struk Vladislav Leonidovich

Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;

Sarilov Mikhail Yuryevich

Комсомольский –на-Амуре государственный университет

## УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПЕЧИ П-3 НА УСТАНОВКЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА

### RECOVERY OF THE HEAT OF THE EXHAUSTING SMOKE GASES FROM THE P-3 FURNACE AT A CATALYTIC REFORMING PLANT

**Аннотация.** Задачей данного проекта является рассмотрение нескольких вариантов утилизации дымовых газов, выходящих из конвекционной секции цилиндрической печи установки каталитического риформинга, и выбор наиболее подходящего.

**Abstract.** The objective of this project is to consider several options for the utilization of flue gases coming out of the convection section of the cylindrical furnace of the catalytic reforming unit and select the most suitable one.

**Ключевые слова:** печь, рекуперативный теплообменник, установка каталитического риформинга, дымовые газы, котёл-утилизатор.

**Keywords:** furnace, recuperative heat exchanger, catalytic reforming unit, flue gases, waste heat boiler.

Около 65% внутренней энергии уходящих из печи дымовых газов теряется, уходя в атмосферу. С точки зрения экономической выгоды это тепло необходимо утилизировать, тем самым увеличив КПД нагревательной печи.

Уменьшить данные потери возможно за счет снижения коэффициента избытка воздуха при сжигании газообразного топлива печи [1] и устранения неплотностей, через которые из окружающей среды осуществляется присос воздуха в рабочее пространство печи.

Уходящие дымовые газы можно использовать для предварительного нагрева топлива, поступающего в печь, для осуществления ее непрерывной работы. Подогрев осуществляется с помощью рекуперативных и регенеративных теплообменных аппаратов. Теплообмен между теплоносителями в таких аппаратах происходит непрерывно через разделяющую их теплопередающую стенку.

Одним из вариантов расположения рекуперативного теплообменника может служить его установка между конвекционной секцией печи и дымовой трубой. Дымовые газы, перед тем как уйти в дымовую трубу, отдадут свое тепло воздуху, служащему частью топлива печи. Воздух, в свою очередь, подается в печь через полости рекуператора (рисунок 1), где и происходит теплообмен.

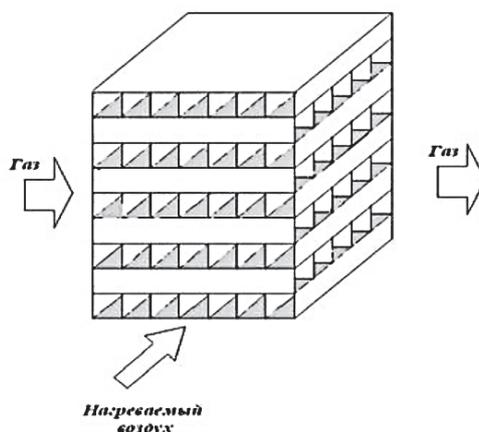


Рисунок 1 – Рекуператор, собранный из нескольких модулей

Также использовать теплоту уходящих дымовых газов можно в устройствах, называемых котлами-утилизаторами. Они служат для получения горячей воды или водяного пара [2], которые повсеместно используются на нефтеперерабатывающем производстве.

Еще одним способом повышения полноты передачи теплоты уходящих дымовых газов может служить оребрение наружной поверхности труб в конвекционной секции печи. Увеличивается площадь соприкосновения дымовых газов с трубами, и нагрев поступившего в верхнюю часть печи сырья происходит более эффективно.

Наиболее рациональным и эффективным способом использования тепла дымовых газов, по моему мнению, является использование рекуперативных теплообменников позволяющих повысить термический КПД печи, снизить удельный расход топлива.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ентус, Н. Р. Трубчатые печи / Н. Р. Ентус. – М. : Химия, 1977.–224 с.
- 2 Ентус, Н. Р. Трубчатые печи в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / Н. Р. Ентус, В. В. Шарихин. – М. : Химия, 1987. – 304 с.

УДК 621.64

Тактарова Анастасия Николаевна, студент; Taktarova Anastasia Nikolaevna  
Сарилов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;  
Sarilov Mikhail Yuryevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СОКРАЩЕНИЕ БЕЗВОЗВРАТНЫХ ПОТЕРЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ИСПАРЕНИИ В РЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА**

## **REDUCTION OF IRRETRIEVABLE LOSSES OF PETROLEUM PRODUCTS DURING EVAPORATION IN THE TANK FARM OF THE OIL REFINERY**

**Аннотация.** Данная статья посвящена проблеме сокращения выбросов паров углеводородов в атмосферу. Значительную часть этих выбросов составляют естественные потери, являющиеся следствием физико-химических свойств нефтепродуктов, воздействия метеорологических факторов и несовершенства существующих в данное время средств защиты нефтепродуктов от потерь при приеме, хранении, отпуске и транспортировании. Таковыми, в частности, являются потери от испарения. Целью работы является нахождение наиболее эффективного, надежного и относительно недорогого технического средства для уменьшения величины углеводородных выбросов.

**Abstract.** This article is devoted to the problem of reducing the emissions of hydrocarbon vapors into the atmosphere. A significant part of these emissions are natural losses resulting from the physical and chemical properties of petroleum products, the impact of meteorological factors and the imperfection of the currently existing means of protecting petroleum products from losses during reception, storage, release and transportation. Such, in particular, are losses from evaporation. The aim of the work is to find the most effective, reliable and relatively inexpensive technical means to reduce the amount of hydrocarbon emissions.

**Ключевые слова:** нефтепродукт, система УЛФ, испарение, выбросы

**Keywords:** petroleum product, light fraction capture system, evaporation, emissions.

Процесс улетучивания нефтепродукта осуществляется при любой температуре, так как обусловлен тепловым движением молекул в поверхностном слое. В герметичном резервуаре испарение происходит до тех пор, пока его газовое пространство (ГП) не станет полностью насыщено углеводородами.

Можно сказать, что все существующие емкости в той или иной степени негерметичны. Данное высказывание вызвано в первую очередь негерметичностью дыхательных, предохранительных клапанов, а так же вентиляционных патрубков и проемов. Еще одной причиной негерметичности

резервуаров является повреждение металла вследствие коррозии. В итоге имеем проблему вытеснения доли паровоздушной смеси в атмосферу. Образующиеся при этом выбросы причисляют к потерям от «вентиляции газового пространства».

Выбросы неминуемы и из герметичных резервуаров. Исходя из того, как произошла утечка паровоздушной смеси можно выделить три причины: «большие дыхания», «малые дыхания» и «обратный выдох». Механизм потерь нефтепродукта при «большом дыхании» следующий. При откачке фракции из резервуара в нем образуется большой объем свободного пространства, в которое могут испаряться остатки нефтепродукта, соответственно, это пространство насыщается углеводородами. При закачке нефтепродукта уровень поднимается, объем паровоздушной смеси уменьшается, увеличивается давление. При определенном значении давления срабатывает клапан, и часть нефтепродукта уходит в потери.

Механизм потерь нефтепродукта при «малом дыхании» заключается в следующем. Возьмем тот же резервуар с нефтепродуктом и некоторым объемом паровоздушной смеси. Под воздействием солнца начинает нагреваться сначала стенка резервуара, потом эта температура передается паровоздушной смеси, увеличивается давление, срабатывает клапан и часть нефтепродукта теряется. Обратная ситуация происходит при низкой температуре, давление понижается, открывается клапан и внутрь резервуара поступает атмосферный воздух, интенсифицируя процесс испарения.

Рассмотрим механизм действия «обратного выдоха». При выкачке продукта в газовое пространство резервуара всасывается атмосферный воздух, оно становится недонасыщенным углеводородами. Со временем при хранении осуществляется донасыщение газового пространства, что приводит к увеличению давления в нем. Срабатывает клапан и происходит выталкивание в атмосферу паровоздушной смеси.

В своей статье я хочу рассмотреть существующие системы улавливания легких фракции и найти лучшее решение. Основными критериями выбора будет являться относительно низкая цена, эффективность, безопасность использования.

Проведем обзор систем улавливания легких фракции, представленных в книге [1]. В данной книге представлены традиционные и вновь созданные средства сокращения выбросов паров бензина в атмосферу. Системы улавливания легких фракции следует разделять на несколько групп:

1) Адсорбционные. Механизм действия таких систем основан на поглощении легкой фракции из паровоздушной смеси твердым поглотителем, называемым адсорбентом. Система является несложной, надежной, пожаровзрывобезопасной, однако она не нашла применение ввиду низкой пропускной способности, так же адсорбционная система требует дополнительных затрат денежных средств на десорбцию.

2) Абсорбционные. Принцип работы данной системы заключается в использовании жидкого углеводородного адсорбента-поглотителя. Со-

гласно исследованиям, степень улавливания получается довольно низкой, приблизительно 60%. Отработанный абсорбент время от времени нуждается в регенерации, что требует определенных финансовых вложений, это служит основным недостатком данной системы.

3) Конденсационные. Работа этих систем основана на более высокой температуре конденсации паров углеводородов по сравнению с воздухом.

4) Компрессионные. Действие данных систем основано на сжатии отобранной из резервуаров парогазовой смеси с целью ее аккумуляции или реализации (в сжиженном или газообразном состоянии).

Исследуя все вышеперечисленные системы можно прийти к следующему выводу: главным недостатком систем улавливания легких фракции является цена их внедрения и обслуживания.

Желание максимально удешевить системы УЛФ без снижения их эффективности привело к созданию системы УЛФ с транзитным резервуаром. Принципиальная схема представлена на рисунке 1.

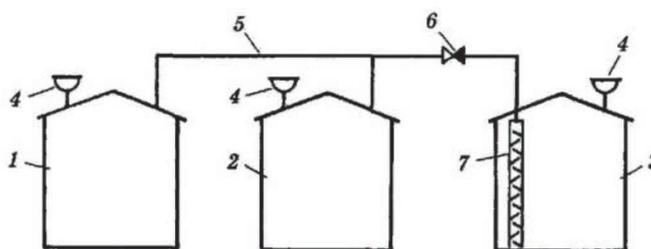


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы УЛФ-ТР:

- 1, 2 – резервуары с бензином; 3 – резервуар с низколетучим светлым нефтепродуктом; 4 – дыхательный клапан; 5 – газовая обвязка; 6 – обратный клапан; 7 – узел ввода ПВС

В системе не присутствуют какие-либо средства автоматики, а так же она лишена энергопотребляющего оборудования. Еще одним плюсом данной схемы является отсутствие условия образования статического электричества, так как единственным элементом, имеющим подвижные части, является клапан 6. Он представляет собой обычный тарельчатый клапан. Неспоримыми достоинствами системы УЛФ-ТР являются пожаровзрывобезопасность, простота, надежность в работе, относительно низкая стоимость.

Система УЛФ-ТР испытана в промышленных условиях на Чайковской нефтебазе в Пермской области и на Каменской нефтебазе. Сокращение выбросов углеводородов в атмосферу составило соответственно 98,7 и 99,2%.

Система УЛФ-ТР смонтирована на Салаватской нефтебазе ОАО «Башкирнефтепродукт».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Коршак, А.А. 50 вопросов и ответов о том, как сократить выбросы паров бензина из резервуаров в атмосферу / А.А. Коршак. – Уфа. : ДизайнПолиграфСервис, 2008. – 88с.

УДК 620.022

Телятникова Юлия Владимировна, бакалавр; Telyatnikova Yuliya Vladimirovna

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент;

Protsenko Alexander Evgenievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ПОЛИАМИДА В ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

## THE STUDY OF THE DISSOLUTION OF POLYAMIDE IN ORGANIC DISSOLVENTS

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию растворения полиамида в органических растворителях, для последующей его переработки.

**Abstract.** This work is devoted to the investigation of the dissolution of polyamide in organic solvents, for next recycling.

**Ключевые слова:** растворимость, полиамид, переработка.

**Keywords:** solubility, polyamide, recycling .

Твердые отходы полиамида, образующиеся при производстве изделий и переработке в волокно, имеют большое место среди полимерных отходов. Полиамид обладает ценными физико-механическими и химическими свойствами в следствии этого важно рационально использовать полиамидные отходы.

Одним из способов переработки полимеров является их растворение и получение мономера. Подбор органического растворителя осуществлялся по разности параметров растворимости полимера и растворителя. Разность должна быть в пределах  $\pm 2,0$  (кал/см<sup>3</sup>)<sup>0,5</sup>. Выдержка полимера в растворителях при температуре 15-17 °С составляла 168 часов. Параметр растворимости растворителей был взят по справочным данным [1]. Значение параметра растворимости полиамида рассчитывалось по формуле (1):

$$\delta_{\text{п}} = \left( \frac{\sum \Delta E_i^*}{N_A \cdot \sum \Delta V_i} \right)^{0,5} \quad (1)$$

где  $\Delta E_i^*$  – вклад каждого атома и типа межмолекулярного взаимодействия, кал/моль;  $N_A$  – число Авогадро;  $\Delta V_i$  – инкремент объема, Å.

$$\begin{aligned} \sum \Delta E_i^* &= 16 \cdot \Delta E_C^* + 30 \cdot \Delta E_H^* + 2 \cdot \Delta E_O^* + 2 \cdot \Delta E_N^* + 4 \cdot \Delta E_d^* \\ \sum \Delta E_i^* &= 16 \cdot 550,7 + 30 \cdot 47,7 + 2 \cdot 142,6 + 2 \cdot 1205 + 4 \cdot 1623 = 19430 \\ \sum \Delta V_i &= 12 \cdot \Delta V_C + 2 \cdot \Delta V_C + 2 \cdot \Delta V_C + 2 \cdot \Delta V_N + 2 \cdot \Delta V_N + 2 \cdot \Delta V_O \\ \sum \Delta V_i &= 12 \cdot 13,1 + 2 \cdot 14,7 + 2 \cdot 14,3 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 3,5 + 2 \cdot 5,85 = 243,9 \end{aligned}$$

$$\delta_{\text{п}} = \left( \frac{19430}{6,06 \cdot 10^{23} \cdot 243,9 \cdot 10^{-24}} \right)^{0,5} = 11,5 \text{ (кал/см}^3\text{)}^{0,5}$$

Таблица 1 – Сводная таблица эксперимента

Растворитель	Параметр растворимости, $\delta$ , (кал/см <sup>3</sup> ) <sup>0,5</sup>	Масса полимера до эксперимента, г.	Масса полимера после эксперимента, г.
Уксусная кислота	9,77	0,017	0,0246
Муравьиная кислота	10,7	0,017	растворился

Расчет показал, что полиамид способен растворяться в обеих кислотах ввиду их близких параметров растворимости.

В ходе эксперимента было установлено, что образец полимера полностью растворился в муравьиной кислоте, и набух в уксусной кислоте. Разница в скоростях растворения может быть объяснена тем, что разность параметров растворимости муравьиной кислоты и полимера меньше ( $\Delta\delta=0,8$ ), чем разность параметров растворимости уксусной кислоты и полиамида ( $\Delta\delta=1,73$ ).

Следует отметить, что использованная методика расчета не учитывает температурного влияния, а также марки полимера, что не позволяет добиться удовлетворительного совпадения теоретических и экспериментальных результатов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кондратов А.П. Физика и химия материалов и технологических процессов: метод. Указания по выполнению курсовой работы / А.П. Кондратов, Г. Н. Журавлева; . М. : МГУП имени Ивана Федорова, 2016.- 52 с.

УДК 621.791

Торопов Роман Александрович, студент; Toropov Roman Aleksandrovich  
Клешнина Оксана Николаевна, кандидат технических наук, доцент;  
Kleshnina Oksana Nikolaevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ СВАРОЧНОГО АППАРАТА

## DESIGN AND PRODUCTION TECHNOLOGY DEVELOPMENT WELDING TROLLEYS

**Аннотация.** Данная работа посвящена проектированию и разработке технологии изготовления тележки под определённое сварочное оборудование. Произведён анализ существующих на рынке сварочных тележек. Основываясь на технологических требованиях и поставленных общих правил процесса по сборке выбран: материал изготовления изделия; способ сварки; сварочное и вспомогательное оборудование; сварочные материалы; рассчитаны режимы сварки; последовательность сборки и наложения сварочных швов; произведён расчет экономических затрат. Наиболее важным аспектом работы по из-

готовлению сварочной тележки – получения рекомендаций по улучшению, модернизации и оптимизации затрат на качество изделия.

**Abstract.** This work is devoted to the design and development of technology for the manufacture of a carriage for a specific welding equipment. An analysis of the existing welding carts on the market has been carried out. Based on the technological requirements and the set general rules of the assembly process, the following was selected: material for the manufacture of the product; welding method; welding and auxiliary equipment; welding materials; welding modes are calculated; the sequence of assembly and application of welding seams; calculated economic costs. The most important aspect of manufacturing a welding carriage is getting recommendations for improving, modernizing and optimizing the cost of product quality.

**Ключевые слова:** тележка, труба, защитный газ, способ сварки, рама.

**Keywords:** trolley, pipe, shielding gas, welding method, frame.

В любом виде строительства, где присутствуют сварочные работы сварщику так или иначе приходится переносить тяжеловесное сварочное оборудование к месту проведения сварочных работ, производить межоперационные передвижения с одного места на другое. При этом сварщик испытывает массу неудобств, что влечёт за собой снижение качества труда, снижение рабочего времени, получение травм, так как некоторые переносные аппараты достигают веса до 30кг.

Тележка обеспечит удобную транспортировку сварочного оборудования без каких-либо усилий и разместить таким образом, что сварщику будет удобно его настраивать, а также правильно организовать свое рабочее место.

Материал изделия преимущественно состоит из стальной электросварной прямошовной трубы диаметром 26 мм толщиной стенки 2 мм, конструкционная углеродистая сталь обыкновенного качества ВСт3сп ГОСТ 380-2005. Свариваемость - без ограничений (1 группа, хорошая свариваемость).

Гибка производилась на ручном трубогибе ТР-1. Процесс гибки представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Процесс гибки труб

Способ сварки МАG. Процесс сборки-сварки ведётся в среде защитного газа (активный)  $CO_2$ , с применением сварочной проволоки марки Св-08Г2С Ø1 мм.

Разделка кромок «I образная» (без скоса кромок), характер сварного шва «односторонний». Режимы сварки представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Режимы сварки

Параметр	Значение
Диаметр сварочной проволоки, мм	1
Количество проходов в шве	1
Сила сварочного тока, А	100
Напряжение на дуге, В	25
Скорость подачи проволоки, м/ч	180
Скорость сварки $V_{св}$ , м/ч	20
Расход углекислого газа ( $CO_2$ ), л/мин	11,4
Вылет сварочной проволоки, мм	15

Спроектированная сварочная тележка и собранный прототип представлен на рисунке 2

Также произведена экономическая оценка проекта (таблица 2).

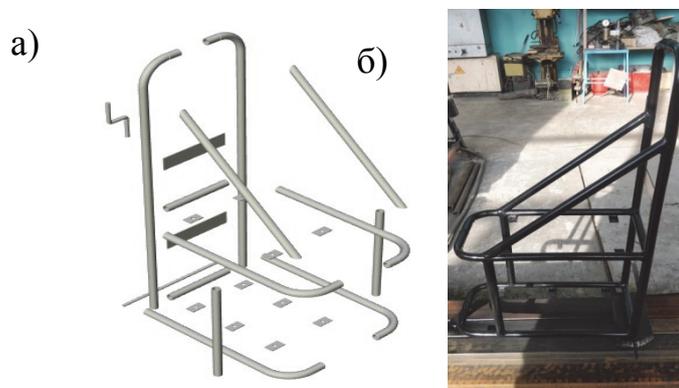


Рисунок 2 – Рама тележки:

а – подetailная разбивка деталей; б – собранное изделие

Таблица 2 – Затраты на единицу продукции

Наименование затрат	Значение
Материал, р	1950,7
Сварочная проволока, р	29,19
Углекислый газ, р	9,52
Электроэнергия, р	10,2
Итоговая сумма, р	2000

По результатам выполненной работы в полном объеме составлен технологический процесс изготовления сварочной тележки. Экономические затраты на себестоимость изделия рассчитаны. Учитывая вышеизложенные показатели, изделие считается технологичным.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент (с Изменением N 1). Технические требования. – Введ. 1993-01-01. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. – 15 с.

2 ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент (с Изменением N 1). Технические требования. – Введ. 1993-01-01. – М.: Комитет стандартизации и метрологии СССР, 1993. – 15 с.

3 Министерство черной металлургии СССР [Электронный ресурс] / ИПК Издательство стандартов; Г. И. Гуляева, М. М. Бернштейн, Н. Ф. Кузнецко. – М.: Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200004294> (дата обращения: 13.04.2021).

УДК 62-64

Тютрин Максим Николаевич, магистр; Tyutrin Maxim Nikolaevich, master  
Сариллов Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент;  
Sarilov Mikhail Yuryevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОМАЗУТНОЙ ЭМУЛЬСИИ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ**

### **REDUCING THE CONSUMPTION OF FUEL AND ENERGY RESOURCES WITH THE USE OF WATER OIL EMULSION IN BOILER PLANTS**

**Аннотация.** В статье проведен обзор актуальных вопросов защиты окружающей среды от загрязнения способом использования сжигания топочного мазута с малым содержанием отходов в форме водомазутной эмульсии (ВМЭ) в отопительных котельных и ТЭЦ.

**Abstract.** The article provides a review of current issues of protecting the environment from pollution by the use of burning fuel oil with a low content of waste in the form of a water-oil emulsion (VME) in heating boilers and thermal power plants.

**Ключевые слова:** котельные установки, нефтеперерабатывающий завод, жидкое топливо, водомазутные эмульсии, подготовка и сжигание, снижение выбросов.

**Keywords:** boiler plants, oil refinery, liquid fuel, water-oil emulsions, preparation and burning, emission reduction.

При использовании топочного мазута в качестве топлива, на котельных и ТЭЦ вынуждены сталкиваться с решением задач, связанных с безотказной работой тепломеханического оборудования и приводит к необоснованным затратам топлива и загрязнению окружающей среды. Необходимо затронуть следующие проблемы:

- насыщение водой мазута при сливе из железнодорожных цистерн, транспортировании, хранении и поддержании в разогретом состоянии неизбежно при используемых технологических процессах. По окончании того, как вода отделится от мазута, она может быть слита из емкости через

дренаж, но лишь частично. Значительная ее часть неоднородно рассредоточивается по объему мазута, образуя водяные линзы, что и является причиной возникновения задач, которые необходимо решать для качественного сжигания мазута;

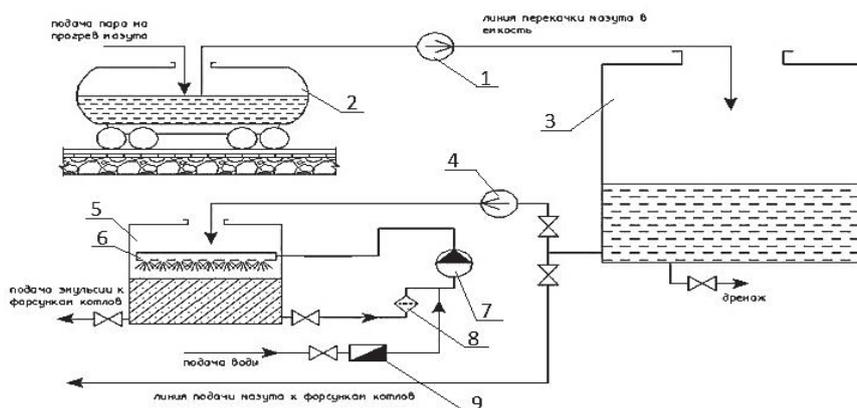
- снижение качества топочного мазута в настоящее время поставляемого нефтеперерабатывающими заводами, связано с повышением качества переработки нефти (с целью получения большего количества светлых нефтепродуктов), приводит к повышению плотности и температуры вспышки мазута [1]. Применение высоковязких мазутов связано со значительными трудностями, как при сжигании, так и при хранении.

Простое смешивание мазута и воды (даже интенсивное) не приведет к образованию мелкодисперсной эмульсии. Вода по-прежнему будет находиться в смеси в виде слишком крупных частиц, мешающих качественному сгоранию топлива. На рисунке 1 приведена схема разгрузки мазута из железнодорожных цистерн с внедрением в схему эмульгатора. Эффективное диспергирование насыщенного водой мазута приводит к ряду положительных изменений режима горения:

- разрываются кластеры высоковязкого мазута, при этом образуя множество молекул, которые начинают процесс горения гораздо быстрее;

- осуществляется разрыв малых молекулярных связей, с образованием более легких углеводородов;

- вода переходит в состояние мелкой дисперсии, что не обрывает факел горелки так, как крупные линзы воды, с образованием в топке котла свободных радикалов  $OH$  и  $H$ , которые катализируют процесс горения. В ВТЭ, вода размельчается на частицы размером 3-16 мкм, частицы воды равномерно разбиваются по всей массе мазута и получают электрический заряд. Частицы воды не объединяются в более крупные из-за присутствия углеводородной капсулы, а оболочка мазута прочно держится на частице воды (из-за присутствия в частице заряда) [2].



- 1, 4 – топливный насос; 2 – вагон-цистерна; 3 – емкость хранения мазута;  
 5 – емкость хранения эмульсии; 6 – трубопровод-распылитель;  
 7 – эмульгатор; 8 – топливный фильтр; 9 – расходомер воды.

Рисунок 1 – Схема разгрузки топочного мазута из железнодорожных цистерн с применением эмульгатора

Эмульгатор мазута - это установка изготовленная на базе центробежного консольного насоса типа К, где вместо рабочего колеса установлено цилиндрическое колесо с перфорацией.

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. 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 мелкодробленые частицы мазута сгорают в факеле [3]. При этом происходит наиболее полное сгорание мазута. Из-за содержания воды в факеле горелки, пламя приобретает синеватый оттенок.

Использование диспергации топочного мазута позволяет увеличить эффективность режимов горения и добиться повышения КПД котла за счет следующих эффектов:

- поддержание оптимальных показателей КПД котла при режимах, меньших номинальных, что достигается за счет эффекта повторного измельчения частиц эмульсии в топке;

- уменьшение избытка воздуха в режиме работы котла позволяет уменьшить температуру точки росы уходящих газов примерно до 110 °С. Это позволяет уменьшить сернокислотную коррозию элементов котла и оборудования и позволяет увеличить КПД котла за счет частичного возврата тепла уходящих газов;

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Иванов В. М. Топливные эмульсии. - М.: Изд-во АН СССР.- 1962г.
- 2 Катин В.Д. Экологические проблемы сжигания топлива в котельных установках и перспективы их решения // Наука и техника транспорта. — 2004. — № 2. — С. 6—11.
- 3 Геллер С.В. Приготовление водомазутных эмульсий посредством волновой диспергации // Журнал "Новости теплоснабжения" (Москва). - 2010, № 4 (апрель). С 21-23.

УДК 620.178.15

Ушаков Александр Иванович, студент; Ushakov Alexander Ivanovich

Сафронов Иван Сергеевич, кандидат физико-математических наук;

Safronov Ivan Sergeevich

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

## **ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ АМОРФНЫХ И АМОРФНО-НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ**

### **EFFECT OF LASER IMPULSES ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE SURFACE OF AMORPHOUS AND NANOCRYSTALLINE METAL ALLOYS**

**Аннотация.** Исследованы изменения механических свойств поверхности аморфных и аморфно-кристаллических металлических сплавов при кратковременных тепловых воздействиях. Сопоставлена эффективность лазерной обработки для разных сплавов. Определено изменение микротвердости при различных режимах лазерной обработки.

**Abstract.** Changes in the mechanical properties of the surface of amorphous and amorphous-crystalline metal alloys under short-time thermal effects are investigated. The efficiency of laser processing for different alloys is compared. The change in microhardness under different modes of laser treatment is determined.

**Ключевые слова:** аморфной сплав, нанокристаллический материалов, кратковременное тепловое воздействие, микротвердость.

**Keywords:** amorphous alloy, nanocrystalline material, short-time thermal exposure, microhardness.

Аморфные и нанокристаллические металлические сплавы стали чаще использовать на практике, так как они имеют уникальные свойства, которые востребованы в современной технике [1 - 3]. Структура аморфных и аморфно-нанокристаллических сплавов является неравновесной. Этот факт накладывает ряд существенных ограничений на допустимые способы обработки. Например, повышение температуры материала даже на непродолжительное время способно вызвать структурную релаксация и/или кристаллизацию. В результате, исходное структурное состояние материала будет разрушено. Известные методы обработки таких материалов, как правило, не позволяют провести комплексное улучшение их характеристик: магнитных, коррозионных, механических и пр. [1, 4, 5]. Метод улучшения

механических характеристик аморфных и нанокристаллических металлических сплавов за счет обработки серий лазерных импульсов имеет большие перспективы, т.к. он потенциально не меняет структуру материала.

Данный метод обработки не затрагивает весь материал, но влияет на структуру и механические свойства поверхности. В работе использовали оптические квантовые генераторы с различными параметрами. Исследуемые материалы представляет собой металлические аморфные и нанокристаллические сплавы производства Ашинского металлургического завода.

Микротвёрдость определялась методом локального нагружения пирамидкой Виккерса в зонах лазерной обработки, а также на разном расстоянии от центра зоны обработки. Сопоставлена эффективность лазерной обработки для разных сплавов. При такой обработке значительные структурные изменения за пределами области обработки не происходят из-за небольшого количества энергии одного импульса и малой его длительности, что исключает воздействие температурного поля на материал удаленный от области обработки. При этом только приповерхностный слой этой зоны значительно меняется. Получены экспериментальные зависимости микротвёрдости для разных режимов обработки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. - М.: Академия, 2005 - 192 с. 2 Абросимова Г.Е. Эволюция структуры аморфных сплавов // УФН. 2011. Т. 181. № 12. С. 1265-1281.

2 Абросимова Г.Е. Эволюция структуры аморфных сплавов // УФН. 2011. Т. 181. № 12. С. 1265-1281.

3 Rho I.C. Microstructure and crystallization kinetics of amorphous metallic alloy: Fe<sub>54</sub>Co<sub>26</sub>Si<sub>6</sub>B<sub>14</sub> / I.C. Rho [etc.] // Journal of non-crystalline solids. - 2003. - V. 316. - P. 289–296.

4 Леонтьев П.А., Хан М.Г., Чекалова Н.Т. Лазерная поверхностная обработка металлов и сплавов. - М.: Металлургия, 1986. - 142 с.

5 Сафронов И.С. Закономерности формирования механических свойств аморфно-нанокристаллических металлических сплавов, обработанных лазерными импульсами наносекундной длительности // Монография. Саратов. Изд-во: IPRbooks, 2019. - 166 с.

УДК 620.022

Филимонова Ксения Андреевна, бакалавр; Filimonova Ksenia Andreyevna

Проценко Александр Евгеньевич, кандидат технических наук;

Protsenko Alexander Evgenyevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАБУХАНИЯ ЭТИЛЕН–ПРОПИЛЕНОВЫХ КАУЧУКОВ

## THE STUDY OF THE SWELLING OF ETHYLENE-PROPYLENE RUBBERS

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию параметра растворимости этилен – пропиленовой резины.

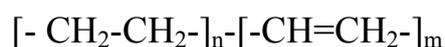
**Abstract.** This work is devoted to the investigation of swelling of ethylene-propylene rubbers.

**Ключевые слова:** этилен – пропилен, резина, растворимость.

**Keywords:** ethylene – propylene, rubber, solubility.

Этилен – пропиленовые каучуки это марка часто используемая в резинотехнической промышленности, изделия на ее основе обладают отличительными качествами от остальных видов каучуков. Это такие свойства как: высокая тепловая и озоновая стойкость, а также химическая стойкость к определенным агрессивным средам. У нее отличные диэлектрические свойства, высокая прочность и эластичность.

Химическая формула:



При проведении исследования была использована методика Гильдебранда – Смолла для вычисления параметров растворимости как полимера, так и самих растворителей, а также для проведения сравнительного анализа растворения.

Исходя из этого был выбран ряд растворителей, предположительно наиболее подходящих для данного полимера: бензол, бензин, хлороформ, сероуглерод.

Для проведения расчетов полимера воспользуемся следующей формулой:

$$\delta_{\Pi} = \frac{\sum \gamma \cdot \rho_{\Pi}}{M_0}$$

Следовательно, параметр растворения полимера равен:

$$\delta_{\Pi} = 11,17 (\text{кал}/\text{см}^3)^{0,5} = 22,34 \cdot 10^3 (\text{Дж}/\text{м}^3)^{0,5}$$

Проведем расчет параметра растворимости растворителей исходя из формулы:

$$\delta_p = \left( \frac{L_e - P \cdot T}{V_{cm}} \right)^{0,5}$$

где  $L_e$  - скрытая теплота парообразования, кал/моль.

Таблица 1 – Сводная таблица данных

Полимер или растворитель	Параметр растворимости $\delta_p$ , спр., (кал/см <sup>3</sup> ) <sup>0,5</sup> [1]	Параметр растворимости $\delta_p$ , выч., (кал/см <sup>3</sup> ) <sup>0,5</sup>
Этилен – пропиленовая резина	-	11,17
Бензол	9,33	9,3
Бензин	7,68	6,87
Хлороформ	8,85	9,25
Сероуглерод	10,17	10

При исследовании параметра растворимости был проведен опыт растворения образца этилен – пропиленовой резины в бензоле и бензине.

Навески в 0,02 г. были погружены в растворы и оставлены на 336 ч. В результате опыта было выявлено, что образцы были заметно увеличены в размерах.

Необходимо было вычислить их массу после набухания.

У образца, погруженного в бензол, масса составляла 0,1 г., то есть увеличился на 400 %, а масса образца, погруженного в бензин, составила 0,067 г., то есть увеличился на 235 %.

Однако полного растворения не произошло. В следствии чего наиболее перспективным в дальнейших исследованиях для разрушения химических связей в вулканизированном СКЭП представляются методы деполимеризации с использованием методов сольволиза в подобранных растворителях при повышенных температуре и давлении [2].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Электронный справочник: Параметры растворимости органических растворителей и некоторых смол при 25 °С [Электронный ресурс]: / – Электронные данные – chemport.ru – Режим доступа: <http://www.chemport.ru/data/data148.shtml>, свободный. – Загл. с экрана. Язык русский. Дата обращения: 01.04.2021.

2 Crow, A. Depolymerization of a polypropylene-EPDM mixture via supercritical water partial oxidation / A.Crow, A. Sardesai, W. D. Lilac, S. Lee // Preprints of Environmental Chemistry, 219th ACS National Meeting, American Chemical Society (ACS), Mar 2000.

УДК 62-713.1

Хафизов Ильдар Равилевич, инженер; Ildar Khafizov Ravilevich

Салахов Ришат Ризович, кандидат технических наук, доцент;

Salakhov Rishat Rizovich

Хисматуллин Ренат Мансорович, аспирант; Renat Khismatullin Mansorovich

Баичев Алексей Львович, инженер; Baichev Alexei Lvovich

Казанский национальный исследовательский технический университет

им. А.Н. Туполева–КАИ

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОМПЫ ДВС**

### **DEVELOPMENT OF A LIQUID COOLING SYSTEM FOR AN ELECTRIC COOLANT PUMP FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE**

**Аннотация.** Эффективность охлаждения электропривода помпы существенно влияет на его характеристики. Данная работа посвящена разработке системы жидкостного охлаждения для электрического привода жидкостного насоса системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания.

**Abstract.** Improving the cooling efficiency of the electric motor has a positive effect on its performance. This work is devoted to the development of a liquid cooling system for the electric liquid pump of the internal combustion engine cooling system.

**Ключевые слова:** жидкостный насос, система охлаждения, электродвигатель, двигатель внутреннего сгорания.

**Keywords:** coolant pump, cooling system, electric motor, internal combustion engine.

Для повышения эффективности охлаждения электрического жидкостного насоса была выбрана схема с жидкостным охлаждением [1]. Питание системы охлаждения жидкостного насоса осуществляется от системы охлаждения двигателя [2].

Для обеспечения жидкостного охлаждения верхняя крышка электрического привода с рёбрами для воздушного охлаждения (первоначальная конструкция), состоящая из одной целой детали, заменена на крышку жидкостного охлаждения с внутренней полостью для протекания охлаждающей жидкости, состоящая из 2-х деталей: корпуса крышки и верхней крышки, обеспечивающей герметичность. Конфигурация внутренних каналов предстала на рисунке 1 [3, 4].

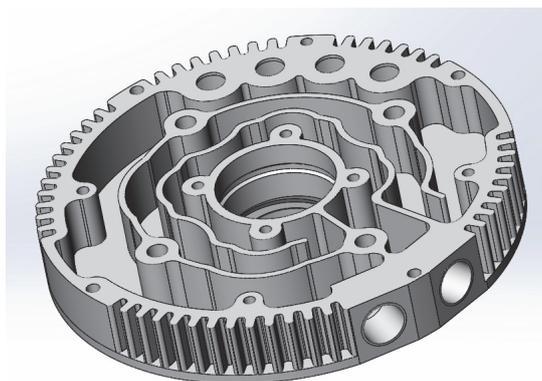


Рисунок 1. Конструкция внутренних каналов крышки жидкостного охлаждения насоса

Для оценки эффективности разработанной конструкции были проведены численные исследования гидравлических характеристик каналов рубашки охлаждения в трехмерной постановке. Для определения сопротивления внутренних полостей задан расход 3 л/мин. Максимальное давление в крышке составило 101,85 кПа.

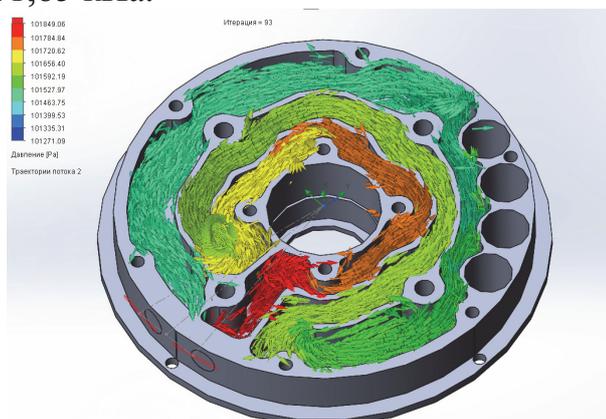


Рисунок 2. Расчет полостей в трехмерной постановке

В торцевой части крышки установлены штуцера гребенчатого типа с резьбой G1/2 для присоединения к корпусам крышек. Штуцеры предназначены для подключения входного и выходного контуров охлаждения соответственно. Внешний вид насоса в сборе с насосом представлен на рисунке 3.

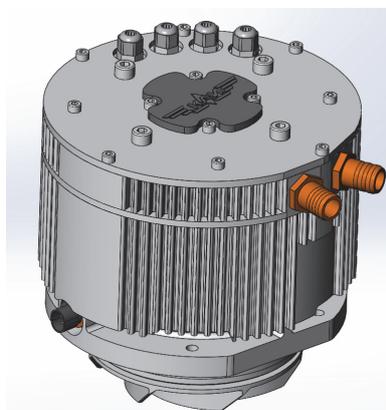


Рисунок 3. Внешний вид крышки в сборе с насосом

Разработанная крышка позволила увеличить теплосъем с деталей электрического привода жидкостного насоса и поддерживать рабочую температуру, которая обеспечивает максимально эффективную работу электродвигателя насоса. На следующем этапе работы запланированы экспериментальные исследования и испытания в составе двигателя автомобиля.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Sideri M., Berton A., D’Orrico F. Assessment of the wall heat transfer in 3D-CFD in-cylinder simulations of high performance diesel engines. // *Energy Procedia*. – 2017.09. – 126 – P.963-970.

2 Lodi F., Zare A., Arora P., Stevanovic S., Jafari M., Ristovski Z., Brown R.J., Bodisco T. Combustion Analysis of a Diesel Engine during Warm up at Different Coolant and Lubricating Oil Temperatures. // *Energies*. – 2020. – 13. – P.1-21.

3 Kumarasubramanian R., Goldwin X., Nishanthi W. M., Rajasekar R. Experimental Investigation on The Electromagnetic Clutch Water pump and Pneumatic Compressor for Improving the Efficiency of an Engine. // *Frontiers in Automobile and Mechanical Engineering*. – 2017. – 197. – P.1-8.

4 Zavaragh H.G., Kaleli A., Afshari F., Amini A. Optimization of heat transfer and efficiency of engine via air bubble injection inside engine cooling system. // *Applied Thermal Engineering*. – 2017. – 123. – P.390-402.

УДК 62-97/-98

Хисматуллин Ренат Мансорович, аспирант; Khismatullin Renat Mansorovich  
Салахов Ришат Ризович, кандидат технических наук, доцент;  
Salakhov Rishat Rizovich

Ермаков Андрей Михайлович, кандидат технических наук;  
Ermakov Andrey Mikhailovich

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им.А.Н. Туполева–КАИ

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНОГО МАСЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА В 1D МОДЕЛИ**

#### **RESEARCH OF THE INFLUENCE OF ENGINE OIL CHARACTERISTICS ON THE CHARACTERISTICS OF THE LUBRICANT LAYER OF CRANKSHAFT BEARINGS IN 1D MODEL**

**Аннотация.** При разработке двигателя автомобиля одной из ключевых задач является обеспечение оптимальных характеристик смазочного слоя подшипников скольжения цилиндрической поршневой группы.

**Abstract.** When developing any car with an internal combustion engine, one of the many most important tasks is to ensure a sufficient quality of the lubricating layer of the sliding bearings of the cylinder-piston group.

**Ключевые слова:** ДВС, система смазки, 1D моделирование.

**Keywords:** ICE, lubrication system, 1D modeling.

Одной из важнейших задач системы смазки двигателя является сведение к минимуму коэффициента трения и обеспечение необходимой толщины масляной пленки в парах трения, чтобы увеличить продолжительность «жизни» двигателя, для чего необходимо обеспечить подачу необходимого количества масла с определенным давлением [1].

В данной работе представлена разработанная модель системы смазки бензинового четырехцилиндрового двигателя легкового автомобиля (рисунок 1). Используемая модель позволяет провести исследование влияния состава моторного масла на подшипники коленчатого вала, а также оценить существующие триботехнические условия в парах трения, выявить исправность обеспечения необходимой толщины смазочного слоя.

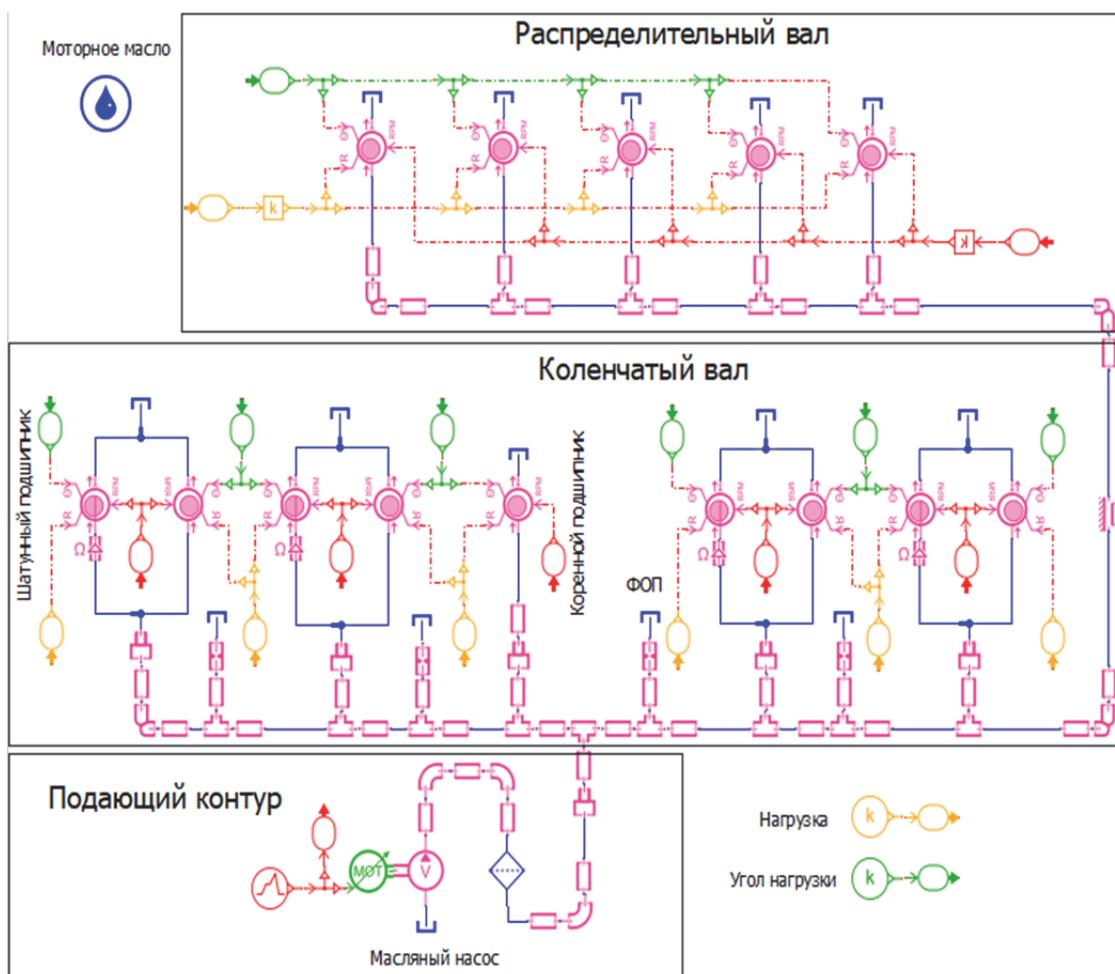


Рисунок 1. Модель системы смазки легкового автомобиля

Модель, представленная на рисунке 1, работает следующим образом:

1. В качестве основных глобальных параметров указываются: используемая жидкость в качестве моторного масла, частота вращения коленчатого вала, нагрузка на двигатель, а также угол нагрузки [2].

2. Масло в подающем контуре отбирается из картера, прокачивается масляным насосом, проходит через фильтр и поступает в главную масляную магистраль.

3. Из главной масляной магистрали происходит распределение масла к форсункам охлаждения поршней (ФОРП), коренным подшипникам и через каналы коленчатого вала к шатунным подшипникам. Часть масла направляется ко второй масляной магистрали.

4. Во второй масляной магистрали моторное масло распределяется к подшипникам распределительного вала.

В таблице 1 представлены результаты исследований характеристик смазочного слоя шатунных подшипников коленчатого вала в зависимости от марки используемого моторного масла.

Согласно предоставленным в таблице 1 результатам численных исследований от выбранного масла и содержания разнообразных присадков в значительной степени зависит толщина смазочного слоя, создаваемое давление и расход в подшипниках коленчатого вала при прочих равных условиях. В дальнейшей работе для более детального исследования и определения наиболее эффективных смесей смазочных материалов будут проводиться исследования на разных режимах работы двигателя, а также при различных условиях окружающей среды.

Таблица 1 - Характеристики подшипников коленчатого вала

Марка масла	Минимальная толщина смазочного слоя, мкм	Давление, бар	Расход масла, л/мин
0W30	3,974	4,872	0,972
15W30	5,624	6,501	0,713
ISO VG 32 - Mobil DTE 24	3,154	3,602	1,045
ISO VG 46 - Mobil DTE Medium	3,856	4,687	0,983
ISO VG 68 - Mobil DTE 26	4,446	5,697	0,937

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Колчин, А.И. Расчёт автомобильных и тракторных двигателей / А.И. Колчин, В.П. Демидов – 3-е изд. Перераб. И доп. – М.: Изд-во «Высшая Школа», 2002. – 496 с.

2 Якубович, А.И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко - 1-е изд.: Изд-во «Новое знание», 2013. – 473 с.

УДК 629.73, 629.7.02

Худова Алена Александровна, аспирант; Khudova Alena Aleksandrovna  
Халиулин Валентин Илдарович; доктор технических наук, профессор;  
Khaliulin Valentin Ildarovich

Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н.Туполева-КАИ

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СКЛАДЧАТОГО ЗВУКОПОГЛОТИТЕЛЯ ДЛЯ МОТОГОНДОЛЫ**

### **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING A FOLDED SOUND ABSORBER FOR THE ENGINE NACELLE**

**Аннотация.** Звукопоглощающие конструкции, которые используются в современных летательных аппаратах, должны отвечать высоким акустическим, прочностным и аэродинамическим требованиям. Нормы шума летательных аппаратов на местности регулируются международными и национальными стандартами, предъявляющими жесткие требования по предельно допустимым уровням шума. В данной работе рассматриваются звукопоглощающие конструкции, которые позволяют снизить уровень шума газотурбинных двигателей, а также обеспечить весовую эффективность в случае их применения в составе мотогондолы летательного аппарата. Целью работы является разработка технологии изготовления складчатого звукопоглотителя из композиционных материалов для мотогондолы летательного аппарата.

**Abstract.** Sound-absorbing structures that are used in modern aircraft must meet high acoustic, strength and aerodynamic requirements. The noise standards of aircraft on the ground are regulated by international and national standards that impose strict requirements for maximum permissible noise levels. In this paper, we consider sound-absorbing structures that can reduce the noise level of gas turbine engines, as well as provide weight efficiency in the case of their use as part of the engine nacelle of an aircraft. The aim of the work is to develop a technology for manufacturing a folded sound absorber made of composite materials for the engine nacelle of an aircraft.

**Ключевые слова:** складчатый звукопоглотитель, складчатые структуры, мотогондола.

**Keywords:** folded sound absorber, folded structures, engine nacelle.

На сегодняшний день композиционные материалы широко применяются в авиационной технике. За счет использования в звукопоглощающих конструкциях принципиально новых материалов становится возможным их применение в составе силовых установок и мотогондол самолетов [1].

В процессе исследования была получена структура для мотогондолы летательного аппарата, спроектирован складчатый наполнитель для мото-

гондолы при помощи ПО Siemens NX [2]. Структура выгодно отличается тем, что укладывается на двойную кривизну, имеет площадку контакта с наполнителем и обеспечивает прочность конструкции, а также обладает хорошими звукопоглощающими характеристиками (рисунок 1).

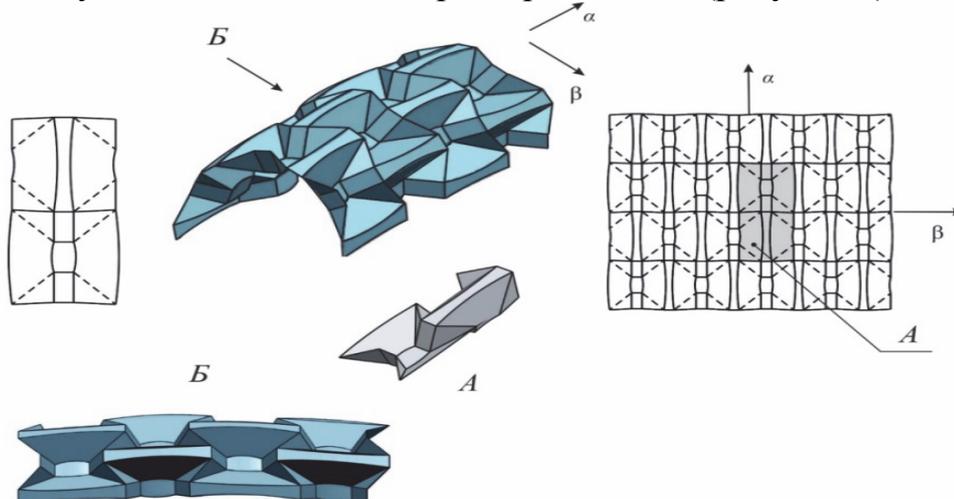


Рисунок 1 – Складчатый наполнитель для мотогондолы

В работе проанализированы несколько вариантов изготовления складчатой структуры из композиционных материалов. Была предложена технология изготовления складчатой структуры на трансформируемых матрицах (рисунок 2).

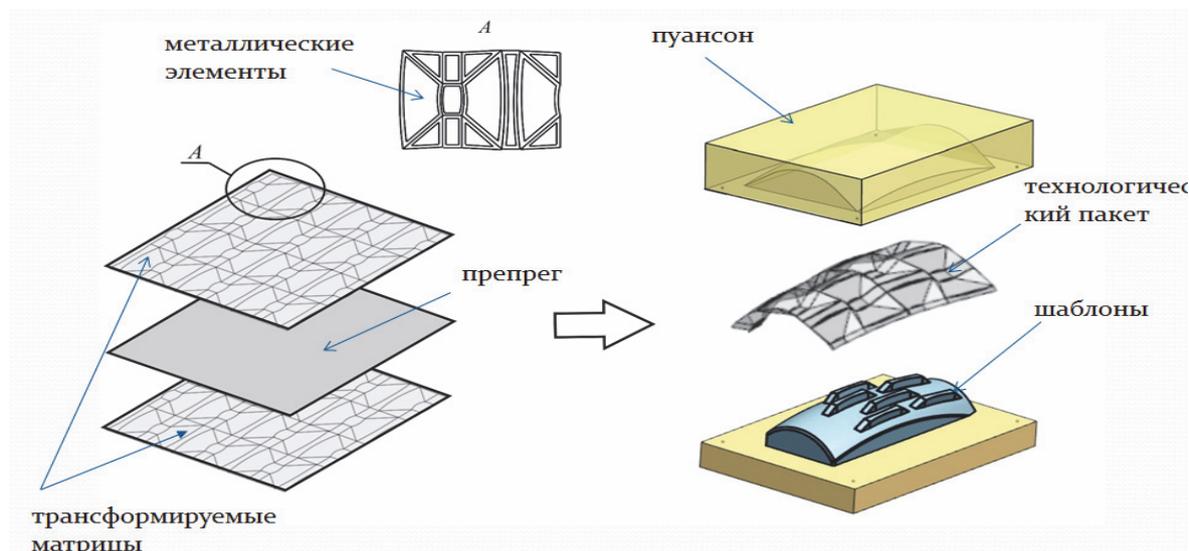


Рисунок 2 – Технология изготовления складчатой структуры на трансформируемых матрицах

Основными операциями технологического процесса являются: раскрой препрега, вакуумного мешка; фиксация матрицы на плоскости прижимами; выкладка препрега и сопутствующего технологического пакета на матрицу; закладка оснастки в плоском состоянии в вакуумный мешок и

герметизация; создание вакуума в мешке, который прижимает препрег и весь технологический пакет к трансформируемой оправке; складывание до заданного рельефа; установка в шаблон формы для задания рельефа с заданными параметрами; реализация формования в печи; извлечение детали и очистка.

Работа выполнялась при финансовой поддержке АО «ОДК» (научная стипендия).

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Белоусов, А. И. Конструктивные методы снижения шума авиационных двигателей [Текст]: Учебное пособие./ А.И. Белоусов, И.С. Загузов — Куйбышев: КуАИ, 1982. —96с.

2 Халиулин В.И. Технологические схемы изготовления многослойных конструкций ; М-во общ. и проф. образования Рос. Федерации. Каз. гос. техн. ун-т им. А.Н. Туполева. - Казань : Изд-во Каз. гос. техн. ун-та, 1999. - 168 с. : ил.; 20 см.; ISBN 5-7579-0295-7.

**СЕКЦИЯ**

**АВИАЦИОННАЯ И МОРСКАЯ ТЕХНИКА**

УДК 621.311.22

Андреева Олеся Николаевна, магистрант; Andreeva Olesya Nikolaevna  
Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент;  
Smirnov Aleksey Vladimirovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

### PROBLEMS OF OPERATION OF HEAT EXCHANGERS AT THERMAL POWER PLANTS

**Аннотация.** В работе рассматриваются виды повреждений, возникающих в теплообменных аппаратах тепловых электрических станций. Представлены основные виды работ для восстановления работоспособности теплообменного оборудования.

**Abstract.** The paper considers the types of damages that occur in heat exchangers of thermal power plants. The main types of work to restore the operability of heat exchange equipment are presented.

**Ключевые слова:** теплообменные аппараты, виды повреждений.

**Keywords:** heat exchangers, types of damage.

Теплообменные аппараты занимают значительную долю среди всего вспомогательного оборудования тепловых электрических станций. От эффективности их работы зависит надежность работы всей станции, а также обеспечение ее технико-экономических показателей.

В процессе эксплуатации могут возникать отказы в работе теплообменных аппаратов, которые, в свою очередь, могут приводить к таким последствиям как отключение турбины, ограничение отпуска теплоты, снижение коэффициента готовности оборудования, снижение экономичности турбоустановки и, как следствие, увеличение удельных расходов топлива.

Согласно источнику [1], анализ отказов теплообменного оборудования, которые привели к аварийным остановам паровых турбин (более 150 установок), показал следующее:

1) многие теплообменники (особенно подогреватели сетевой воды) реально имеют меньшую наработку их трубных систем по сравнению с нормативными сроками эксплуатации;

2) теплоносители более высоких параметров (по давлению и температуре) приводят к уменьшению срока службы теплообменников по сравнению с их работой на теплоносителях с более низкими параметрами;

3) переменные режимы работы теплообменников приводят к снижению их долговечности по сравнению с эксплуатацией в базовом режиме.

Также анализ надежности работы турбин и вспомогательного турбинного оборудования в различных условиях эксплуатации показал, что,

среди прочего, надежность паротурбинных установок лимитируют трубные пучки теплообменных аппаратов [1].

Интересно рассмотреть неисправности и отклонения в работе теплообменников, возникающие в процессе их эксплуатации и обслуживания. При этом неисправности могут появиться как вследствие эксплуатационных нарушений (отсутствие водоподготовки, повышение предельного допустимого значения температуры теплоносителя, неправильный запуск и остановка аппарата и др.), так и вследствие нарушений, связанных с некачественно проведенными работами по обслуживанию теплообменников.

Укажем виды повреждений теплообменных аппаратов, которые возникают при эксплуатации в результате действия химических, механических и термических воздействий [2]:

1) различные виды коррозии – общая, ударная, электрохимическая, от воздействия агрессивных газов и растворимых веществ, биологическая (воздействие микроорганизмов), коррозионное растрескивание под напряжением;

2) различные виды эрозии – эрозия во внутритрубном пространстве механическими взвешьями теплоносителя, капельно-ударная эрозия в межтрубном пространстве, эрозионное воздействие относительно высокоскоростными и высокотемпературными потоками жидких теплоносителей;

3) повреждения, вызванные вибрацией – износ от трения трубок в серединах пролетов или в области гибов при их соударениях, а также в зоне прохода через отверстия в промежуточных перегородках из-за вибрационных колебаний трубок в потоке теплоносителя;

4) перегрев металла трубок, вызванный, например, пропуском пара через неисправную задвижку при прекращении прокачивания нагреваемого теплоносителя, а также нарушением правил технической эксплуатации, возникновение дополнительных напряжений в теплообменных трубках из-за стесненности их термических расширений.

Кроме перечисленных факторов, на работу теплообменных аппаратов могут влиять также дефекты изготовления, монтажа и эксплуатации, повреждения теплообменных трубок из-за попадания в паровое пространство аппаратов инородных предметов и др.

Представленный обзор подчеркивает актуальность вопросов, связанных с исследованием особенностей эксплуатации теплообменных аппаратов тепловых электрических станций и повышением эффективности их работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Таранчук А.С., Качан С.А. Статистический анализ повреждаемости паротурбинных установок ТЭС // Актуальные проблемы энергетики 2017 [Электронный ресурс]: материалы студенческой научно-технической конференции. - Минск: БНТУ, 2018, С.470-474.

2 Техническое обслуживание и ремонт теплообменных аппаратов [Электронный ресурс]. <https://openedu.urfu.ru/files/book/%D0%93%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B0%2011.html> (Дата обращения: 09.04.2021).

УДК 629.7.02

Ань Цзюньли, студентка 4 курса; An Junli

Бобков Александр Викторович, д.т.н., доцент;

Bobkov Alexander Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ УБОРКИ-ВЫПУСКА ШАССИ САМОЛЁТА

### ANALYSIS OF RELIABILITY OF THE CLEANING-RELEASE SYSTEM OF AIRCRAFT CHASSIS

**Аннотация.** По известным статистическим данным проведена оценка влияния количества посадок на вероятность безотказной работы шасси самолёта.

**Abstract.** To the known statistical data, the influence of the number of landings on the probability of failure-free operation of the aircraft landing gear was evaluated.

**Ключевые слова:** самолёт, шасси, надёжность.

**Keywords:** aircraft, landing gear, reliability.

Шасси самолета обеспечивает взлет и посадку самолета на бетонированные и грунтовые взлётно-посадочные полосы.

Шасси часто выполняют по трехопорной схеме, которая содержит две основные и переднюю опору. Т.к. отказ хотя бы одной опоры приводит к отказу всего шасси и возникновению аварийной ситуации, то актуальной становится оценка надёжности данного узла самолёта [1-3].

Составим структурную схему расчета надежности шасси, на которой элементы расположены последовательно, как на показано на рисунке 1. По указанной схеме вероятность безотказной работы шасси  $P_{\text{шасси}}(t)$  можно рассматривать как произведение вероятностей безотказной работы всех трёх опор (1):

$$P_{\text{шасси}}(t) = P_{\text{левойООШ}} \cdot P_{\text{правойООШ}} \cdot P_{\text{переднейОШ}} \quad (1)$$



Рисунок 1 – Структурная схема расчета надежности шасси

где  $P_{\text{шасси}}(t)$  - вероятность безотказной работы шасси. Вероятность безотказной работы составляющих шасси обозначена:  $P_{\text{шасси}}(t)$  - шасси;  $P_{\text{левой ООШ}}$  - левой основной опоры шасси;  $P_{\text{правой ООШ}}$  - правой основной опоры шасси;  $P_{\text{передней ООШ}}$  - передней опоры шасси.

Вероятность отказа шасси  $Q_{\text{шасси}}(t)$  рассчитывалась с учётом того, что  $P_{\text{шасси}}(t)$  и  $Q_{\text{шасси}}(t)$  вероятности противоположных событий (2):

$$Q_{\text{шасси}}(t) = 1 - P_{\text{шасси}}(t) = 1 - (1 - P_{\text{левой ООШ}})(1 - P_{\text{правой ООШ}})(1 - P_{\text{передней ООШ}}) \quad (2)$$

Значения вероятности отказа  $Q_{\text{шасси}}(t)$  от количества посадок  $N$  по статистическим данным, приведённым в [4], представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Значения вероятностей, характеризующих надёжность конструкции шасси

N	100	200	300	400	500
	0	0	0	0	0
$Q_{\text{шасси}}(t)$	0,23	0,42	0,57	0,7	0,79
	7	7	9		4

Анализ графика, построенного по данным таблицы 1, позволяет прийти к выводу, что при достижении значения  $N=2500$  вероятность отказа шасси возрастает до 0,5 что требует дополнительного анализа путей решения данной проблемы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Анцелиович, Л.Л. Надёжность, безопасность и живучесть самолёта / Л.Л. Анцелиович // учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности "Самолётостроение" – М.: Машиностроение, 1985.- 296 с.

2 ГОСТ В20436-88. Изделия авиационной техники. Общие требования к комплексным программам обеспечения безопасности полётов, надёжности, контролепригодности и эксплуатационной технологичности. – М.: Издательство Стандартов, 1988 г.

3 ОСТ 1 00132-84. Надёжность изделий авиационной техники. Методы количественного анализа безотказности функциональных систем при проектировании самолётов и вертолётов.

4 Прейс, А.А. Обоснование перевода агрегатов функциональных систем самолёта МиГ-31 на техническое обслуживание по состоянию: автореф. дис. кад. техн. наук: 05.07.07/ Прейс Александр Александрович. – Красноярск, 2011. – 20 с.

УДК 629.7.027.6

Балашов Сергей Алексеевич, магистр; Balashov Sergey Alekseevich

Жук Александр Игоревич, к.т.н., Zhuk Aleksandr Igorevich

Уфимский государственный авиационно-технический университет

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ РЕАКЦИИ АВАРИЙНОГО УСТРОЙСТВА ТОРМОЖЕНИЯ ВС ОТ ДЛИНЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

### DETERMINATION OF THE DEPENDENCE OF THE RESPONSE FORCE OF THE EMERGENCY BRAKING DEVICE ON THE LENGTH OF ITS USE

**Аннотация.** Данные тезисы посвящены определению силы реакции аварийного устройства торможения ВС для определения его массово-геометрических характеристик. Авторами рассмотрены три различных модели аварийной посадки ВС.

**Abstract.** These theses are devoted to the determination of the reaction force of the emergency braking device of the aircraft to determine its mass-geometric characteristics. The authors considered different models of emergency landing.

**Ключевые слова:** тормозная система, магистральный самолет, посадка самолета, уравнение энергии.

**Keywords:** braking system, main plane, plane take off, energy equation.

При пробеге самолёта на ВПП с торможением принимается, что подъёмная сила  $Y$ , сила лобового сопротивления  $Q_c$ , сила тяги  $T_d$  двигателей на режиме малого газа и на режиме реверса тяги  $T_p$ , а также сила тяжести самолёта  $G_c$  приложены в центре тяжести самолёта. Силы реакции ВПП на колесах главных и носовых опор  $N_{г.к}$  и  $N_{н.к}$ , силы трения главных и носовых колёс  $F_{г.к}$  и  $F_{н.к}$  приложены в точках касания колёс с ВПП. Сумма сил и моментов относительно центра тяжести самолёта равна нулю, вертикальное ускорение самолёта также равно нулю. Аэродинамические коэффициенты  $c_x$  и  $c_y$  в процессе пробега принимаются постоянными. В этом случае движение самолёта по ВПП может быть описано следующей системой уравнений [1]:

$$\begin{aligned} \frac{G_c}{g} \cdot \frac{dV}{dt} &= (F_{г.к} + F_{н.к}) + Q_c + T_p - T_d; \sum X = 0 \\ Y + (N_{г.к} + N_{н.к}) - G_c &= 0; \sum Y = 0 \\ (N_{н.к} \cdot a - N_{г.к}) - (F_{г.к} + F_{н.к}) \cdot h &= 0; \sum M = 0 \end{aligned} \quad (2.1)$$

Баланс кинетической энергии самолёта  $E_{к.с}$  при торможении в общем виде следующий:

$$E_{к.с} = \frac{G_c}{g} \cdot \frac{V^2}{2} = (E_{F_{г.к}} + E_{F_{н.к}}) + E_{Q_c} + E_{T_p} - E_{T_d}; \quad (2.2)$$

где каждое слагаемое правой части этого уравнения представляет собой работу, совершаемую соответствующей силой на определённом пути её действия.

Решим уравнения системы, в качестве расчетного ВС примем RRJ-95. Из уравнения системы (2.1), находится реакция от вертикальной нагрузки, приходящаяся на главные колёса ( $n_{Г.К}$ ) по формуле[2]:

$$N_{Г.К} = (G_c - Y) \left( \frac{(a - \mu_{н.к} \cdot h)}{a} + b + ((\mu_{Г.К} - \mu_{н.к}) \cdot h) \right) \quad (2.4)$$

и на передние колёса ( $n_{н.к}$ ) по формуле:

$$N_{н.к} = (G_c - Y) \left( \frac{(b + \mu_{Г.К} \cdot h)}{a} + b + ((\mu_{Г.К} - \mu_{н.к}) \cdot h) \right). \quad (2.5)$$

Значение силы сцепления (трения) подсчитывается по формулам:

$$F_{Г.К} = \mu_{Г.К} \cdot N_{Г.К}; \quad (2.6)$$

$$F_{н.к} = \mu_{н.к} \cdot N_{н.к}; \quad (2.7)$$

где  $\mu_{Г.К}$  – суммарный коэффициент сцепления главных колёс с поверхностью ВПП при пробеге с торможением ( $\mu_{Г.К} = \mu_{сц} + \mu_0$ );  $\mu_0$  – коэффициент сцепления свободно катящегося колеса без торможения,  $\mu_{н.к} = \mu_0$ . Согласно руководству летной эксплуатации RRJ-95, а также руководящими документами по состоянию поверхности ВПП аэродромов, значения коэффициентов принимаются  $\mu_{сц} = 0,1$ ,  $\mu_{н.к} = 0,3$ ,  $\mu_{Г.К} = 0,4$ .

Подъёмная сила крыла определяется формулой:

$$Y = c_y \cdot \rho \cdot S_k \cdot \frac{V^2}{2}; \quad (2.8)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха у земли.

Сила аэродинамического сопротивления определяется по формуле:

$$Q_c = c_x \cdot \rho \cdot S_m \cdot \frac{V^2}{2}. \quad (2.9)$$

Далее для определения силы реакции аварийного устройства торможения необходимо определить работу данного устройства. Для этого определяются работы других слагаемых уравнения (2.3).

$$E_{F_{Г.К}} = F_{Г.К} \cdot L; \quad (2.13)$$

$$E_{F_{н.к}} = F_{н.к} \cdot L; \quad (2.14)$$

$$E_{Q_c} = Q_c \cdot L; \quad (2.15)$$

$$E_{T_d} = T_d \cdot (L - l) \cdot n_{дв}. \quad (2.16)$$

Тогда работа аварийного устройства торможения будет равна:

$$E_{T_{ты}} = \left( \frac{G_c}{g} \cdot \frac{V^2}{2} \right) + E_{T_d} - (E_{F_{Г.К}} + E_{F_{н.к}}) - E_{Q_c} = \quad (2.17)$$

По известной работе сила реакции аварийного устройства торможения находится по формуле:

$$F_{T_{ты}} = \frac{E_{T_{ты}}}{l_{ты} \cdot n_{ты}}; \quad (2.18)$$

где  $n_{\text{ту}}$  – количество аварийных устройств торможения,  $n_{\text{ту}} = 2$ .

Для случая захода самолета на посадку с нарушением глиссады, вследствие чего происходит перелет расчетной точки касания самолетом ВПП в уравнение (2.2) добавляется слагаемое  $E_{T_{\text{ту}}}$ , вследствие того, что значения других слагаемых уменьшатся в результате уменьшения длины пробега.

Работа силы реакции аварийного устройства торможения с учетом формулы (2.18) имеет вид:

$$F_{T_{\text{ту}}} = \frac{\left(\frac{G_c}{g} \cdot \frac{V^2}{2}\right) + (T_d \cdot (L_i - l) \cdot n_{\text{дв}}) - (F_{\text{г.к}} + F_{\text{н.к}} + Q_c) \cdot L_i - (T_p \cdot l \cdot n_{\text{дв}})}{l_{\text{ту}} \cdot n_{\text{ту}}} \quad (2.21)$$

Для случая пробега во время которого произошла неисправность колес одной из основных опор шасси в уравнение (2.2) добавляется слагаемое  $E_{T_{\text{ту}}}$ , вследствие того, что значение  $E_{F_{\text{г.к}}}$  в определенный момент дистанции уменьшится в 2 раза и появится еще одно слагаемое  $E_{F_{\text{г.к}} 2}$ .

Работа силы реакции аварийного устройства торможения с учетом формулы (2.18) имеет вид:

$$F_{T_{\text{ту}}} = \frac{\left(\frac{G_c}{g} \cdot \frac{V^2}{2}\right) + (T_d \cdot (L_i - l) \cdot n_{\text{дв}}) - (F_{\text{г.к}} \cdot (L - l_n)) - (F_{\text{н.к}} + Q_c) \cdot L_i}{l_{\text{ту}} \cdot n_{\text{ту}} - \frac{(T_p \cdot l \cdot n_{\text{дв}}) - \frac{F_{\text{г.к}} \cdot l_n}{2}}{l_{\text{ту}} \cdot n_{\text{ту}}}} \quad (2.26)$$

Исходя из формул (2.18), (2.21), (2.26) можно сделать заключение что величина силы реакции аварийного устройства торможения зависит от дистанции использования устройства.

При рассмотрении данного случая  $l_{\text{ту}} = L_i$  наблюдается зависимость силы реакции аварийного устройства торможения от длины пробега после перелета точки касания ВПП.

При рассмотрении данного случая  $l_{\text{ту}} = l_n$  наблюдается зависимость силы реакции аварийного устройства торможения от длины пробега с неисправностью колес одной из основных опор шасси.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Коконин С.С. Основы проектирования авиационных колёс и тормозных систем / С.С. Коконин, Е. И. Матвеевко, А. М. Крамаренко – М.: МАИ, 2007. – 263 с.

2 Шумилов И. С. Математическое моделирование системы торможения колёс шасси магистрального самолёта / И. С. Шумилов – Москва.: Известия МГТУ им. Н. Э. Баумана. Технические науки, 2016. – 18 с.

УДК 339.5:656.025.4

Белов Александр Константинович, студент; Belov Alexandr Konstantinovich  
Гунькова Ольга Владимировна, старший преподаватель;  
Gunkova Olga Vladimirovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЫНКА НЕФТЕПРОДУКТОВ В РОССИИ

### CURRENT STATE OF THE OIL PRODUCTS MARKET IN RUSSIA

**Аннотация.** В данной работе рассматривается современное состояние рынка нефтепродуктов Российской Федерации.

**Abstract.** This paper examines the current state of the oil products market in the Russian Federation.

**Ключевые слова:** нефтепродукты, добыча, экспорт, импорт.

**Keywords:** petroleum products, production, export, import.

Нефтепродукты (дизельное топливо, бензин, мазут) имеют большое значение в жизни человека, они обеспечивают нормальные условия существования населения, развития социальной, экономической жизни государства. Данная продукция имеет достаточно высокую долю в структуре экспорта России, за счет этого пополняется бюджет страны валютными средствами.

Ведущими производителями в Российской Федерации являются следующие компании: «Роснефть», «Лукойл», «Сибнефть», ТНК-ВР, «Сургутнефтегаз», ЮКОС, «Газпром», Урал Рахимов, ТАИФ, «Альянс».

Рынок нефтепродуктов включает в себя несколько сегментов: рынок потребительских товаров (50 – 55 % бензина реализуется предприятиям, 45 – 50 % частным потребителям), внутренний рынок продукции промышленного назначения и внешняя торговля. Положение дел во всех этих секторах экономики влияет на конъюнктуру рынка нефтепродуктов.

В России 2019 год показал рекорд по добыче нефти, а на фоне карантинных ограничений 2020 года, связанных с новой короновирусной инфекцией (COVID-19), добыча нефти снизилась почти на 9 %. Страны-экспортеры нефти, входящие в международную организацию ОПЕК+ договорились снизить добычу нефти, самые крупные квоты пришлось на Россию и Саудовскую Аравию.

Сейчас мировые запасы нефти можно оценить примерно в 240 миллиардов тонн. В мире достаточное количество стран, имеющих хорошо развитую нефтедобывающую промышленность. Самыми нефтедобывающими странами являются: Саудовская Аравия, Россия, США, Китай, Канада, Иран, ОАЭ, Ирак, Кувейт и Венесуэла. Всего три государства добывают чуть больше одной трети всей мировой нефти. В свою очередь, это позволяет им контролировать цены на «Чёрное золото».

Экспорт нефтепродуктов в 2019 г снизился на 5 % по сравнению с предыдущим годом. Это самый маленький показатель с 2013 г., но гораздо больше, чем в предшествовавшие годы.

Такие продукты, как бензол, кокс, битумы, воски и подобные, ведутся в статистике внешней торговли отдельно от основной продукции. В последнее время их экспорт резко увеличился, но в большей степени это связывают с целью обхода пошлин некоторых поставщиков.

Чуть больше половины выпускаемых в России нефтепродуктов (около 55 %) уходит на экспорт.

Основными потребителями российских нефтепродуктов являются следующие страны: Нидерланды (29,5 млн т), США (12,1 млн т), Мальта (9,3 млн т), Турция (8 млн т), Китай (7,9 млн т), Германия (5,7 млн т), Латвия (5,6 млн т), Республика Корея (5,2 млн т), Сингапур (5,1 млн т) и Дания (4,8 млн т).

Большое количество месторождений нефтепродуктов Российской Федерации расположено именно на Дальнем Востоке. Грамотное и своевременное освоение этого холодного края с помощью новейших технологий, позволит России нарастить капитал и сохранить свой суверенитет на «Мировой арене». Разработка нефтяных месторождений сопровождается улучшением инфраструктуры Дальнего Востока в целом, тем самым повышая уровень жизни дальневосточных граждан.

Прямо сейчас на Дальнем Востоке высокими темпами развивается нефтедобыча и нефтепереработка. Вся территорию можно условно разделить на два основных центра нефтедобычи – Якутск и Сахалин. Нефтеперерабатывающая промышленность в России – это организационная и очень разнообразная отрасль с точки зрения нефтегазового комплекса, обеспечивающая переработку около 50 % объема жидких углеводородов, добываемых в стране. Технологический уровень большинства предприятий, несмотря на проведенную в последние годы модернизацию, существенно уступает показателям развитых стран.

Самые низкие показатели сложности процесса и глубины переработки имеют заводы «Сургутнефтегаза», «Роснефть», «Альянс», а также Московский НПЗ. В то же время самый крупный нефтеперерабатывающий завод в стране Киришский НПЗ (сырьевые мощности – более 21 млн тонн) имеет самую низкую глубину переработки – чуть более 43 %.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Филимонова, И. Экспортная стратегия России. Структура и динамика поставок нефти и нефтепродуктов из РФ / И. Филимонова, В. Немов, И. Проворная, М. Мишенин. Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, Новосибирск: 2020. – 10 с.

2 Алексеева Л.А., Ломакина Н.С. Транспортировка нефти и нефтепродуктов из России на экспорт // Современные наукоемкие технологии. 2013 – № 8 – С. 111.

3 Бачерикова М.Л. Факторы развития экспорта российской сырой нефти в современных условиях // Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс». –2016.

УДК 656.13.072/.073

Белугин Олег Владимирович, студент; Belugin Oleg Vladimirovich

Гунькова Ольга Владимировна, старший преподаватель;

Gunkova Olga Vladimirovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СИСТЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ТЕХНИКИ КОМПАНИИ KOMATSU**

## **THE COMPANY'S EQUIPMENT TRANSPORTATION SYSTEM KOMATSU**

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию принципа перевозки самосвалов фирмы KOMATSU .

**Abstract.** This work is devoted to the study of the principle of transportation of dump trucks of the KOMATSU company.

**Ключевые слова:** самосвал, перевозка, доставка.

**Keywords:** dump truck, transportation, delivery.

Одним из крупнейших в мире производителей индустриального оборудования является японская машиностроительная компания Komatsu. В настоящее время данная организация является мировым лидером по производству строительной и горной техники.

Изготовление машин для горнодобывающих предприятий, строительной техники, промышленного оборудования и электроники – является основным видом деятельности компании Komatsu.

Компания Komatsu более 40 лет занимается поставками строительного оборудования в Россию. Бульдозеры и экскаваторы зарекомендовали себя как надежная и качественная техника. В России данная продукция применяется в строительстве газопроводов, добыче нефти, лесной отрасли, горнодобывающей промышленности.

Для машин Komatsu Россия стала сложным испытанием для техники. Техника Komatsu работает в суровых условиях Сибири, Дальнего Востока, заполярья. Для того, чтобы им противостоять, инженерами постоянно вносились и продолжают вноситься улучшения в конструкцию. В линейке техники Komatsu, благодаря её использованию в условиях низких температур, была разработана спецификация техники – 40 C<sup>0</sup>. В эту спецификацию входят модели техники, наиболее часто используемые в этих климатических условиях. Вся линейка техники, подходящая под такую спецификацию, подверглась серьезным доработкам, для обеспечения высокой производительности и бесперебойной работы. Без преувеличения можно сказать, что применение техники в России способствовало достижению новой ступени технического развития техники Komatsu.

Доставка тяжёлой техники, такой как самосвал с жёсткой рамой HD465-7R, со склада производителя или поставщика, например, в России перевозится по железной дороге. Эти самосвалы с недавнего времени производят, собирают и тестируют в г. Ярославль.

Если говорить о самосвалах с жесткой рамой с более высокой грузоподъемностью, которые производят в США, то эти машины так же проходят первоначальную сборку и испытания на заводе. После этого самосвал подвергается частичной разборке на составляющие.

К отправке техники морским путем, машины разбираются частично, к примеру, от самосвала остается рама с двигателем и трансмиссией.

Раму-«тело», и все элементы гидросистемы, электропроводки тщательно упаковывают полиэтиленом, чтобы уберечь от попадания влаги в процессе транспортировки. Остальные компоненты, такие как кабина, передняя и задняя подвеска, колеса, элементы электропроводки и гидросистемы после демонтажа тщательно упаковываются в деревянные ящики, ящики в свою очередь загружают в контейнеры.

Кузов самосвала поставляется отдельными элементами, которые после доставки на место сборки, подгоняются согласно технологии и свариваются специальными электродами. Электроды так же идут в комплекте с самосвалом.

После того, как «тело» самосвала и все компоненты в контейнерах готовы к отправке, перед погрузкой на судно происходит процесс определения центра тяжести каждого компонента. Это обязательное условие, так как вес некоторых компонентов доходит до 150 тонн и не всегда расположен в центре. Например, центр тяжести «тела» смещен к передней части рамы, где расположен двигатель. После погрузки и раскрепления груза, судно доставляет технику в порт места назначения, откуда ее можно транспортировать либо железной дорогой, либо колесным транспортом к месту сборки и эксплуатации.

Самую высокую цену транспортировки как раз составляет «тело» самосвала. Так как, например, на контейнер с комплектующими, можно установить еще несколько контейнеров, а на «тело» уже ничего ставить нельзя.

Технику Komatsu поставляют по всему миру. Основная поставка техники производится в Россию, страны СНГ, США, Европу, Азию.

Сроки поставки техники Komatsu для каждого заказчика довольно индивидуальны. Если речь идет о дорожно-строительной технике небольшого класса, доставка варьируется от двух до восьми месяцев. Если говорить о карьерной технике большого класса, то сроки доходят до 18-ти месяцев. Дело в том, что карьерная техника изготавливается для каждого заказчика индивидуально в определенном количестве в соответствии с заявкой от заказчика.

Технику Komatsu производят в России, США, Германии, Италии, Китае, Японии, Бразилии. На всех предприятиях, где производится техни-

ка в обязательном порядке, присутствуют на постоянной основе представители Komatsu из Японии. Они контролируют рабочий процесс и соблюдение всех этапов производства техники. Например, в городе Ярославль, для производства стрел экскаваторов РС-400, металлические части изготавливали по технологии Komatsu на заводе в г. Иваново. При очередной поставке заготовок контролеры выявили более высокие прочностные характеристики чем были указаны в технической документации. Был скандал, партию вернули и чуть не расторгли контракт с заводом в г. Иваново.

Главной особенностью политики компании Komatsu является то, что руководство компании решает какой завод изготовитель, в какой стране и какую технику будет изготавливать для заказчика.

Сборка техники малого класса осуществляется непосредственно на заводе, где она производится.

Перед отправкой заказчику при необходимости ее подвергают частичной разборке, для того, чтобы компоненты проходили по габаритам при транспортировке.

Крупногабаритную карьерную технику Komatsu перед отправкой к месту эксплуатации полностью собирают и тестируют на заводе. Только после проверки всех параметров ее вновь разбирают, упаковывают и отправляют заказчику.

На территории заказчика технику собирают квалифицированные бригады официального дилера через которого осуществлялся закуп техники. После сборки техники инженеры бригад по сборке техники тестируют ее и передают заказчику.

Так же специалисты от официального дилера осуществляют сопровождение техники на протяжении всего периода гарантии. Всю информацию о неисправностях и дефектах, возникших во время эксплуатации в суровых климатических условиях, передают непосредственно на завод изготовитель для внесения изменений в конструкцию, для ее улучшения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Организация перевозок и управление движением (по видам транспорта): Учебник для вузов / П. Ж. Жунисбеков, М. А. Кобдинов, А. Г. Схиртладзе, С. Е. Бекжанова. - Старый Оскол: Изд-во ТНТ, 2017; 2014. – 527 с.

2 Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем / Под ред. А.В.Кириченко. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Питер, 2004. – 505 с.

3 KOMATSU [Электронный ресурс]: Персональный сайт компании - Режим доступа: <https://www.komatsu.ru/>, свободный.

УДК 656.025

Беляев Дмитрий Викторович, студент; Belyaev Dmitrii Viktorovich  
Каменских Ираида Витальевна, кандидат физико-математических наук, доцент;  
Kamenskikh Iraida Vitalievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ТЕХНОЛОГИЯ ДОСТАВКИ ШИН ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

## TECHNOLOGY OF DELIVERY OF TIRES FOR THE ENTERPRISE

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию технологии доставки автомобильных шин.

**Abstract.** Research of car tire delivery technologies.

**Ключевые слова:** перевозка, автомобильные шины, транспортные схемы.

**Keywords:** transportation, car tires, transport schemes.

В настоящее время, когда на дорогах постоянно увеличивается число транспортных средств, возрастает интенсивность движения, проблема безопасности дорожного движения является одной из самых актуальных. Одним из главных элементов колеса, обеспечивающих безопасную эксплуатацию автомобиля, является автомобильная шина. Плохое качество дорожного покрытия приводит к быстрому износу резины, что обеспечивает стабильный спрос на данную продукцию.

Ежегодно с увеличением количества транспортных средств увеличивается потребность в автомобильных шинах. Из-за высокой стоимости автомобильных шин в торговой сети на Дальнем Востоке, покупка шин становится невыгодна для транспортного предприятия, и оно вынуждено покупать шины в регионах, где находятся заводы-изготовители данной продукции и где стоимость шин значительно ниже [1]. Доставка шин из этих регионов и последующая их реализация позволяет транспортному предприятию не только возместить понесенные затраты, но и получить прибыль от реализации шин на местном рынке. Рост потребности в автомобильных шинах автоматически ведет к росту объема требуемых перевозок. В Российской Федерации заводы-изготовители, производящие автомобильные покрышки, находятся в западных регионах (схема на рис. 1). Объемы выпускаемой ими продукции недостаточны для полного удовлетворения потребностей рынка, поэтому дополнительно приходится завозить в Россию шины от зарубежных изготовителей. Большая часть шин завозится из Европы, Японии, стран Юго-Восточной Азии. Крупнейшими поставщиками шин в Россию являются Китай, Таиланд, Индонезия, Малайзия.

Наиболее эффективной является перевозка шин в контейнерах. Для транспортировки шины укладываются в контейнер под углом в 30 градусов. При такой укладке практически не остается свободного пространства, что позволяет разместить большой объем изделий.



Рисунок 1 – Доставка из г. Липецк (п. Казинка)  
в г. Комсомольск-на-Амуре

При транспортировке шины необходимо оберегать от высокой температуры, исключая контакты изделий с веществами, относящихся к минеральным маслам, растворителям, кислотам, щелочам и выступающим частям конструкций. Для транспортировки покрышек с камерами, необходимо предварительно выполнить обработку внутренней части покрышек, используя тальк или специальную смазку, далее камеры заполнить воздухом. Перевозка контейнеров осуществляется на железнодорожной платформе или на полуприцепах контейнеровозов. При перевозке из любой удаленной страны транспортировка осуществляется по морю. Благодаря низким тарифам и возможности одновременного перемещения больших объемов грузов доставка морскими судами очень привлекательна, но владельцу придется заплатить таможенную пошлину.

Завозят как новые, так и бывшие в употреблении (б/у) шины. Существует ряд ограничений для ввоза шин б/у:

- существует запрет на ввоз и таможенную очистку б/у шин без лицензии в РФ, поскольку их можно классифицировать как опасные отходы;
- при установке такой покрышки на диск, то есть в виде колеса, провоз возможен, и это будет уже таможенная очистка колеса в сборе или комплектом.

Проанализировав возможность закупки шин марки Yokohama, которую выбрал потребитель, из Японии и с завода в России, пришли к выводу, что рентабельнее закупать и транспортировать внутри страны.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Компания «ЙОКОХАМА Р.П.З.» : LLC «YOKOHAMA RPZ» : сайт. – Липецк, 2012. – . – URL:<https://yokohama-rpz.ru/info> (дата обращения: 08.04.2021).

УДК 621.311

Бугаев Михаил Иванович, студент; Bugaev Mikhail Ivanovich

Шаломов Вячеслав Иванович, канд. техн. наук, доцент;

Shalomov Vyacheslav Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА МОДЕРНИЗАЦИИ ТУРБИНЫ Т-100-130 ХАБАРОВСКОЙ ТЭЦ-1**

### **JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE METHOD OF MODERNIZATION OF THE TURBINE T-100-130 OF THE KHABAROVSK CHPP-1**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены возможные способы модернизации цилиндра высокого давления паровой турбины Т-100-130.

**Abstract.** In this article, possible ways of modernization of the high-pressure cylinder of the T-100-130 steam turbine are considered.

**Ключевые слова:** теплофикационная турбина, параметры пара, мощность, регулирующая ступень, тепловая экономичность.

**Keywords:** cogeneration turbine, steam parameters, power, control stage, thermal efficiency.

Теплоэлектроцентраль «Хабаровская ТЭЦ-1» (ХТЭЦ-1) филиала «Хабаровская генерация» АО «Дальневосточная генерирующая компания» (АО «ДГК») – станция с поперечными связями. В составе ХТЭЦ-1 находятся три турбины семейства Т-100. Две турбины Т-100-130 стационарные: № 7 (ввод в строй в 1967 г.) и № 8 (ввод в строй в 1969 г.) и одна турбина Т-100/120-130 (ввод в эксплуатацию в 1972 г.). При паровом ресурсе 220 тысяч часов наработка турбин составляет: ТГ-7 – 374119 часов, ТГ-8 – 350620 часов, ТГ-9 – 330273 ч. В связи с выработкой ресурса, устаревшие турбоустановки (ТУ) нуждаются в реконструкции или замене на новые. Теплофикационная турбина Т-100-130 имеет три цилиндра, у которой частота вращения ротора 3000 об/мин и двумя отопительными отборами. Все технические показатели ТУ Т-100-130 приведены в таблице 1.

Распоряжением главного инженера Хабаровской ТЭЦ-1 от 13.06.2000 г., начальные параметры были изменены – давление свежего пара  $p_1 = 12,26$  МПа, температура свежего пара  $t_1 = 540^\circ\text{C}$ .

В цилиндре высокого давления (ЦВД) размещается двухвенечная ступень скорости и восемь ступеней давления, в цилиндре среднего давления (ЦСД) – 14 ступеней давления. В цилиндре низкого давления (ЦНД) в каждом потоке размещается регулирующая ступень и ступень давления. Также в таблице 1 представлена краткая техническая характеристика турбин семейства Т-100. Обратим внимание на показатели, которые способствуют повышению мощности и тепловой экономичности турбин.

Таблица 1- Технические показатели турбин семейства Т-100

Параметры	Марка турбины			
	Т-100-130	Т-100/120-130	Т-110/120-130	Т-120/130-130
Номинальная мощность, МВт	100	100	110	123
Максимальная мощность, МВт	120	120	120	130
Давление свежего пара, МПа	12,8	12,8	12,8	12,8
Температура свежего пара, °С	565	555	555	555
Номинальный расход пара, т/ч	441	441	480	520
Максимальный расход пара, т/ч	460	465	485	525
Тепловая нагрузка номинальная, МВт	186	203	203	218,6
Давление в конденсаторе, кПа	3,5	5,5	5,3	3,9
Средний внутренний КПД проточной части, %	74,2	78,6	81,3	87,9
Тип регулирующей ступени	Двухвенечная	Двухвенечная	Двухвенечная	Одновенечная

Из таблицы видно, что увеличение мощности происходит за счёт повышения расхода пара и понижения давления в конденсаторе, а также использования новых технических решений по модернизации проточной части турбин. Рост среднего относительного внутреннего КПД между ТУ Т-100-130 и Т-120/130-130 составил 13,7% в абсолютном выражении.

Полный объем реновации и комплексной модернизации, предлагаемый Уральским турбинным заводом, включает в себя следующие мероприятия:

- 1) замена ЦВД и элементов проточной части ЦСД;
- 3) повышение эффективности стопорного клапана и регулирующих клапанов цилиндра высокого давления;
- 4) замена пароподводящих труб высокого и среднего давления;
- 5) замена полугибких муфт жесткими муфтами;
- 6) повышение производительности системы дренирования ЦСД и ЦВД;
- 7) снижение воздействия вибрации на элементы ТУ;
- 8) улучшение системы автоматического регулирования.

Наилучшим методом совершенствования турбины является замена ЦВД и уплотнений турбины. В новом ЦВД предусматривается одновенечная регулирующая ступень вместо двухвенечной.

В двухвенечной ступени скорости (рисунок 1) не изменяется давление свежего пара при его течении в каналах лопаток, а происходит изменение скорости пара. Ступени скорости способны срабатывать значительные тепловые перепады с относительно высоким КПД. Эта технология чаще всего используется во вспомогательных машинах.

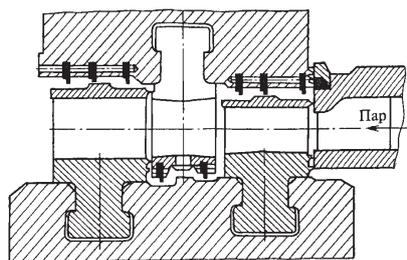


Рисунок 1 - Двухвенечная ступень скорости

При использовании одновенечной ступени скорости (рисунок 2) уменьшается число нерегулируемых ступеней, вследствие чего сокращается металлоемкость и стоимость всей турбины. При этом уменьшается температура и давление пара перед нерегулируемыми ступенями, что позволяет использовать низколегированные стали. Также можно снизить утечки пара через переднее концевое уплотнение и у первой нерегулируемой ступени увеличить высоту лопаток. Характеристики этой ступени оказывают существенное влияние на конструкцию, число ступеней и КПД всей турбины.

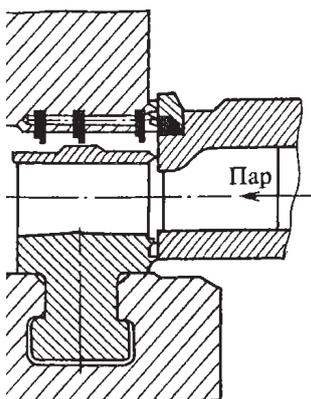


Рисунок 2 - Одновенечная ступень скорости

Вывод: применение одновенечной регулирующей ступени приведёт к повышению мощности и внутреннего относительного КПД ЦВД, что в целом повлияет на мощность и тепловую экономичность всей ТУ. А комбинация одновенечной ступени с сопловым парораспределением позволит модернизированной турбине Т-100-130 не только стабильно работать на переменных режимах, но и снизить расход топлива за год в среднем на 4%.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Баринберг Г.Д., Валамин А.Е. Теплофикационные паровые турбины Т-120/130-12.8 с промежуточным перегревом пара // Теплоэнергетика. 2008. № 8. С. 9-2.

2 Паровые теплофикационные турбины ЗАО УТЗ Т-120/130-12.8 и ПТ-100/130-12.8/1,0 для замены турбин семейства Т-100 / Г.Д. Баринберг, А.Е. Валамин, Ю.А. Сахнин, А.Ю. Култышев // Теплоэнергетика. 2011. № 1. С. 9-11.

3 Модернизация паровых теплофикационных турбин Т-100/110-12.8 / А.Е. Валамин, Ю.А. Сахнин, В.Б. Новоселов, А.А. Ивановский // Теплоэнергетика. 2009. № 9. С. 30-34.

УДК 621.311

Будаев Дмитрий Игоревич, студент; Budaev Dmitry Igorevich

Шаломов Вячеслав Иванович, канд. техн. наук, доцент;

Shalomov Vyacheslav Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ВЫБОР СПОСОБА ОХЛАЖДЕНИЯ КОНДЕНСАТОРА ПАРОТУРБИНОЙ УСТАНОВКИ ТЭС В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

### **SELECTION OF THE METHOD FOR COOLING THE CONDENSER OF THE STEAM TURBINE PLANT OF A TPP IN THE CONDITIONS OF THE FAR EAST**

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются возможные способы охлаждения конденсаторов паротурбинных установок ТЭС, работающих в условиях Дальнего Востока.

**Abstract.** This article discusses possible ways to cool the condensers of steam turbine units of CHP operating in the Far East.

**Ключевые слова:** тепловая электростанция, паровая турбина, способы охлаждения конденсаторов, градирня, тепловая эффективность.

**Keywords:** thermal power plant, steam turbine, condenser-cooling methods, cooling tower, thermal efficiency.

Советско-Гаванская ТЭЦ – тепловая электростанция в городе Советская Гавань, Советско-Гаванского района, Хабаровского края. Одна из самых современных электростанций России, введена в эксплуатацию в 2020 году. ТЭЦ представляет собой тепловую паротурбинную электростанцию с поперечными связями, предназначенную для комбинированной выработки электроэнергии и тепла. Установленная мощность электростанции – 126 МВт, проектная среднегодовая выработка электроэнергии – 630 млн.кВт·ч.

На станции установлены две теплофикационные турбины типа Т-63-12,8 с номинальной мощностью 63 МВт каждая. Расчётная температура охлаждающей воды 20 °С. Для конденсации отработавшего в турбине пара предусмотрен двухходовой двухпоточный конденсатор типа КП-3000-3. Конденсатор турбины предназначен для работы на пресной воде, охлаждение происходит по оборотной схеме при помощи закрытой вентиляторной градирни СВГ-324-3. Градирня представляет собой теплообменник с принудительной вентиляцией, работающий по принципу противотока воды и воздуха.

Рассмотрим альтернативные способы охлаждения конденсаторов ПТУ, также использующиеся на электростанциях Дальневосточного региона, такие как прямоточное охлаждение морской водой, обратное охлаждение с башенной мокрой градирней и сухой градирней. Сопоставим достоинства и недостатки систем охлаждения и выясним, какой из способов

охлаждения будет наиболее эффективным в дальневосточных климатических условиях.

**Прямоточная система водоснабжения.** Прямоточная система охлаждения обычно позволяет получить наиболее низкую температуру воды и наиболее глубокий вакуум в конденсаторах при относительно недорогих гидротехнических сооружениях. При прямоточной системе охлаждения вода проходит через конденсатор турбины однократно, причем забор воды из реки производится обязательно из створа, расположенного выше по течению, чем сброс воды.

Можно отметить следующие преимущества прямоточных систем: достижение наивысшей энергетической эффективности выработки энергии и связанное с этим снижение выбросов в окружающую среду загрязняющих веществ и тепла; простота, надежность и безопасность; дешевизна.

Отмечаются и негативные воздействия прямоточных систем на окружающую среду: вариант аварийного попадания масел в водоёмы, вероятность гибели рыбы и водных организмов на водозаборах охлаждающей воды (если они недостаточно защищены); воздействие тепла на водную среду. Примером применения прямоточной системы является Майская ГРЭС в Хабаровском крае, на которой для охлаждения конденсаторов используется морская вода, температура которой даже летом не превышает 9-10 °С.

**Башенные градирни.** Благодаря своей эффективности, дешевизне и простоте обслуживания башенные градирни используются на большинстве крупных электростанций, где требуется охлаждение больших объемов воды в оборотных системах.

Такое охлаждающее устройство представляет собой вытяжную высокую башню – поэтому и название у этого типа градирен такое, в которой необходимая тяга воздуха создается самопроизвольно, без применения дополнительного оборудования.

Преимущества: экономичность в работе – при эксплуатации таких сооружений не требуется электроэнергия; высокая эффективность при простоте использования и обслуживания; большой срок эксплуатации.

Недостатки: относительная дороговизна строительства и необходимость выделения площади под строительство. В Дальневосточном регионе башенные градирни используются в составе таких мощных электростанций как Хабаровская ТЭЦ-3 и Комсомольская ТЭЦ-3 АО «Дальневосточная генерирующая компания».

**Сухие градирни.** Для максимально возможной экономии дорогостоящих жидкостных теплоносителей в местах, где этот ресурс дефицитен и/или труднодоступен, на станциях используют такие охлаждающие установки как сухие градирни. В них рабочая жидкость циркулирует в замкнутом пространстве труб, обдуваемых потоками воздуха.

Так как рабочая жидкость не вступает в непосредственный контакт с воздухом и находится в герметичном контуре, ее потери практически невозможны. Ее объем на выходе из градирни остается таким же, как и на входе.

Герметичность радиаторов обеспечивает также надежную защиту от загрязнения.

Преимущества: высокая экономичность использования теплоносителя; соблюдение чистоты теплоносителя; отсутствие коррозионных процессов внутри градирни.

Недостатки: высокая стоимость; большие размеры; низкая эффективность охлаждения; возможность замерзания жидкости в теплообменнике при отрицательных температурах; необходимость дополнительных энергозатрат. Сухая башенная градирня установлена на новой Сахалинской ГРЭС-2, принятой в эксплуатацию в 2019 году.

Приведем данные для сравнения эффективности рассмотренных способов охлаждения ПТУ (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели различных типов систем охлаждения

Показатель	Система технического водоснабжения			
	Прямоточная	Оборотная		
		Башенная	Вентиляторная градирня	Сухая градирня
Среднегодовая температура охлаждающей воды, °С	11	22	20	31
Давление в конденсаторе, кПа	3,4	6,3	4,8	10

Судя по приведённым данным, наиболее эффективным будет прямоточное охлаждение, так как оно обеспечивает более глубокий вакуум в конденсаторе. Чем ниже давление в конденсаторе, тем меньше температура холодного источника в цикле ПТУ. В связи с чем, термический КПД цикла будет выше. Как известно, понижение давления в конденсаторе повышает мощность турбоустановки.

За многолетний опыт эксплуатации на Майской ГРЭС не произошло ни одного случая загрязнения акватории Охотского моря или причинения ущерба морским обитателям. Но, в связи с требованиями государства к экологичности проектируемых электростанций, прямоточное охлаждение является неприемлемым, а выбор энергетически эффективной оборотной системы охлаждения определяется в основном температурами атмосферного воздуха в районах строительства и эксплуатации новых электростанций.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пономаренко В. С., Арефьев Ю. И. Градирни промышленных и энергетических предприятий: Справочное пособие / Под общ. ред. В. С. Пономаренко. М.: Энергоатомиздат, 1998. — 376 с

2 Бродов Ю.М., Савельев Р.З. Конденсационные установки паровых турбин: учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1994. 288 с.

3 Теплообменные аппараты технологических подсистем паротурбинных установок: энциклопедический справочник / Бродов Ю.М., Аронсон К.Э., Рябчиков А.Ю., Ниренштейн М.А./ под общ. ред. Ю.М. Бродова. Екатеринбург: УрФУ, 2013. 401 с.

УДК 519.8:629.5.01

Бурменский Андрей Дмитриевич, магистрант;

Burmenskiy Andrey Dmitrievich

Гордин Сергей Александрович, кандидат технических наук, доцент;

Gordin Sergey Alexandrovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОБОБЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНТЕЙНЕРОВОЗОВ АКТИВНОГО ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ**

### **GENERALIZED MATHEMATICAL MODEL OF OPTIMIZATION DESIGN OF CONTAINER CARRIERS FOR ACTIVE ICE NAVIGATION**

**Аннотация.** В работе рассматриваются вопросы проектирования контейнеровозов, предназначенных для эксплуатации на транзитных линиях Северного морского пути. Приведена обобщенная математическая модель оптимизационного проектирования контейнеровозов активного ледового плавания. Дана краткая характеристика каждого блока математической модели.

**Abstract.** The article deals with the design issues of container ships intended for operation on the transit lines of the Northern Sea Route. A generalized mathematical model of the optimization design of container ships for active ice navigation is presented. The characteristics of each block of the mathematical model are given.

**Ключевые слова:** Северный морской путь, контейнеровоз, математическая модель проектирования.

**Keywords:** Northern Sea Route, containership, mathematical design model.

Недельная остановка работы Суэцкого канала в результате его перекрытия суперконтейнеровозом «Ever Given», возобновила дискуссию о диверсификации грузопотоков между странами Европы и Юго-Восточной Азии, чтобы не быть заложниками одного магистрального пути. И не только в теоретическом плане, но и в практическом. Транзит контейнерного грузопотока через территорию России в эти дни вырос на 14%. Китай продолжает развитие своей грандиозной инфраструктурной программы «Один пояс – один путь», переименовав ее в «Пояс и дорога», нацелившись на развитие множества транспортных коридоров.

Обратно в новостных и аналитических источниках был поднят вопрос об использовании транспортных маршрутов Северного морского пути (СМП) в качестве альтернативного транспортного коридора.

Нельзя сказать, что данная тема новая. Уменьшение ледовитости Арктики, наблюдаемое в XXI веке, позволило говорить о реальности организации транзитного контейнерного коридора по СМП. Также этому способствовала интенсификация освоения арктического шельфа Россией, что

потребовало развитие как инфраструктуры СМП, так и обновление флота атомных ледоколов.

За последнее десятилетие разными научно-исследовательскими и проектными организациями предложен ряд проектов контейнеровозов активного ледового плавания, предназначенных для эксплуатации на транзитных линиях СМП (рисунок 1). Были проведены исследования отдельных вопросов экономической эффективности данных транзитных линий. Широко ведутся исследования отдельных функциональных качеств транспортных судов активного ледового плавания, направленных, в первую очередь, на транспортное обеспечение вывоза углеводородов с шельфовых месторождений Арктики. Однако в комплексных исследованиях именно контейнерных Арктических транзитных линий ощущается недостаток.

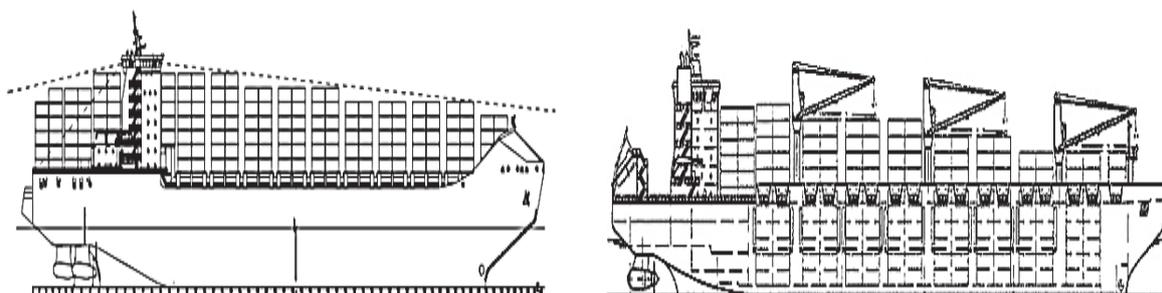


Рисунок 1 – Проекты контейнеровозов компаний «МИБ» и «Aker Arctic»

Главной особенностью транзитных линий в Арктике является их двухрежимный режим эксплуатации. Начальные и конечные плечи транзитного маршрута пролегают по чистой воде. Центральная часть маршрута большее время года имеет ледовый покров. Этот двухрежимный характер эксплуатации предъявляет к контейнеровозам сложные и противоречивые требования. С одной стороны, для сокращения времени рейса контейнеровозы должны обладать достаточно большой скоростью за счет высоких мореходных качеств. С другой стороны, для возможности эксплуатации в Арктических районах (в ледовых условиях) контейнеровозы должны иметь ледовые подкрепления и особую форму корпуса, что снижает эксплуатационные качества судна для режима плавания на открытой воде.

Решение данной компромиссной задачи может лежать как в организационной, так и технической области. Первое, путем обустройства перевалочных пунктов (хабов) по границам «ледового» участка транзитного маршрута. Второе, оптимальное сочетание ходовых качеств объектов транспортного процесса, а именно ледопробиваемости и ходкости на чистой воде ледовых контейнеровозов. Одной из основных задач по организации транзитных транспортных линий СМП является разработка методики и математической модели проектирования контейнеровозов активного ледового плавания.

Разработка математической модели проектирования контейнеровозов для СМП основывается на постановке задачи проектирования, как экстремальной задачи программирования.

В общем случае ее можно сформулировать следующим образом. Для заданного вектор исходных данных  $C$ , найти такой вектор оптимизируемых переменных  $X$ , для которого выполняются все требования  $A(C)$  к функциональным качествам контейнеровоза  $G(X, C)$ , а также критерий эффективности  $Z$  достигает своего экстремального значения

$$Z = \text{extr} \{Z(X, C)\},$$

при этом на элементы вектора оптимизируемых переменных  $X$  накладываются ограничения вида

$$(x_i)_{\min} \leq x_i \leq (x_i)_{\max},$$

а требования к функциональным качествам формулируются в виде балансов и дисбалансов

$$G_j(X, C) \geq A_j(C), G_j(X, C) = A_j(C).$$

Обобщенная математическая модель задачи оптимизационного проектирования может быть представлена в виде следующей блок-схемы (рисунки 2).



Рисунок 2 – Обобщенная математическая модель оптимизационного проектирования контейнеровоза

Ниже приведена краткая характеристика расчетных блоков математической модели оптимизационного проектирования контейнеровозов активного ледового плавания.

*Блок формирования общего расположения.* В данном расчетном блоке на основе размеров трюмного штабеля (количество рядов по ширине  $n_{кр}$  и ярусов  $n_{я}$ ). При этом определение длины контейнеровоза проводится на основе совместного решения уравнения длины и вместимости.

*Блок решения уравнения плавучести.* В данном блоке проводится определение осадки на основе решения уравнения нагрузки. Особенностью данного уравнения является то, что часть составляющих уравнения определяется на основе структурного и расчетного моделирования. На каждой итерации процесса решения уравнения нагрузки известно текущее расчетное значение осадки  $T$ . Это позволяет рассчитывать значения масс эквивалентного бруса с учетом требований к общей прочности, а также определять мощность судового энергетического комплекса на основе расчетов ходкости.

*Блок расчета вместимости.* В данном блоке проводится окончательная расстановка контейнеров в грузовых зонах и определяются координаты их центров тяжести. Также в этом блоке рассчитываются геометрические параметры балластных цистерн.

*Блок расчета остойчивости.* В данном блоке рассчитываются параметры начальной остойчивости, критерия погоды, остойчивости на больших углах крена, в том числе с учетом обледенения судна. Начальная остойчивость обеспечивается методом балластировки судна при постоянной осадке за счет снятия верхних ярусов контейнерного груза, при несоблюдении требований предъявляемых к ней.

*Блок расчета непотопляемости.* Проверка непотопляемости проводится на основе проверки расстановки переборок, а также расчета минимального значения надводного борта на основе Правил о грузовой марке.

*Блок расчета критерия эффективности.* В качестве критерия эффективности предлагается использовать критерий сравнительной эффективности, например критерий необходимой фрахтовой ставки. Расчеты параметров транспортной системы рассчитываются на основе имитационного моделирования.

В качестве алгоритма оптимизации в задаче проектирования контейнеровозов активного ледового плавания предлагается использовать алгоритмы случайного поиска. Данный алгоритм позволяет сократить количество итераций, а также может применяться при любых типах функций критерия эффективности, ограничений и переменных.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гайкович, А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т. 1. Описание системы «Корабль» / А. И. Гайкович. – СПб.: Изд-во НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. – 819 с.

2 Тарануха, А. Н. Безлюковые контейнеровозы / А. Н. Тарануха, А. Д. Бурменский. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 249 с.

УДК 629.542.2

Волков Владислав Александрович, студент; Volkov Vladislav Alexandrovich  
Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;  
Burmenskiy Andrey Dmitrievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УНИВЕРСАЛЬНОГО СУХОГРУЗНОГО СУДНА «VECHTBORG»**

### **ARCHITECTURAL FEATURES OF THE UNIVERSAL DRY CARGO SHIP «VECHTBORG»**

**Аннотация.** Данная работа посвящена анализу архитектурно-конструктивных особенностей универсального сухогрузного судна «Vechtborg». В статье приведены проектные характеристики судна и дано описание его архитектурных особенностей.

**Abstract.** This work devoted to the analysis of the architectural and design features of the universal dry-cargo vessel: «Vechtborg». The article presents the design characteristics of the vessel and gives description its architectural features.

**Ключевые слова:** универсальное сухогрузное судно, проектные характеристики, архитектурно-конструктивные особенности.

**Keywords:** universal dry cargo vessel, design characteristics, architectural and constructive features.

Универсальное сухогрузное судно (УСС) является самым массовым типом судов, хотя по суммарному дедвейту они уступают балкерам, танкерам и контейнеровозам. Это связано с тем, что для современных УСС не превышает 10-12 тыс. тонн. Суда данного типа, по сути, являются «рабочими лошадками» морского торгового флота. Наряду с линейными перевозками УСС обслуживают линии с малым или нестабильным грузопотоком, на которых эксплуатация специализированных судов нерентабельна. УСС предназначены для перевозки большой номенклатуры грузов: от тарно-штучных до массовых, от контейнеризированных до крупногабаритных и тяжеловесных грузов.

К заданному типу судов относится теплоход «Vechtborg» (рисунок 1). УСС «Vechtborg» дедвейтом 8700 т. является первым в серии из шести судов построенных на верфи «Volharding» в городе Харлиген страна Нидерланды, для судовой компании «Wagenborg».

Судно «Vechtborg» имеет неограниченный район плавания и ледовые усиления, обеспечивающие его круглогодичную эксплуатацию в замерзающих районах Балтийского моря и аналогичных им.

По архитектурно-конструктивному типу УСС «Vechtborg» представляет собой стальное однопалубное одновинтовое судно, с баком и ютом, кормовым расположением жилой рубки, рулевой рубки и машинного от-

деления, бульбовой носовой и транцевой кормовой оконечностями. Судно оборудовано двойным дном и двойными бортами в районе грузовых трюмов, машинного отделения. Корпус судна имеет продольную систему набора.



Рисунок 1 – Универсальное сухогрузное судно «Vechtborg»

Грузовое пространство судна разделено диваном на два трюма. Размеры трюмов кратны размерам стандартных морских контейнеров и обеспечивают загрузку 264 20-ти футовых контейнеров (TEU) в 14 штабелей при максимальном размере штабеля – 5 контейнеров по ширине трюма в 4 яруса. Палубная контейнероёмкость судна – 288 TEU.

Таблица 1 – Основные проектные характеристики

Характеристика	Значение
Длина между перпендикулярами, м	123,84
Ширина, м	15,87
Высота борта, м	9,65
Осадка, м	7,05
Мощность ГД, кВт	3960
Скорость, узл.	15

Люки грузовых трюмов оборудованы люковыми крышками понтонного типа, снятие которых обеспечивается судовым козловым краном, который перемещается вдоль непрерывного комингса люков. УСС «Vechtborg» относится к современным «твиндекерам», у которых верхнее грузовое пространство в трюмах формируется из съёмных панелей понтонного типа и которые играют роль твиндечной палубы. Это позволяет регулировать высоту грузовых пространств, при транспортировке различных грузов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Судно «Vechtborg». – Раздел сайта компании «Wagenborg». – URL : [www.wagenborg.com/ships/vechtborg](http://www.wagenborg.com/ships/vechtborg) (дата обращения 10.04.2021).

2 «Vechtborg» // Schip&Werf de Zee. –1998. – December. – С. 24-26.

УДК 629.544

Гончаров Александр Сергеевич, студент; Goncharov Alexander Sergeevich  
Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;  
Burmenskiy Andrey Dmitrievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНТЕЙНЕРОВОЗА «FESCO ASKOLD»**

### **ARCHITECTURAL FEATURES OF THE «FESCO ASKOLD» CONTAINER SHIP**

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены архитектурные особенности контейнеровоза «Fesco Askold». Приведены проектные характеристики судна, а также описано его общее расположение.

**Abstract.** This work examines the architectural features of the Fesco Askold container ship. The design characteristics of the vessel are given. The general location of the vessel is described.

**Ключевые слова:** контейнеровоз, общее расположение, проектные характеристики.

**Keywords:** container ships, general location, design characteristics.

В настоящее время большинство генеральных грузов перевозится в контейнерах на специализированных судах – ячеистых контейнеровозах. Для отечественного рынка морских контейнерных перевозок характерна фидерная схема грузопотока. Лидером на рынке отечественных контейнерных перевозок является международная транспортная компания «Fesco».

В состав флота «Fesco» входят 11 контейнеровозов. Одним из таких грузовых судов является фидерный контейнеровоз «Fesco Askold» (Рисунок 1). Судно стало вторым в серии из четырех фидерных контейнеровозов, построенных китайской верфью «CSC Jinling Shipyard» для Дальневосточного морского пароходства. Спуск судна на воду состоялся в 2006 году. «Fesco Askold» построен по типу контейнеровозов Victoria Strait проекта CS1100+. В период с 2002 по 2009 год было построено 70 контейнеровозов этого типа.

«Fesco Askold» – судно неограниченного района плавания, что позволяет ему совершать рейсы в любой части планеты по чистой воде в любое время года за исключением замерзающих морей, так как ледовый класс судна Ice1 ограничивает его перемещение эпизодическими плаваниями в мелкобитом разреженном льду неарктических морей толщиной до 0,4 м.

Судно имеет высокий класс автоматизации AUT1, что позволяет эксплуатацию механической установки без постоянного присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях и в центральном посту управления.

Общая грузоподъемность контейнеровоза «Fesco Askold» составляет 1022 единицы стандартных двадцатифутовых ISO-контейнеров. Кроме того, имеется возможность перевозить до 220 рефрижераторных контейнеров.



Рисунок 1 – Контейнеровоз «Fesco Askold»

Таблица 2 – Проектные характеристики контейнеровоза

Характеристика	Значение
Длина наибольшая, м.	148
Длина по КВЛ, м.	140,3
Ширина, м.	23,25
Высота, м.	11,5
Осадка, м.	7,3
Дедвейт для проектной осадки, т	10 400
Скорость, уз.	19,5

По архитектурно-конструктивному типу «Fesco Askold» представляет собой одновинтовое однопалубное судно со стальным корпусом без цилиндрической вставки. Для обеспечения необходимой жесткости корпус судна имеет двойные борта и двойное дно. Судно имеет бульб в носу, а также корму транцевого типа. Как и все контейнеровозы «Fesco Askold» имеет большое раскрытие палубы. Грузовое пространство корпуса судна разделено поперечными переборками и диванками на пять грузовых трюмов. При этом грузовые трюмы №3 и №4 делятся блоками ячеистых конструкций на две грузовые зоны. Все грузовые трюмы и зоны кратны 40-футовым контейнерам. Все грузовые люки оборудованы люковыми крышками понтонного типа. Более 60% контейнеров перевозятся на крышках люковых закрытий и на палубе в районе над машинным отделением. Складирование палубных контейнеров по ширине судна обеспечивается от борта до борта за счет установленных палубных опор в районе двойных бортов. Это позволяет перевозить на палубе судна на два ряда больше контейнеров, чем в трюме.

Для загрузки и выгрузки контейнеров на палубе судна имеется два погрузочных крана фирмы Liebherr модели SWL 40. Краны установлены

между люков, имеют максимальную грузоподъемность 40 тонн и вылет стрелы 29,5 метров. Вылет стрелы позволяет осуществлять грузообработку по всему грузовому пространству контейнеровоза.

В кормовой части судна располагается машинное отделение с главным и вспомогательным двигателями. Главным двигателем судна является среднеоборотный четырёхтактный дизельный двигатель фирмы MAN B&W модели 7L58/64 мощностью 9480 кВт. Он не уступает аналогичным малооборотным двигателям работой на тяжелых видах топлива, легко обслуживается, не требует частого ремонта, а также может обслуживаться сокращенным экипажем.

В надстройке юта размещены провизионные, кладовые белья и инвентаря, прачечная, сауна, помещения машинного отделения и аварийного генератора, станция CO<sub>2</sub>. На палубе юта размещена шестиярусная надстройка, в которой размещены кладовые, камбуз, госпиталь, вентиляторная, кают-компания и рулевая рубка. Для командного состава судна на пятом и четвертом ярусе имеются одноместные каюты капитана, главного инженера, первых и вторых офицеров и инженеров. На втором и третьем ярусе имеются одноместные каюты боцмана, лоцмана, механика и главного электрика. Для остальных членов экипажа предусмотрены двухместные каюты. На первом и втором ярусе надстройки имеются устройства аварийного сброса спасательных шлюпок в случае чрезвычайных ситуаций.

Для несения сигнально-отличительных огней, фигур и радионавигационного оборудования на судне устанавливаются носовая и кормовая мачты. Носовая мачта расположена на палубе бака, кормовая мачта расположена на крыше шестого яруса надстройки.

На палубе бака размещен брашпиль, якорное и швартовое устройство, буксирный кнехт.

В заключении следует отметить, что рассмотренный тип контейнеровозов является одним из востребованных на отечественном рынке морских контейнерных перевозок.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Бурменский, А. Д. Развитие отечественного контейнерного флота / А. Д. Бурменский // Морские интеллектуальные технологии. – 2014. – № 1 (23). – С. 28-33.

2 Контейнеровоз 1100TEU (головное судно) "MILD CHORUS" // sdari.cssc.net.cn: официальный сайт Шанхайского института исследований и проектирования кораблей. – Раздел сайта «Продукция», подраздел «Контейнеровозы». – URL: [http://sdari.cssc.net.cn/component\\_product\\_center/news\\_detail.php?id=116](http://sdari.cssc.net.cn/component_product_center/news_detail.php?id=116) (дата обращения 09.04.2021).

3 Container Ship Register: справочно-информационный портал. – URL: <http://www.containershipregister.nl> (дата обращения 09.04.2021).

УДК 621.316.7, 681.5.03, 681.518

Гордин Сергей Александрович, кандидат технических наук;

Gordin Sergey Aleksandrovich

Попов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук; доцент;

Popov Aleksey Yurevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ СОПРЯЖЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГОРЕНИЯ

## ON THE APPLICATION OF CONJUGATE DIRECTION METHODS FOR FINDING OPTIMAL CONTROL OF THE FUEL COMBUSTION PROCESS

**Аннотация.** Данная работа посвящена вопросу эффективности применения методов сопряженных направлений и алгоритмов на их основе для поиска оптимального управления процессом горения топлива в твердотопливных котлах по критерию минимума потерь.

**Abstract.** This paper is devoted to the efficiency of the application of the methods of conjugate directions and algorithms based on them for search optimal control of the fuel combustion process in solid fuel boilers according to the minimum loss criterion.

**Ключевые слова:** численные методы; метод сопряженных направлений; минимизация потерь; эффективность; управление.

**Keywords:** numerical methods; conjugate direction method; loss minimization; efficiency; control.

Методы сопряженных направлений и алгоритмы на их основе позволяют осуществлять поиск минимума выпуклой квадратичной функции  $f(x)$  за конечное число шагов процесса, не превосходящего  $n$  [1], т.е. осуществить поиск минимума выпуклой функции через последовательность

$$x_{k+1} = x_k - \alpha_k \cdot p_k; k = 0, 1, 2 \dots n - 1$$

При этом различные последовательные приближения к решению  $x_0, x_1, \dots, x_k$ , получаемые при использовании различных алгоритмов, оказываются одни и те же.

С точки зрения количества вычислений на каждой итерации, наиболее предпочтительными являются алгоритмы:

$$p_k = -\gamma_k H_0 f'_k + (1 - \gamma_k) p_{k-1};$$

или

$$p_k = -H_0 f'_k + \beta_k p_{k-1}$$

где  $p_k$  – вектор, определяющий направление движения из точки  $x_k$ ;  $\alpha_k$  – длина шага итерации;  $f'_k = f'(x_k)$ ;  $H_0$  – симметричная строго положительная определенная матрица.

$$\beta_k = \frac{(H_0 f'_k, e_{k-1})}{(p_{k-1}, e_{k-1})}; \gamma_k = \frac{-1}{1 + \beta_k}$$

Особенно просто эти методы реализуются, когда в качестве начальной матрицы  $H_0$  выбирается единичная матрица  $I$ , а в большинстве задач, по-видимому, выбор  $H_0 = I$  является наиболее целесообразным.

В этом случае по трудоемкости итерации указанные выше методы очень незначительно отличаются от градиентного метода, но вследствие конечношаговости процесса существенно превосходят его по эффективности [2].

Методы сопряженных направлений, в которых для определения направления движения предварительно строится матрица, отличная от  $H_0$ , несколько уступают указанным выше методам, однако также сохраняют значительное преимущество перед градиентными методами. Преимуществом всех методов рассматриваемого класса перед методом Ньютона является то, что они не требуют вычисления вторых производных функций.

Может возникнуть вопрос — имеет ли смысл рассматривать методы, в которых предварительно осуществляется построение матрицы, если они по трудоемкости итерации и по требуемой машинной памяти уступают методам с использованием матрицы  $H_0 = I$ ? Поскольку эффективность алгоритма рассматривается только теоретически, то такой важный фактор, как чувствительность алгоритмов к погрешностям вычислений, не учитывается. Но если принять во внимание этот фактор, то это может значительно изменить соотношение количества вычислений, которое необходимо будет затратить при решении задачи различными алгоритмами. К тому же следует отметить, что, например, методы, в которых предварительно осуществляется построение матрицы, позволяют одновременно с решением задачи минимизации получить обратную матрицу  $A^{-1}$ , что в некоторых случаях может оказаться полезным.

Особенно существенно разница в свойствах алгоритмов будет сказываться при их использовании для минимизации неквадратичных функций. Задача поиска оптимального управления процессом горения заключается в определении оптимальных управляющих параметров системы управления, обеспечивающих максимум КПД котла. Уравнение теплового баланса котельного агрегата в общем виде выражается следующей формулой [3]:

$$Q_p^p = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

где  $Q_p^p$  – располагаемое тепло на 1 кг рабочего топлива, ккал/кг;

$Q_1$  – полезно используемое тепло, ккал/кг;

$Q_2$  – потеря тепла с уходящими газами, ккал/кг;

$Q_3$  – потеря тепла от химической неполноты сгорания топлива, ккал/кг;

$Q_4$  – потеря тепла от механической неполноты сгорания топлива, ккал/кг;

$Q_5$  – потеря тепла от наружного охлаждения котельного агрегата, ккал/кг;

$Q_6$  – потеря тепла с физическим теплом шлаков, ккал/кг;

Основная доля потерь котельного агрегата приходится на потери с дымовыми газами [3], поэтому если пренебречь другими параметрами, то задачу поиска максимума КПД можно свести к задаче поиска минимума потерь с дымовыми газами. Для котельных агрегатов, использующих в качестве топлива уголь, расчет потерь с дымовыми газами может быть выполнен по формуле [4]:

$$q_A = \frac{\left[ 0.205 + 2.783 \cdot \alpha + \left( \frac{W^p}{C^p} + \frac{d^{\text{возд}}}{100} \cdot \alpha \right) \cdot 0.45 \right] \cdot FT - 2.757 \cdot AT}{81 - 6 \cdot \frac{W^p}{C^p}} \cdot \frac{760}{h^{\text{возд}}}$$

Основным параметром, влияющим на величину потерь, является коэффициент избытка воздуха ( $\alpha$ ), поэтому и основным параметром регулирования котельного агрегата является регулирование объема подаваемого в топку котла воздуха, а основным параметром управления является частота питания привода вентилятора дымососа или дутьевого вентилятора.

Поскольку производительность вентилятора линейно зависит от частоты вращения, то задача выбора оптимальной частоты вращения вентилятора, обеспечивающего минимум потерь с дымовыми газами может быть сведена к поиску минимума квадратичной функции, а значит, для поиска точки оптимума может быть применен алгоритм сопряженных направлений. Применение данного алгоритма может, по сравнению с ПИД-алгоритмами [5], существенно сократить время перехода к точке оптимума.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Данилин Ю.М. Методы сопряженных направлений для решения задач минимизации // Кибернетика, - 1969.

2 Jonathan Richard Shewchuk "Second order gradients methods", School of Computer Science Carnegie Mellon University Pittsburg, 1994.

3 Thermal Calculation of Boilers (Normative Method), Ed. by G. M. Kagan, 3rd ed. (Vseross. Teplotekh. Inst., St. Petersburg, 1998).

4 Гордин С.А., Зайченко И.В., Гринкруг М.С. К вопросу повышения эффективности систем управления дутьем твердотопливных котлов // «Ученые записки КнАГТУ», 2020 №5(45), – Комсомольск-на-Амуре, 2020. – с.25-30.

5 Гордин С.А., Зайченко И.В. Об интеллектуальной адаптации ПИД-регулирования в системах управления котлов малой мощности // «Современная наука: Актуальные проблемы теории и практики» Серия Естественные и Технические Науки. 2020. № 3.

УДК 629.543

Гребенкина Полина Андреевна, студентка; Grebenkina Polina Andreevna  
Каменских Ираида Витальевна, кандидат физико-математических наук, доцент;  
Kamenskikh Iraida Vitalievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТАНКЕРА-ХИМОВОЗА ПРОЕКТА С72**

## **ARCHITECTURAL FEATURES OF THE CHEMICAL TANKER PROJECT C72**

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию архитектурно-конструктивного типа танкера-химовоза проекта С72 18500 TDW.

**Abstract.** This work is devoted to the investigation of the architectural-constructive type of the project of the chemical tanker C72 18500 TDW.

**Ключевые слова:** танкер-химовоз, архитектурно-конструктивный тип.

**Keywords:** chemical tanker, architectural type.

Танкер-химовоз – судно, перевозящее вредные химические жидкие вещества и нефтепродукты, допускается перевозить наливные грузы по типу пальмового масла, жира, метанола и др.

Проект танкера-химовоза С72 дедвейтом 18500 тонн создан компанией INEC GmbH в Германии. Проект С72 был адаптирован для эксплуатации в условиях замерзающих морей России и был предназначен для перевозки нефти и химических продуктов, полученных при проведении бурильных работ.[1]. Данный проект, совместно с проектами С63 18500TDW и С01 18500TDW, конструктивно входит в одну группу проектов танкеро-химовозов, которые различались материалом корпуса или наличием ледовых подкреплений. Судна проекта С63 построены для Китая, грузовые танки этих судов были изготовлены из обычной стали. Суда проекта С01 строились в Китае по заказу Бельгии. Данные суда стали первыми танкерами из нержавеющей стали, построенными для Европы.



Рисунок 1 – Танкер-химовоз проекта С72

Таблица 1 – Проектные характеристики танкера-химовоза проекта С72

Характеристика	Значение
Наибольшая длина, м	164,34
Длина между перпендикулярами, м	154,37
Ширина, м	23
Высота борта, м	12,8
Осадка, м	9,55
Мощность главного двигателя, кВт	7900
Скорость, уз	15,5

Судно спроектировано как танкер для перевозки химикатов и нефтяных продуктов наливом согласно стандарту ИМО тип II с 18 отдельно установленными грузовыми цистернами. Судно сконструировано в соответствии с западноевропейскими судостроительными стандартами и правил Германского Ллойда. Условия эксплуатации судна – судно неограниченного района плавания в любое время года.

Архитектурный тип: стальное судно, однопалубное, одновинтовое, с баком и ютом. Машинное отделение (МО) отделено от грузовой зоны коффердамом. МО и надстройка расположены в корме. Корпус судна имеет двойное дно и двойные борта на протяжении грузовых танков, носовой бульб и транцевую корму.

Центральная переборка и поперечные переборки танкера-химовоза выполнены с вертикальными гофрами. Гофрированные переборки сделаны из стали повышенной прочности. Грузовые цистерны изготовлены из низкоуглеродистой стали с покрытием. Для ледового пояса обшивки использована сталь повышенной прочности.

Руль полубалансирный (полуподвесной), лопатообразной формы, сварного типа. Судно оснащено тремя якорями – двумя главными и одним запасным.

В 2008-2009 годах на Амурском судостроительном заводе спустил на воду два корпуса танкера-химовоза к месту их утилизации [2]. Строительством судов данной серии была показана возможность строительства транспортных судов большой ширины на открытой площадке наливного бассейна АСЗ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 INEC GmbH: Военно-морская архитектура – Инжиниринг и Консалтинг : сайт. – Швентиненталь, 2021. – . – URL: <http://www.inec.de/choice.php%3Fcurrsite=tanker&pagetitle=Tanker.html> (дата обращения: 02.04.2021).

2 Танкер-химовоз. Проект 18500 : ПАО «Амурский судостроительный завод : сайт. – Комсомольск-на-Амуре, 2021. – . – URL: <http://асзкмс.рф/продукция/гражданское-кораблестроение/танкер-химовоз-проект-18500/> (дата обращения: 04.04.2021).

УДК 621.43

Гребенькова Ксения Александровна, магистрант;

Grebenkova Ksenya Aleksandrovna

Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук, доцент;

Smirnov Aleksey Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ОСОБЕННОСТИ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

### FEATURES OF WATER TREATMENT AT THERMAL POWER PLANTS

**Аннотация.** В работе рассматриваются особенности обеспечения водохимического режима на тепловых электрических станциях.

**Abstract.** The paper considers the features of ensuring the water chemical regime at thermal power plants

**Ключевые слова:** тепловые электрические станции, водный режим, виды и особенности водоподготовки.

**Keywords:** thermal power plants, water regime, types and features of water treatment.

Опыт многолетнего использования энергоблоков в России и за рубежом показывает, что важнейшим условием длительной, экономичной и наиболее надёжной эксплуатации тепловых электростанций является организация водного режима и водоподготовки [1]. Целями и задачами водоподготовки являются предотвращение различных отложений (кальцевидных и окислов железа - на внутренних поверхностях пароперегревателей или парообразующих труб; меди, кремниевой кислоты и натрия - в проточной части паровых турбин), а также защита основного и вспомогательного оборудования от коррозии. Помимо этого в воду могут попадать бактерии, которые ухудшают качество воды.

Для контроля качества воды введен ряд показателей, которые подразделяются на физические, химические и бактериологические. К физическим показателям относятся температура, цветность, мутность, привкус, запах. К химическим показателям относятся наличие катионов и анионов, содержащихся в воде, растворённые газы, величина рН. Бактериологические показатели воды характеризуют эпидемиологическую безопасность, которая определяется степенью общего бактериального загрязнения и содержанием бактерий группы кишечных палочек.

Для обеспечения соответствующих показателей воды применяют следующие способы подготовки воды [2]:

1) механическая подготовка (предварительная очистка воды) – очистка от песка, ржавчины и др.; реализуется с помощью механических фильтров для очистки воды;

2) обезжелезивание воды – очистка от растворенного и окисленного железа; реализуется с помощью фильтрующих установок;

3) устранение цвета, вкуса и запаха воды, взвешенных веществ; реализуется с помощью сорбционных фильтров;

4) умягчение воды; реализуется при помощи специальных фильтров с ионообменной смолой (соли жесткости превращаются в ионы натрия);

5) аэрационная обработка – очистка от растворенного в воде железа; реализуется с помощью специальных фильтров (в насыщенной воздухом воде происходит окисление железа, которое в виде хлопьевидного осадка остается в фильтре обезжелезивания), которые также очищают от токсических веществ с неприятным запахом;

6) процесс обратного осмоса – очистка от солей, загрязнений и органических веществ; реализуется с помощью установки обратного осмоса путем продавливания воды через мембрану (этот способ очистки воды является наиболее эффективным при повышенном солесодержании);

7) обеззараживание воды – избавление от бактерий и вирусов; реализуется при помощи хлорирования или ультразвуком (иногда ультрафиолетом).

При выборе способов подготовки воды, конечно, необходимо предварительно провести химический анализ воды и определить требования к воде после очистки.

В процессе осуществления подготовки воды для тепловых электрических станций не стоит забывать и о второй стороне вопроса – утилизации образующегося после очистки шлама.

Проблема утилизации и переработки шламов стоит сегодня особенно остро. На теплоэлектроцентралях при производстве электрической и тепловой энергии в результате подготовки больших объемов воды образуется от 6,5 до 7 тысяч тонн шлама [3]. Существуют различные способы переработки шлама, например, производство воздушной извести, портландцемента, строительной извести и др.

Способ утилизации шлама определяется экономикой технологического процесса, то есть наличием необходимого сырья вблизи электростанции. Также для снижения транспортных расходов и повышения экономических показателей технологического процесса целесообразно утилизировать шлам непосредственно на электростанции[3].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Проблемы ТЭЦ и их решение. Цель водоподготовки для ТЭЦ / <https://www.ustnn.ru/problemy-tec-i-ih-reshenie-vodopodgotovka-primer-cel-vodopodgotovki-dlya-tec.html> (дата обращения 08.04.2021).

2 Водоподготовка для ТЭЦ / <https://diasel.ru/article/vodopodgotovka-dlya-tec/> (дата обращения 08.04.2021).

3. Болотова П.А., Качина В.Ю., Бурак Г.А. Рациональные способы водоподготовки и утилизации шламов ВПУ / [https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/38674/Racionalnye\\_sposoby\\_vodopodgotovki\\_i\\_utilizacii\\_shlamov\\_VPU.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/38674/Racionalnye_sposoby_vodopodgotovki_i_utilizacii_shlamov_VPU.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (дата обращения 09.04.2021).

УДК 621.9; 621.791.722; 629.7.023.4

Григорьев Владимир Владимирович, аспирант;

Grigorev Vladimir Vladimirovich

Муравьев Василий Илларионович, доктор технических наук, профессор;

Muravyev Vasilii Illarionovich

Бахматов Павел Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;

Bakhmatov Pavel Vyacheslavovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ИСКЛЮЧЕНИЯ ПОР В МЕТАЛЛЕ ШВА НА СВОЙСТВА НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

### **INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL TECHNIQUES FOR ELIMINATING PORES IN THE SEAM METAL ON THE PROPERTIES OF PERMANENT JOINTS OF TITANIUM STRUCTURES OF AIRCRAFT**

**Аннотация.** Рассмотрено влияние различных способов сварки (электронно-лучевой, автоматической аргодуговой, погруженным вольфрамовым электродом) на механические свойства и геометрические параметры неразъемных соединений. Установлено, что увеличение времени существования сварочной ванны способствует исключению пористости в неразъемных соединениях, но приводит к изменению геометрических параметров сварных швов и снижению прочности.

**Abstract.** The influence of various welding methods (electron beam, automatic argon arc, submerged tungsten electrode) on the mechanical properties and geometric parameters of non-separable joints is considered. It is established that the increase in the lifetime of the weld pool contributes to the exclusion of porosity in non-removable joints, but leads to a change in the geometric parameters of the welds and a decrease in strength.

**Ключевые слова:** титановые сплавы, сварка, неразъемные соединения; силовые конструкции.

**Keywords:** titanium alloys, welding, all-in-one joints; power structures.

В настоящее время и на ближайшее будущее одним из самых востребованных материалов удовлетворяющих постоянно возрастающие требования к летным характеристикам перспективных летательных аппаратов (ЛА) будут являться титановые сплавы.

Многочисленными исследованиями достигнуты определенные успехи. Научно обоснована [1] и постоянно подтверждается другими исследователями [2] теория образования пор за счет попадания готовых зародышей в расплав сварочной ванны.

В основе методов улучшения качества НС выполненных сваркой плавлением является исключение пористости в металле шва. Как было показано в работе [1] определяющее влияние на кинетику удаления пузырьков (пор) из жидкометаллической ванны оказывает гравитационное поле. Таким образом, удаление пор зависит от времени существования сварочной ванны.

Для проведения исследований использовали сварочное оборудование и материалы для изготовления титановых конструкций сборкой из элементов неразъемными соединениями НС, выполняемыми сваркой плавлением в серийном производстве.

Увеличение времени существования сварочной ванны в зависимости от режимов сварки ААрДЭС сплава ВТ20 оказывает сложное влияние на качество НС. Во-первых, изменяются геометрические параметры металла шва НС (рисунок 1). При одном и том же сварочном токе (90 А) и напряжении на дуге (10 В), но меньшей скорости сварки (4,16 мм/с) увеличиваются значительно все размеры: и общая ширина (L) и величины усиления (h1) и проплавления (h2). Еще большее влияние оказывает увеличение сварочного тока даже при повышенной скорости сварки.

Во-вторых, наблюдается существенное изменение механических свойств, особенно снижение временного сопротивления разрыву практически от 1 до 15% по сравнению с временным сопротивлением разрыву основного металла (таблица 1).

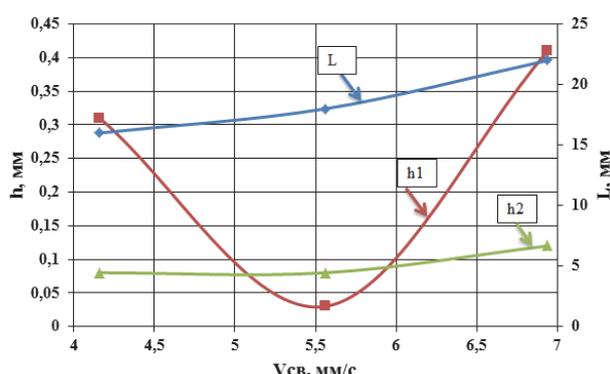


Рисунок 1 – Изменение размеров НС из сплава ВТ20 в зависимости от режимов ААрДЭС: L – ширина СШ + ЗТВ, мм; h1 – высота усиления, мм; h2 – высота проплавления, мм

Как показали эксперименты (таблица 1) увеличение времени существования жидкометаллической сварочной ванны параметрами режимов сварки не всегда обеспечивают свойства металла шва неразъемного соединения идентичными свойствам основного металла.

Как видно из данных таблицы 1 прочностные свойства металла шва, выполненные ЭЛС на значительную величину превышают свойства основного металла, причем пластические характеристики несколько ниже. При ЭЛС термический цикл существенно меняется, скорости нагрева и охлаждения, время существования жидкометаллической ванны во многом отличаются от таковых при СПВЭ титановых сплавов. Поэтому при ЭЛС как и при

ААрДЭС титановых сплавов, требуется разработка эффективных методов управления процессами термического цикла сварки, обеспечивающие высокое качество НС при сборке сложнонагруженных ответственных конструкций, выполняемых сваркой плавлением. Наиболее перспективны в этом направлении являются методы осцилляции процесса сварки плавлением [3].

Таблица 1 - Изменение механических свойств НС в зависимости от режимов сварки в процессе сборки из титанового сплава ВТ20 конструкций и их сравнение со свойствами основного металла

Режим сварки			Механические свойства				
			Основной металл			Сварной шов	
I, А	U, В	V, мм/с	$\sigma_{\text{во}}$ , МПа	$\delta$ , %	$f^0$	$\sigma_{\text{вс}}$ , МПа	$f^0$
ААрДЭС							
130	9	5,56	1024	16	50	1040	48
250	10	2,33	1025	18,5	46	870	41
260	10	5,56	1025	18,5	46	1040	41
90	10	4,16	1009	17,7	58	990	45
90	10	5,56	1009	17,7	58	1005	36
90	10	6,94	1009	17,7	58	1035	30
200	10	2,5	991	15,2	53	887	54
200	10	4,16	991	15,2	53	983	42
280	16,5	2,2	1007	16,2	67	960	48
280	16,5	2,5	1007	16,2	67	983	37
СПВЭ							
364	11	5,6	1000	12	22	995	14
377	12	5,6	1000	12	22	980	11,5
ЭЛС							
330	-	16	980	8,2	21	1015	6,4
380	-	16	951	8,8	29,2	1030	5,7

Таким образом можно констатировать, что наиболее эффективным способом улучшения качества неразъемного соединения при сборке конструкций из титановых сплавов сваркой плавлением служит применение колебательных движений электрода или осцилляции электронного луча при электронно-лучевой сварке, которые позволяют создать благоприятные температурные условия для дегазации жидкометаллической ванны и получения свойств идентичных свойствам основного металла.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пористость при сварке цветных металлов / В. В. Редчиц, В. А. Фролов, В. А. Казаков, В. И. Лукин. – М. : Технология машиностроения, 2002. – 448 с.

2 Муравьев, В. И. Проблемы порообразования в сварных швах титановых сплавов / В. И. Муравьев // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2005. – № 7 (601). – С. 30-37.

3 Ольшанская Т.В., Саломатова Е.С. Обзор современных способов управления электронным лучом при электронно-лучевой сварке // Т.В. Ольшанская, Е.С. Саломатова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2016. Т. 18. № 4. С. 169-187.

УДК 629.5.01

Грязнова Наталья Николаевна, студентка; Gryaznova Natalia Nikolaevna

Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук;

Zhurbina Irina Nikolaevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СУДОВ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ**

### **ANALYSIS OF TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF ICE CLASS SHIPS**

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные ледокольно-транспортные суда. Приводятся тенденции их дальнейшего развития.

**Abstract.** The article deals with modern icebreaking transport ships. The tendencies are given of their further development.

**Ключевые слова:** ледовые условия, суда ледового плавания, проектные характеристики.

**Keywords:** ice conditions, ice navigation ships, design characteristics.

Транспортировка энергоресурсов из Арктического бассейна начала осуществляться с 1994 г. танкерами ледового класса Arc6. В это время активно велась проработка проектов крупнотоннажных транспортных судов, обеспечивающих доставку груза круглогодично без привлечения ледокольного флота. Новые типы ледокольно-транспортных судов стали более надежными и могут обеспечивать безопасное судоходство [1]. Основные характеристики некоторых современных ледокольно-транспортных судов представлены в таблице 1.

Судно-тяжеловоз «Audaх» было построено для транспортировки сверхтяжелых и ультра-больших грузов (модулей) для строительства завода по производству сжиженного природного газа (СПГ) на базе Южно-Тамбейского месторождения в порт Сабетт, проект «Ямал СПГ» [1]. Проект разрабатывала компания Aker Arctic Technology. Строительство судна осуществлялось на китайской верфи LongXue GSI (Guangzhou Shipyard International). «Audaх» имеет ледовый класс Polar Class 3 (PC3), разработанный для эксплуатации в сложных арктических условиях. Основной проблемой при проектировании судна была увеличенная масса корпуса при погрузке. Для обеспечения устойчивости была применена сложная балластная система. Так как судно эксплуатируется при температурах -40°C, то ещё одной проблемой при проектировании стал вопрос об обогреве грузовой палубы. Инженерным решением было решено провести систему обогрева палубы с паровыми змеевиками.

Таблица 3 – Характеристики транспортных судов ледового плавания

Название судна	Audax	Штурман Альбанов	Кристоф де Маржери	Борис Соколов	Владимир Воронин	Михаил Лазарев
Год постройки	2016	2016	2016	2018	2019	2019
Страна постройки	Китай	Южная Корея	Южная Корея	Китай	Южная Корея	Южная Корея
Ледовый класс	Arc7/PC-3	Arc7	Arc7	Arc7	Arc7	Arc7
Пропульсивная мощность, МВт	24	22	45	32	58	16
Дедвейт, т	28500	41455	96778	51416	96840	41000
Ледопродо- димость, м	1,5	1,8	1,5	1,8	1,4	1,8
Осадка, м	7,5	9,2	11,8	11,7	11,7	9,5
Длина, м	206,3	248,92	299	214	299	248,9
Ширина, м	43	34,07	50	34	50,04	34

В 2016 г. в Южной Кореи судостроительной компанией Daewoo Shipbuilding Marine Engineering (DSME) по заказу судоходной компании Mitsui OSK Lines (MOL) и Teekay LNG Partners построены ледокольные танкеры-газовозы «Штурман Альбанов» и «Кристоф де Маржери». Эти суда являются довольно большими в классе судов ледового плавания и уникальными, т.к. сочетают в себе танкер и ледокол в одном корпусе [2]. Они достаточно маневренные, двойного действия, что позволяет осуществлять движение кормой вперед. Причём это движение наиболее эффективное. Могут взламывать лед толщиной в 1,5-1,8 м, оснащены системой противообледенения бортовых систем. Особенность ледокольных танкеров-газовозов – дизель-электрическая силовая установка, работающая на СПГ, которая позволяет оказывать меньшее влияние на окружающую среду. «Кристоф де Маржери» можно использовать для круглогодичной навигации.

Танкер «Борис Соколов» для перевозки газового конденсата был построен в 2018 г. на верфи LongXue GSI по заказу греческой компании Dynasot. Судно может работать при температурах ниже  $-50^{\circ}\text{C}$ . Уникальность танкера в том, что он может транспортировать газовый конденсат из Арктического бассейна всевозможным. Ранее отправка танкеров с таким грузом осуществлялась только в летнюю навигацию [2]. Судно использует принцип двойного действия, может обходиться без услуг ледокольного флота при работе во льдах толщиной до 2 м.

Новейший танкер-газовоз «Владимир Воронин» построен в 2019 г. в Южной Кореи на верфи DSME по заказу канадской компании Teekay. В основе заложен принцип двойного действия и способность работать на трассе Северного морского пути без сопровождения ледокола при толщине льда до 1,4 м. Форма обводов носовой оконечности судна рассчитана на приемлемые мореходные качества на чистой воде. Мощное судно дедвейтом около 97 тыс. тонн способно перевозить около 170 тыс. куб. м СПГ [3].

Челночный танкер «Михаил Лазарев» построен в 2019 г. для Совкомфлота в Южной Кореи на верфи Samsung Heavy Industries, предназна-

чен для транспортировки нефти на трассах Северного морского пути. Судно может работать при температурах до  $-45^{\circ}\text{C}$ , преодолевать льды толщиной до 1,8 м без ледокольного сопровождения. Судно спроектировано с учётом места эксплуатации – района Обской губы, где небольшая глубина. Поэтому у «Михаил Лазарев» небольшая осадка, в сравнении с современными ледокольными танкерами. Судно оснащено электроникой, сложной автоматикой и электрооборудованием, усовершенствованной энергетической установкой, работает на дизельном топливе. Может двигаться кормой вперёд. Танкер «Михаил Лазарев» работает под российским флагом.

На основании анализа построенных ледокольно-транспортных судов для доставки энергоресурсов из Арктического бассейна, можно отметить следующие тенденции, влияющие на развитие транспортных судов ледового плавания: развитие транспортной системы Арктической зоны России [4]; возможность круглогодичной безопасной навигации на всем протяжении Северного морского пути; эксплуатация современных крупнотоннажных ледокольно-транспортных судов двойного действия.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Штрек, А. А. Современные тенденции и вызовы при проектировании арктических транспортных судов / А. А. Штрек // Российская Арктика. – 2019. – № 5. – С. 30-35. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-tendentsii-i-vyzovy-pri-proektirovanii-arkticheskikh-transportnyh-sudov/viewer> (дата обращения: 11.04.2021).

2 Чернов, А. В. Транспортировка в северных морях. Натуральные ледовые испытания судов и ледоколов. Современный опыт и актуальные проблемы / А. В. Чернов, В. А. Лихоманов, Н. А. Крупина // Neftegaz.RU : электронный журнал. – URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/transportirovka/> – Дата публикации: 1 декабря 2020.

3 MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence : сайт. – США, 2007 –. – URL: [https://www.marinetraffic.com/ru/ais/details/ships/shipid:5870780/mmsi:311000632/imo:9750737/vessel:VLADIMIR\\_VORONIN](https://www.marinetraffic.com/ru/ais/details/ships/shipid:5870780/mmsi:311000632/imo:9750737/vessel:VLADIMIR_VORONIN) (дата обращения 11.04.2021).

4 Прысь, А. М. Состояние и перспективы развития Северного морского пути / А. М. Прысь, Н. С. Гуменюк // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы всероссийской науч.-техн. конф., Комсомольск-на-Амуре, 9-20 апреля 2018 г. : в 2 ч. / редкол. : Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2018. – Ч. 2. – С. 45-47.

УДК 629.5.02

Даманский Дмитрий Владимирович, магистрант;

Damansky Dmitry Vladimirovich

Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;

Burmenskiy Andrey Dmitrievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В КОМПАС-3D**

### **PRACTICAL EXPERIENCE OF USING NEW TOOLS FOR MODELING SHIP STRUCTURES IN KOMPAS-3D**

**Аннотация.** Создание проектов современных судов сегодня не мыслимо без использования САД систем. Их использование позволяет сократить сроки проектирования, повысить качество разработки проектов и в целом, снизить расходы на проектирование. Первой отечественной компанией, которая стала внедрять судостроительные решения в инструментарий САД является компания АСКОН. В статье рассмотрены судостроительные возможности САД КОМПАС-3D. Приведены примеры использования новых команд.

**Abstract.** Creation of projects of modern ships today is impossible without the use of CAD systems. Their use allows you to reduce the design time, improve the quality of project development and, in general, reduce design costs. The first domestic company to introduce shipbuilding solutions into CAD tools is ASCON. The article discusses the shipbuilding capabilities of CAD KOMPAS-3D. Examples of using new commands are given.

**Ключевые слова:** конструкция корпуса судна, 3D моделирование.

**Keywords:** ship hull construction, 3D modeling.

Использование САД систем обязательно при разработке технических проектов таких как корабль, в этом сложном техническом сооружении большое количество конструкционных элементов корпуса, трубопроводов, систем, механизмов все это обработать возможно только при использовании САД систем. В настоящее время многие отечественные проектные организации и судостроительные заводы используют зарубежные системы AVEVA MARINE и FORAN. Проблемами использования зарубежных программных продуктов безусловно является безопасность и введенные санкции против России, поэтому встал вопрос импортозамещения и в области специализированного программного обеспечения.

Компания АСКОН предлагает свою PLM систему, которая зарекомендовала себя в таких областях производства как авиастроение, машиностроение. PLM система для судостроения как и САД система пока находится в стадии развития, адаптации и отработки новых инструментов, предназначенных для моделирования корпусных конструкций, систем, механизмов, управления и контроля этапов постройки заказа.

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы было выполнено моделирование блока судна в КОМПАС-3D 18V. Сборка насчитывает 1930 деталей

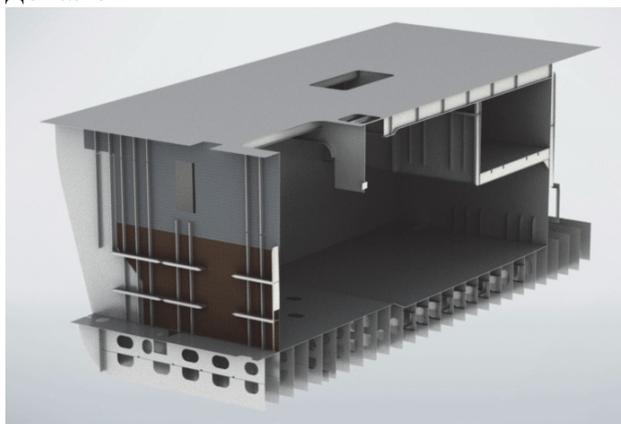


Рисунок 1 – Сечение по ДП конструкции корпуса

В процессе моделирования возникали трудности создания поперечного и продольного набора. Необходимо было создавать множество эскизов с вспомогательной геометрией. Каждая вторая деталь имела свой уникальный эскиз и историю операций с ней. В конструкции корпуса судна большое количество элементов, таких как пластины и подкрепляющие их ребра жесткости с различным типом профиля, кницы, brackets и др. При моделировании необходимо было создавать вручную эскизы профилей, пояски на brackets, вырезах, диафрагмах, разные типоразмеры книц. Все эти операции повышали трудоёмкость выполнения работы в разы. Однако, все изменилось, начиная с середины 2020 года.

В 2020 году компания АСКОН представила новую 19 версию КОМПАСА. Компания активно занимается созданием программных инструментов для судостроения. В модуле металлоконструкции появились инструменты, обеспечивающие удобное и быстрое создание трехмерных моделей судовых конструкций и разработкой рабочей конструкторской документации.

Добавлены в справочник судостроительные профили такие как симметричный и несимметричный полосульб. Добавлена команда разбить пластину, это команда условно разбивает пластину по указанным эскизам. Добавлена команда построение пластины по границе.

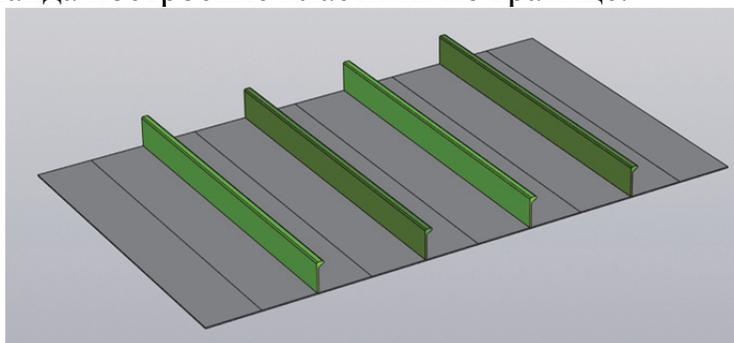


Рисунок 2 – Пластина с набором

Появилась команда прокол, она позволяет автоматически сделать вырез для прохода полособульба или уголка, при этом пользователь может выбрать подходящий тип выреза. Это команда значительно ускоряет работу с поперечным и продольным набором. Также появилась команда заделка, с помощью которой, можно сделать заделку в вырезе под профиль.

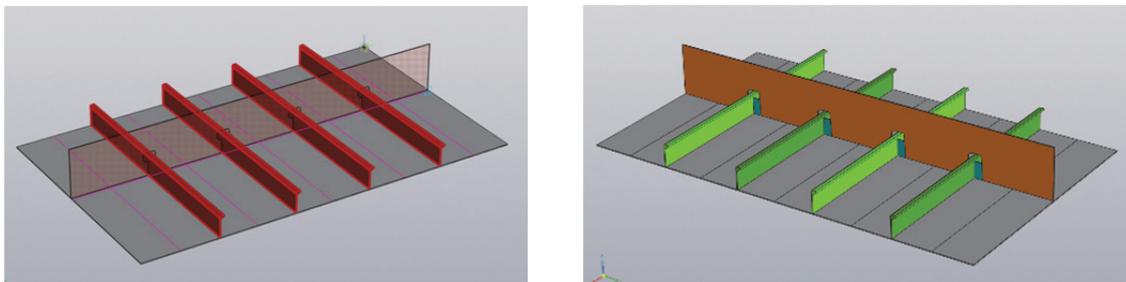


Рисунок 3 – Проход набора через пластину

Команда поясок позволяет создать поясок с определенными пользователем параметрами. Например, можно задать тип торца пояска, отступ, а также граничные условия. Команда создание пояска с обрезкой торцов позволят создать такие элементы как бимс, карлингс, стойки переборок и др.

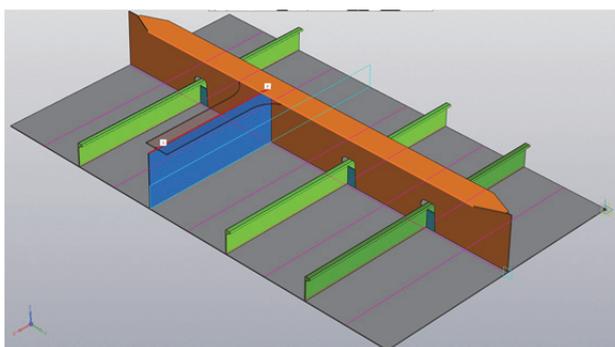


Рисунок 4 – Пример формирования поясков рамных балок

Возможно построение подкрепляющих элементов таки как: кница, бракета и др. Пользователь может задать необходимые параметры в окне размеры.

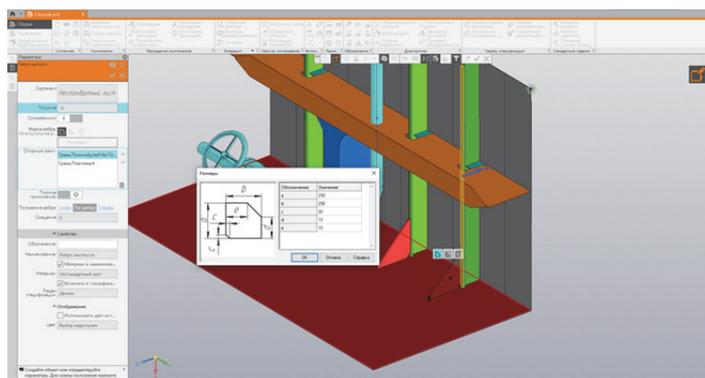


Рисунок 5 – Задание параметров для кницы

Новые инструменты, которые появились с выходом КОМПАС-3D V19 позволили создавать корпусные конструкции с меньшей трудоемкостью, а это значит, что время создание цифрового двойника сократилось.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Петров, А. С. Новые инструменты консорциума «РазВИТие» для задач судостроения / А. С. Петров // Судостроение. – 2020. – №6. – С 41-43.

2 Барабанов, Н. В. Конструкция корпуса морских судов / Н. В. Барабанов. – Л.: Судостроение, 1981. – 552 с.

УДК621.165

Дыкер Денис Константинович, магистрант; Dyker Denis Konstantinovich  
Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент;  
Khvostikov Alexander Stanislavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОФИКАЦИИ ТЭЦ

## CALCULATION OF THE HEAT PUMP AS PART OF THE SYSTEM THERMAL POWER PLANT HEATING SYSTEMS

**Аннотация.** В работе представлены результаты расчета теплонасосной установки для использования тепловой энергии конденсатора турбины тепло-электростанции, отличающейся использованием пластинчатых полусварных теплообменников высокой мощности. Выполнен расчет трех вариантов схем исполнения тепловых насосов, рассмотрены две схемы включения установки в зависимости от режимных нагрузок. Проведена оценка эффективности работы энергоблока с тепловым насосом. Использование установки позволяет повысить эффективность работы теплоэлектростанции за счет улучшения вакуума конденсатора и снижения затрат на производство тепловой энергии.

**Abstract.** The article presents the results of calculation of a heat pump unit for the use of the thermal energy of the turbine condenser of a thermal power plant, which is characterized by the use of high-power semi-welded heat exchangers. The calculation of three variants of the heat pump design schemes is carried out, two schemes of switching on the installation depending on the operating loads are considered. The efficiency of the power unit with a heat pump was evaluated. The use of the unit makes it possible to increase the efficiency of the thermal power plant by improving the vacuum of the condenser and reducing the cost of producing thermal energy.

**Ключевые слова:** тепловой насос, утилизация теплоты, энергоэффективность, энергоблок.

**Keywords:** heat pump, heat recovery, energy efficiency, power unit.

Энергосбережение является актуальным вопросом для экономии ресурсов на электрических станциях. Проблема энергосбережения связана с использованием низкопотенциальных источников. Низкопотенциальные источники энергии, такие как солнечная энергия, энергия ветра, энергия земли и

т.д. активно применяют в странах Европы и Америки [1]. Использование низкопотенциальных источников энергии возможно с помощью тепловых насосов. Наибольшее распространение тепловые насосы получили в США (около 4800 МВт). Несмотря на большое количество научных трудов российских ученых по тепловым насосам последние не нашли особого применения.

Применение теплонасосных установок (ТНУ) является выгодным не только с экономической точки зрения, но и экологически безопасным вариантом [3,4]. Однако их массовое применение ограничивается отсутствием законодательной базы и государственной поддержки [2].

Целью магистерской диссертацией является повышение экономической эффективности и оптимизация тепловых потерь в структуре ТЭС с помощью ТНУ для обеспечения тепловой и электрической нагрузки потребителя. Для обеспечения цели поставлены следующие задачи:

1. Исследование режимов работы системы теплоснабжения ТЭС. Разработка тепловой схемы ТЭС с ТНУ для тригенерационной выработки тепла, электроэнергии и холода с регулированием режимов работы в различных режимах теплоснабжения.

2. Разработка математической модели расчета теплофизических показателей работы установки.

3. Проведение оптимизационного исследования эффективности ТЭС с ТНУ.

В рамках работы над магистерской диссертацией был произведен расчет ТНУ. Источником тепловой энергии (теплоносителем) служит оборотная циркуляционная вода с конденсатора энергоблока с температурой 43°C и охлаждением ее до 23 °С. В качестве рабочего вещества-теплоносителя был рассмотрен R717 (аммиак).

Расчет ТНУ был выполнен по следующим схемам:

- в одноконтурном исполнении с промежуточным теплообменником (ПТО);
- в одноконтурном исполнении с ПТО и переохладителем (ПО);
- в двухконтурном исполнении с ПТО.

Наибольшая эффективность достигнута в двухконтурной ТНУ с ПТО (таблица 1). В таблице 2 представлены параметры рабочего тела ТНУ с ПТО.

Таблица 1 – Параметры ТНУ различного исполнения

Тепловая мощность, МВт	Энергетические затраты, МВт
Номинальная мощность ТНУ: 14,26 Режим частичной загрузки Режим 1: 10,18 Режим 2: 8,15	<u>Одноконтурная ТНУ с ПТО</u> Номинальная нагрузка: 3,85 Режим 1: 2,22 Режим 2: 1,59
	<u>Одноконтурная ТНУ с ПТО+ПО</u> Номинальная нагрузка: 3,66 Режим 1: 2,10 Режим 2: 1,50
	<u>Двухконтурная ТНУ с ПТО</u> Номинальная нагрузка: 2,77 Режим 1: 1,59 Режим 2: 1,25

Таблица 2 – Результаты расчета теплового насоса

Режим работы	Параметр	Компрессор 1 ступень		Компрессор 2 ступень		Дроссельный клапан	
		перед	после	перед	после	перед	после
Подогрев воды подпитки тепло- сети до темпера- туры 50 °С	P, бар	8,6	14,1	14,1	23	23	8,6
	t, °С	20	70	48	87	37	20
	h, кДж/кг	1 515	1 588	1 526	1 598	370	370
Подогрев воды подпитки тепло- сети до темпера- туры 55 °С	P, бар	8,6	15	15	26	26	8,6
	t, °С	20	75	48	91	39	20
	h, кДж/кг	1 515	1 598	1 519	1 600	385	384
Подогрев воды подпитки тепло- сети до темпера- туры 65 °С	P, бар	8,6	16,8	16,8	33	33	8,6
	t, °С	20	82	53	107	43	20
	h, кДж/кг	1 515	1 612	1 526	1 628	401	402

Тепловой насос позволяет более интенсивно охлаждать конденсатор, что, в свою очередь, приводит к получению более высокого вакуума и, как следствие, повышению коэффициента полезного действия энергоблока. Первоначальные инвестиции в тепловой насос относительно велики, но при правильном подходе к использованию всех преимуществ теплового насоса - функция охлаждения в летний период, правильный расчет мощности, удешевление монтажных работ за счет применения отечественных материалов позволяют существенно сократить срок окупаемости.

При анализе математических моделей, составленных относительно разных температурных графиков подогрева подпиточной и сетевой воды в ТНУ, установлено, что срок окупаемости имеет прямую зависимость от выбранного режима работы установки. Наименьший срок окупаемости установки соответствует подогреву подпиточной и сетевой воды до 65<sup>0</sup>С.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Стожкова А.А. Оценка эффективности применения теплового насоса / А.А. Стожкова// Инновационная наука. 2019. №5. С. 61-62.
- 2 Трубаев П.А. Тепловые насосы: учеб. Пособие / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 143 с.
- 3 Боровков В.М. Эксергетический анализ работы ТЭЦ совместно с тепловым насосом / В.М.Боровков, А.А.АльАлавин// Проблемы энергетики. – 2006. - №7-8. – С. 12-21.
- 4 Олейникова Е.Н. Исследование и оптимизация теплонасосных установок в структуре схем ПГУ – ТЭЦ. Автореф. Дисс. На соиск. Уч. Ст. канд. Тех. Наук. – Москва. – 2015. – 16 С.

УДК 62-112:004.9NX

Ефременко Кирилл Дмитриевич, студент; Efremenko Kirill Dmitrievich  
Жигалкин Константин Александрович, кандидат физико-математических наук;  
Zhigalkin Konstantin Aleksandrovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛИ С ЦЕЛЬЮ ОБЛЕГЧЕНИЯ МАССЫ В SIEMENS NX

### TOPOLOGICAL OPTIMIZATION OF PART GEOMETRY FOR LIGHTER WEIGHT IN SIEMENS NX

**Аннотация.** В статье рассматривается современный подход дизайна нагруженных деталей конструкций в авиационной промышленности способом многократного расчета прочности детали методом конечных элементов, и автоматическим подбором геометрии специальным алгоритмом в интегрированной среде CAE-анализа Siemens-NX.

**Abstract.** The article observes an example of modern approach to design a loaded parts in aerospace engineering. Topological optimisation is a mathematical method that optimizes material layout within a given design space, for a given set of loads, boundary conditions and constraints with the goal of maximizing the performance. Uses a finite element method to evaluate the design performance by the Siemens NX integrated module Topology Opt.

**Ключевые слова:** топологическая оптимизация, CAD, CAE, МКЭ.

**Keywords:** topological optimization, CAD, CAE, FEM.

Важнейшей задачей в самолётостроении и авиакосмической отрасли – это понижение массы изделия при сохранении функционала. Одним из способов решения этой задачи – использование топологической оптимизации при проектировании, представляющей собой процесс изменения конструкции, структуры детали при заданных критериях оптимальности с сохранением или улучшением ее функционала.

Рассмотрим процесс оптимизации по массе на примере нагруженной детали уголкового кронштейна (рисунок 1). Боковая полка кронштейна закреплена болтами к стенке, на верхнюю полку действует распределённая сила 1000 Н.

Расчёт на прочность и жёсткость произведём методом конечных элементов в интегрированной среде CAE-анализа Siemens NX с помощью расчетного модуля NASTRAN - Structural. Для модели кронштейна массой 0.324 кг из стали (модуль Юнга 200 МПа) получим расчётные значения максимального напряжений по Мизесу 26 МПа, максимальные перемещения 0,018 мм.

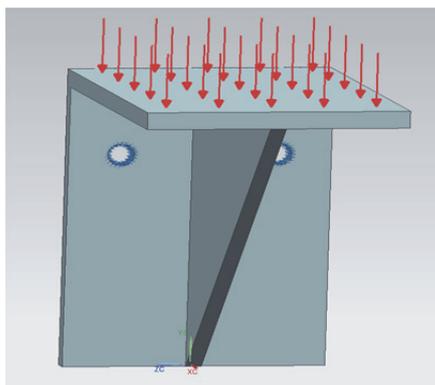


Рисунок 3- Модель исходной детали с нагрузками и закреплениями

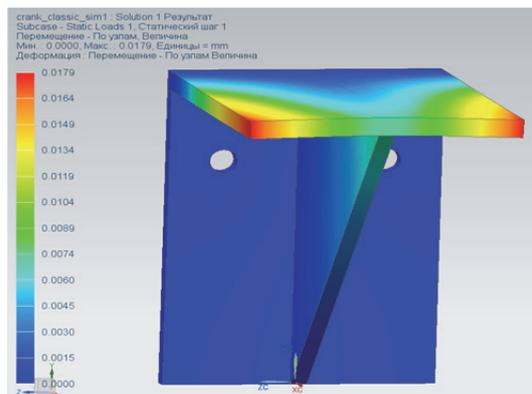
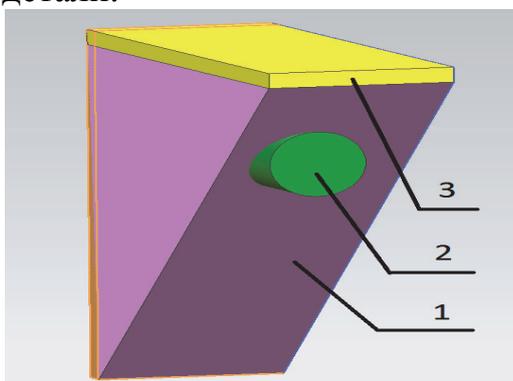


Рисунок 4- Эпюра деформаций исходной модели (max 0,018 мм)

Для топологической оптимизации с целью уменьшения массы при заданном нагружении подготовим модель кронштейна другим методом. На рисунке 3 приведен пример простой геометрической модели с указанием мест закрепления и нагрузкой. В модели также отмечаются места не подлежащие изменению – отверстия под болты, опирающаяся на стенку боковая полка, верхняя полка с приложенной к ней нагрузкой, цилиндрические области для монтажа болтов. Остальное пространство детали, что не попало в эти зоны, задано, как область моделирования, где алгоритм программы будет изменять геометрию. Для ускорения расчёта, моделируется половина симметричной детали.



1 – Область моделирования, 2, 3 – неизменяемые области

Рисунок 5- Упрощённая модель детали для топологической оптимизации

Далее в интегрированной среде CAE-анализа Siemens NX с помощью модуля Topology Opt проводим поиск оптимальной геометрии. На основании заданной силовой схемы нагрузок и указанной желаемой массой детали программа генерирует оптимизированную геометрию. Между указанными местами для крепления строится новая модель. Алгоритм программы анализирует напряжения в каждом сечении, подбирая оптимальные размеры этих сечений.

На рисунке 4 представлена модель кронштейна с оптимизированной под данную нагрузку геометрией. Максимальное расчётное напряжение по Мизесу 24 МПа, максимальное значение перемещения 0.008 мм при целевой массе детали 0.15 кг.

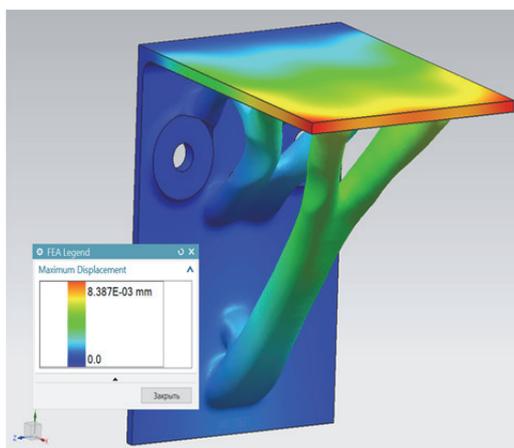


Рисунок 6 – Эпюра перемещений оптимизированной детали (max 0.008 мм)

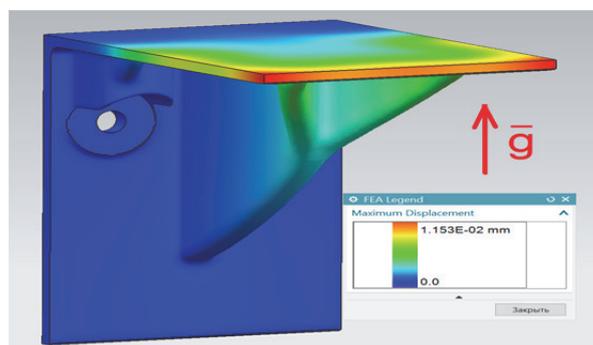


Рисунок 7- Эпюра перемещений оптимизированной модели для изготовления аддитивным способом (max 0,012 мм)

В отличие от исходной детали на рисунке 1 с формами оптимизированными для изготовления стандартными способами обработки, у полученной второй детали геометрия более сложная, требующая других способов изготовления. Расчётный модуль Topology Opt интегрированной среды Siemens NX позволяет получать оптимизированную геометрию специально адаптированную под определённую технологию. Это может быть традиционная, например литьё, или современная аддитивная технология.

На рисунке 5 представлена модель детали оптимизированная для изготовления методами аддитивной технологии. Целевая масса 0,15 кг. При создании геометрии задавалось направление вектора ускорения свободного падения для предотвращения нависания элементов модели более чем  $45^\circ$  от вертикали.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Гончаров П. С., Артамонов И. А., Халитов Т. Ф., Денисихин С. В., Сотник Д. Е. Г65 NX Advanced Simulation. Инженерный анализ. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 504 с.: ил.

2 Гончаров П.С., Артамонов И.А., Халитов Т.Ф., Денисихин С.В., Сотник Д.Е. Г65 NX Advanced Simulation. Практическое пособие. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 112 с.: ил.

УДК 629.7.05

Жень Дундун, студент 4 курса; Ren Dongdong

Бобков Александр Викторович, д.т.н., доцент; Bobkov Alexander Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНДИКАЦИИ САМОЛЕТА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИКИ ОТКАЗОВ**

### **ASSESSMENT OF RELIABILITY OF THE AIRCRAFT ELECTRONIC INDICATION SYSTEM**

**Аннотация.** По статистическим материалам авиакомпании проведён сравнительный анализ надёжности 3-х элементов системы электронной индикации самолёта СЭИ-85: пульта управления, блока вычисления и формирования команд и многофункционального индикатора.

**Abstract.** Based on the statistical materials of the airline, a comparative analysis of the reliability of 3 elements of the electronic display system of the SEI-85 aircraft was carried out: a control panel, a unit for calculating and generating commands and a multifunctional indicator.

**Ключевые слова:** самолёт, электронная индикация, надёжность.

**Keywords:** aircraft, electronic indication, reliability.

Надёжность самолета определяется надёжностью планера, силовой установки и функциональных систем. Степень влияния перечисленных объектов на безопасность полета различна и зависит от условий и этапа полета [1]. К функциональной относится и система электронной индикации (СЭИ) самолёта [2]. Система входит в структуру пилотажно-навигационного комплекса самолета, обеспечивая приём, преобразование и отображение пилотажно-навигационной информации на экранах многофункциональных индикаторов (ИМ) [3]. Отказ пилотажно-навигационного комплекса при заходе на посадку в сложных метеоусловиях существенно осложняет управление самолётом.

Рассмотрим надёжность системы электронной индикации СЭИ-85 самолета Ту-204, используя структурную схему взаимосвязи 3-х элементов СЭИ-85: пульта управления (ПУ), блока вычисления и формирования команд (БВФ) и многофункционального индикатора (ИМ) [3]. Схема их резервирования представлена на рисунке 1.

Из неё следует, что для повышения надёжности в СЭИ-85 применено резервирование как блока вычисления и формирования команд БВФ, так и многофункционального индикатора ИМ. Тогда, в соответствии со структурной моделью, вероятность отказа системы будет определяться по формуле (1):

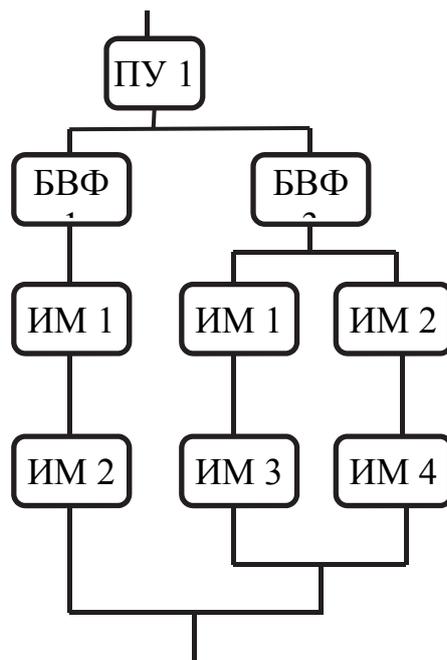


Рисунок 1 – Структурная модель резервирования СЭИ

$$Q(t) = \left\{ 1 - P_{\text{ПУ}} \left\{ 1 - \left( 1 - P_{\text{БВФ}} \cdot P_{\text{ИМ}}^2 \right) \times \left\{ 1 - P_{\text{БВФ}} \left[ 1 - \left( 1 - P_{\text{ИМ}}^2 \right)^2 \right] \right\} \right\} \right\}^2, \quad (1)$$

где  $P_{\text{ПУ}}$ ,  $P_{\text{БВФ}}$ ,  $P_{\text{ИМ}}$  - вероятности безотказной работы, соответственно, блоков ПУ, БВФ и ИМ.

Для нахождения вероятностей  $P_{\text{ПУ}}$ ,  $P_{\text{БВФ}}$ ,  $P_{\text{ИМ}}$  были использованы графики вероятностей отказов  $Q(t)$  [3], представленные на рисунке 2.

Регрессии 2-го порядка, полученные путём аппроксимации графических зависимостей, описывали вероятности отказов  $Q(t)_{\text{ПУ}}$ ,  $Q(t)_{\text{БВФ}}$ ,  $Q(t)_{\text{ИМ}}$ . С учётом связи между вероятностями противоположных событий, зависимости были подставлены в формулу (1).

Значение  $Q(t)$  в диапазоне  $t=2000-4000$ , оказалось равным 0,74.

Отказ элементов, особенно, ИМ и БВФ становится более вероятным, по сравнению с ПУ СЭИ, после налёта часов, эквивалентных непрерывному полугодовому периоду эксплуатации СЭИ-85. С учётом реальной нагрузки, составляющей в авиакомпаниях 7-8 часов в сутки, вероятность отказа  $Q(t)$  указанных элементов СЭИ станет более 70% после 1,5 лет эксплуатации. Сравнение приведенных показателей надёжности блоков СЭИ-85 с надёжностью агрегатов систем, оказывающих непосредственное влияние на безопасность полетов, таких как насосы гидравлических [4] и топливных систем, гидроцилиндры и гидромоторы рулей хвостового оперения, позволяет сделать вывод о том, что они существенно ниже.

Необходимы дополнительные исследования и накопление статистики отказов, чтобы адекватно оценить надёжность системы электронной индикации самолета.

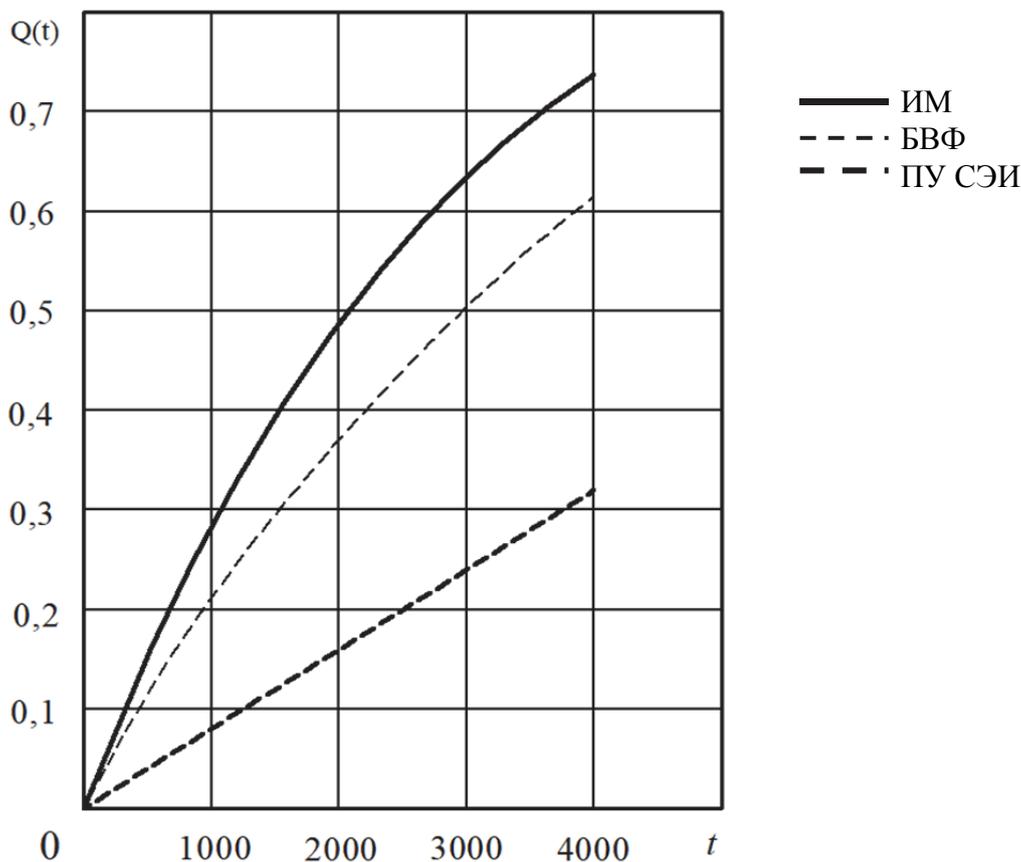


Рисунок 2 – Вероятность отказа блоков СЭИ-85

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Новожилов, Г.В. Безопасность полёта самолёта. Концепция и технология / Г.В. Новожилов, М.С. Неймарк, Л.Г. Цесарский. -М.: Машиностроение, 2003.-143 с.

2 Бойко, О.Г. Методологические особенности расчёта схемной надёжности функциональных систем самолётов гражданской авиации /О.Г. Бойко, Л.Г. Шаймарданов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. Красноярск. 2007. Вып. 4(17). С. 120-125.

3 Краснопеев, В.Б. Надёжность системы электронной индикации самолёта ТУ-204/ В.Б. Краснопеев, О.Г. Бойко // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева. Красноярск. 2007. № 2 (15). С. 58-59.

4 Шаймарданов, Л. Г. Анализ стратегии технического обслуживания рулевых приводов самолета Ту-154М / Л. Г. Шаймарданов, Е. А. Нартов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета им. академика М.Ф. Решетнева: сб. науч. тр. / под ред. Г. П. Белякова: Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярск, 2005. Вып. 6. С. 179-182.

УДК 53.06

Загородний Алексей Евгеньевич, студент; Zagorodny Aleksey Evgenevich  
Бобков Александр Викторович, доктор технических наук, доцент;  
Bobkov Alexander Viktorovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## СТАРТОВАЯ КАПСУЛА ДЛЯ ЗАПУСКА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ИЗ ТРАНСПОРТНО-ПУСКОВОГО КОНТЕЙНЕРА

## AUNCH CAPSULE FOR LAUNCHING AN UNMANNED AERIAL VEHICLE FROM A TRANSPORT AND LAUNCH CENTER OF THE CONTAINER

**Аннотация.** Данная работа описывает конструкцию стартовой капсулы, в которую предварительно помещают беспилотный летательный аппарат самолётного типа, запускаемый из транспортно-пускового контейнера с помощью электромагнитного поля, создаваемого рельсотроном.

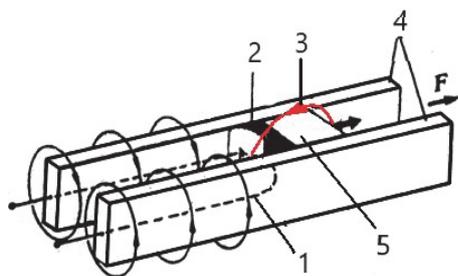
**Abstract.** This paper describes the design of the launch capsule, in which an unmanned aerial vehicle of an airplane type is previously placed, launched from a transport and launch container using an electromagnetic field created by a railgun.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, рельсотрон, транспортно-пусковой контейнер, стартовая капсула.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, railgun, transport and launch container, launch capsule.

Рельсотрон – электродинамический ускоритель массы, разгоняющий объект вдоль двух металлических направляющих с помощью силы Лоренца. Термин рельсотрон был предложен советским академиком Львом Арцимовичем в конце 1950-х годов [1].

Рельсотрон состоит из двух параллельных электродов, называемых рельсами, подключённых к источнику постоянного тока [2]. Разгоняемый объект размещается между двумя токопроводящими рельсами перед так называемой арматурой, выполняющей функцию толкателя. Электрический импульс, проходя через рельсы, создает в них противоположно направленные магнитные поля. Магнитное поле в арматуре, толкая объект в зазоре между рельсами, разгоняет его до заданной скорости (рисунок 1) [3]. Источником питания для рельсотрона, как правило, служит батарея конденсаторов, генерирующая короткий и мощный электрический импульс.



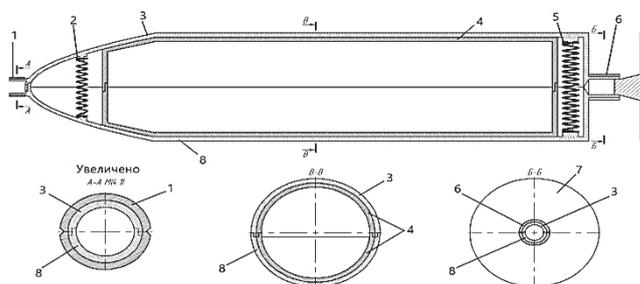
1 – линии тока; 2 – арматура;  
3 – магнитное поле; 4 – рельсы;  
5 - разгоняемый объект  
Рисунок 1 –Схема формирования магнитных полей в рельсотроне

Применение электромагнитных устройств в военных целях для запуска снарядов и различных типов летательных аппаратов является перспективным направлением совершенствования пусковых устройств на основе новых физических принципов. Использование рельсотрона в качестве пускового устройства можно рассматривать в качестве одного из направлений совершенствования транспортно-пусковых контейнеров (ТПК) беспилотных летательных аппаратов (БЛА) самолётного типа. Одной из проблем реализации пусковой функции по такому принципу станет электромагнитная незащищённость бортового оборудования БЛА, полупроводниковые элементы которого не рассчитаны на воздействие магнитного поля рельсотрона. Необходима разработка специальной конструкции транспортно-пускового контейнера БЛА, обеспечивающего электромагнитную защиту аппарата в момент старта [4].

Для этого предлагается БЛА помещать в стартовую капсулу, внешняя оболочка которой изготовлена из электропроводящего материала, выполняющей функцию экрана от электромагнитного излучения. После вылета из рельсотрона капсула раскрывается, давая возможность БЛА развернуть консоли крыла и продолжить полёт самостоятельно.

На рисунке 2 представлена схема капсулы. Её внешний корпус состоит из двух полуобечаяек, поз. 3 и 8, скреплённых обжимными кольцами, поз. 1 и 6. Изнутри полуобечайки подпружинены пружинами, поз. 2 и 5. На внутреннюю поверхность полуобечаяек нанесён слой электротеплоизоляции поз.4. В хвостовой части капсулы установлен упор, служащий для разделения полуобечаяек.

Работает данная конструкция следующим образом. Капсула с БЛА помещается в ТПК, снабжённый рельсотроном. Во время старта, при разгоне капсулы упор, поз. 7 раздвигает полуобечайки, разрывая хвостовое обжимное кольцо, поз. 6 на две части. После вылета капсулы из ТПК её полуобечайки в хвостовой части капсулы расходятся в разные стороны, что позволяет создать напряжение для разделения на две части носового обжимного кольца, поз. 1. После чего полуобечайки расходятся в разные стороны и скоростным напором воздуха отбрасываются, как отработанные ступени ракеты. БПЛА продолжает свой полёт без стартовой капсулы.



- 1 – носовое обжимное кольцо; 2 – носовая пружина;  
 3 – верхняя полуобечайка; 4 – внутренний слой изоляционного материала; 5 – хвостовая пружина; 6 – хвостовое обжимное кольцо;  
 7 – упор; 8 – нижняя полуобечайка

Рисунок 2 –Схема устройства стартовой капсулы

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Электромагнитная пушка: оружие будущего // TECHCULT.RU:новости высоких технологий. URL <https://www.techcult.ru/technics/1831-elektromagnitnauya-pushka> (дата обращения 03.04.2021).

2 Пат. 2554051, Российская Федерация, МПК8 H02K 41/00, F41B 6/00. Резонансный рельсовый ускоритель / Сухачев К.И. ; патентообладатель Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева /заявл. 15.07.2014 ; опубл. 20.06.2015, Бюл. №11. – 3. с.: ил.

3 Пат. 2094934, Российская Федерация, МПК8 H02K 41/00, F41F 7/00, H05H 15/00. Рельсотрон / Глинов А.П. ; патентообладатель Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований/заявл. 23.01.1996 ; опубл. 27.10.1997, Бюл. №22. – 2. с.: ил.

4 Гуревич В. И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения. — М.: Инфра-Инженерия., 2014. — 256 с.

УДК 629.7.02; 629.7.03; 629.7.035

Кирилин Вячеслав Дмитриевич, студент; Kirilin Vyacheslav Dmitrievich  
Марьин Сергей Борисович, doctor of technical sciences, профессор;  
Maryin Sergey Borisovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПРИМЕНЕНИЕ КРЫЛЬЧАТОГО РОТОРА НА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

### APPLICATION OF THE WING ROTOR ON AIRCRAFT

Аннотация. В работе представлен обзор актуальных исследований, **направленных** на создание приемлемой несущей системы для летательных аппаратов, предназначенных для создания транспортной 3D среды. Дана оценка возможности применения крыльчатого ротора для решения данной проблемы, как одной из наиболее возможных альтернатив.

**Abstract.** The paper presents an overview of current research aimed at creating an acceptable carrier system for aircraft designed to create a 3D transport environment. The possibility of using a vane rotor to solve this problem, as one of the most possible alternatives, is evaluated.

**Ключевые слова:** транспортная 3D среда, несущая система, мультироторная система, крыло, крыльчатый ротор, подъемная сила, движущая сила.

**Keywords:** 3D transport environment, carrier system, multirotor system, wing, wing rotor, lifting force, driving force.

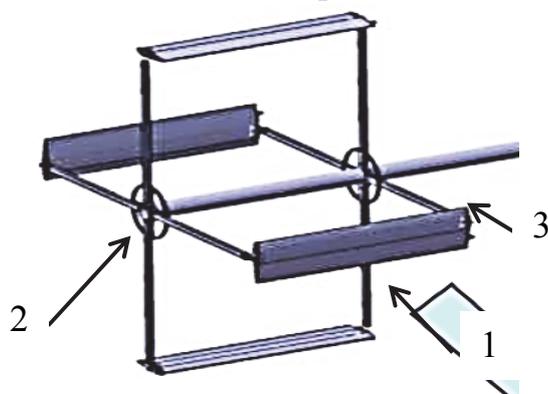
В силу созревших и перезревших проблем транспортного функционирования крупных городов планеты, актуальность их решения для создания комфортной среды обитания – очевидна.

Воздушное пространство стало рассматриваться как естественная трехмерная транспортная 3D среда, позволяющая выйти из тупика проблем, не решаемых на двухмерной плоскости [1].

Многочисленные инициативные группы десятков стран мира, поощряемые, создали сотни проектов и десятки образцов летательных аппаратов, для решения существующей проблемы. Практически все разработки опираются на попытках приспособить существующие типы летательных аппаратов, предполагающих наличие крыла или мультироторной системы, в разных вариациях.

Идея применения крыльчатого ротора цилиндрического вида, как устройство создания аэродинамической сила не нова. До 1935 г. предпринимались активные усилия в Германии, США, Англии, Франции и др. странах по применению крыльчатых движителей цилиндрического вида в качестве несущих и тяговых устройств летательных аппаратов, к 1936 г. работы по этим устройствам были свернуты, поскольку в дальнейшем развитии предпочтение было отдано, ставшими на сегодняшний день традиционным типам летательных аппаратов [2].

Крыльчатые ротора цилиндрического вида (рисунок 1), как устройства создания аэродинамической силы представляют собой цилиндрические ротора по окружности которых расположены на равных угловых расстояниях крылообразные лопасти, совершающие круговые (циклические) движения вместе с роторами и колебательные движения вокруг собственных осей, лежащих на плоскости цилиндров [3].



1 – лопасть крыльчатого ротора; 2 – тяга лопасти,  
3 – привод крыльчатого ротора

Рисунок 1 – Крыльчатый ротор цилиндрического вида

Энергетическая эффективность крыльчатого ротора цилиндрического вида определяется геометрическими параметрами лопасти, использованием оптимального закона колебания лопастей.

Преимуществом крыльчатого ротора цилиндрического вида является: малозумность; меньшие габариты, при равной тяге в сравнении с мультироторными системами; возможность посадки на наклонные и вертикальные поверхности летательных аппаратов, использующих в качестве несущей системы крыльчатый ротор цилиндрического вида.

Исследования крыльчатых роторов цилиндрического вида публично представлены – Сеульским университетом (Ю.Корея); Национальным университетом Сингапура (кафедра машиностроения); Компанией “D-Dalus” (Австрия). По состоянию на начало 2014 года наиболее значимые результаты получены Сеульской группой и компанией “D-Dalus”.

Крыльчатый ротор как устройство требует большого объёма теоретических и практических исследований для получения полных характеристик.

Создание нового транспортного средства требует значительного объёма научных и экспериментальных работ по разным направлениям, внедрения множества инновационных разработок: крыльчатая несущая система роторного типа; силовая установка; энергетическая установка: конструкция летательного аппарата; системы управления летательным аппаратом; массовое производство и утилизация [1].

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мельников, В.П. Массовые технологии транспортной среды 3D / В.П Мельников, Шитиков, А. Г. – Красноярск.: Арей, 2015. – 120 с.

2 Истмен, Ф. С. Циклокоптер с полным оперением / Ф. С. Истмен; пер. с англ. – Вашингтон.: Репт, 1951. – 317 с.

3 Проектирование, разработка и летные испытания БПЛА вертикального взлета и посадки, Циклокоптера : сб. науч. Тр. / Сеульский Национальный университет; отв. ред. Джо Ким. – Сеул.: 2015. – 99 с.

УДК 621.45.034

Королькова Екатерина Владимировна, студентка;

Korolkova Ekaterina Vladimirovna

Шарафутдинов Рамис Равилевич, студент; Sharafutdinov Ramis Ravilevich

Александров Юрий Борисович, кандидат химических наук, доцент;

Aleksandrov Yurii Borisovich

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ

## ЗАКРУЧЕННЫЕ ПОТОКИ В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

## SWIRLING FLOWS IN COMBUSTION CHAMBERS OF GAS TURBINE ENGINES

**Аннотация.** Данная работа представляет собой краткий обзор работ посвященных исследованию фронтального устройства камер сгорания газотурбинных двигателей. Приведены общие тенденции исследования и модели используемые при численном эксперименте.

**Abstract.** This work is a brief overview of works devoted to the study of the front-line arrangement of combustion chambers of gas turbine engines. General research trends and models used in the numerical experiment are presented.

**Ключевые слова:** камера сгорания, закрученный поток, лопаточный завихритель, зона обратных токов.

**Keywords:** combustion chamber, swirling flow, vane swirler, reverse flow zone.

Завихрители используются в камере сгорания для закрутки потока и создания зоны обратных токов, стабилизирующих процесс горения во избежание отрыва и погасания пламени. Завихрители очень важны для формирования полей температуры на выходе из камеры сгорания, а так же отвечают за эффективность смешения и горения газо-воздушной смеси. Это в свою очередь, играет роль и на эмиссионные характеристики камеры сгорания. Правильное проектирование завихрителя влияет на рабочие процессы всей камеры и ее гидравлические характеристики. В камерах сгорания ГТД в основном используют осевые лопаточные завихрители. Исследованию особенностей работы, которому посвящено много работ отечественных и зарубежных авторов. Например, в работе [1] рассматривается моделирование явления рециркуляции численным методом с использованием модели вязкости k- $\epsilon$  RNG. Авторы сравнивали базовый и оптимизированный дизайн завихрителей в камере сгорания. Результаты, полученные численно, показали, что оптимизированный завихритель образует зону рециркуляции меньшей ширины и большей длины, чем базовый. Сравнение CFD базовой модели завихрителя и предложенной оптимизированной модели завихрителя показывает, что при использовании оптимизированной модели в первичной зоне камеры сгорания образуется зона рециркуляции с высокой интенсивностью и большей длиной, что приводит к стабилизации пламени.

Еще одна работа [2] посвящена рассмотрению численного моделирования зоны обратных токов в камере сгорания ГТД. Расчёт выполнялся в CAE-системах с применением различных вариантов углов установки лопаток завихрителя. Удалось выявить несколько типичных случаев: а) зона обратных токов (ЗОТ), не соединённая с завихрителем и расположенная далее по потоку (срыв), б) зона обратных токов за завихрителем, начинающаяся в завихрителе (проскок пламени). На их основе можно с определенной точностью прогнозировать срывные характеристики камеры сгорания.

В еще одной работе авторов [3] говорится, о том, что создание зон обратных токов в импульсной камере сложная задача. Большое влияние на вихревую структуру потока оказывает угол закрутки лопаток завихрителя. На основании исследования была получена зависимость, что при увеличении угла закрутки объем зоны обратных токов тоже начинает увеличиваться. Наибольшие области занимаемые ЗОТ соответствуют углам от 15° до 40°, а между углами 40° и 60° есть значение, при котором объем ЗОТ до-

вольно быстро начинает убывать и при  $90^\circ$  равняется нулю. С помощью такой зависимости был определен угол закрутки, при котором объем ЗОТ в импульсной камере сгорания был максимален – угол равный  $35^\circ$ .

В работе [4] упоминается о том, что одним из самых эффективных способов появления рециркуляции является установка завихрителя в куполе вокруг топливной форсунки. Распад вихря вызывает рециркуляцию в области сердечника, когда величина вращения, сообщаемая воздушному потоку, высока. Такой вид рециркуляции дает лучшее перемешивание потоков. Его применяют в различных устройствах для контроля устойчивости и прочности горения.

В результате проведенного анализа публикаций были рассмотрены работы по исследованию работы завихрителя. Основные исследования авторов посвящены зоне обратных токов и ее численному расчету в сопоставлении с экспериментом. Можно выделить, что в основном авторы используют модели вязкости RSM, k-е RNG, DES. Анализ работ авторов показывает, что заихрители играют большую роль в процессах, происходящих в камере сгорания. Они создают зону обратных токов, которая способствует лучшему перемешиванию потоков, а также поддерживают устойчивость пламени, не давая произойти его отрыву или проскоку. Одной из важнейших характеристик завихрителя подлежащей рассмотрению и оптимизации является угол закрутки лопаток.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Daniel Alejandro Zavaleta-Luna, Marco Osvaldo Viguera-Zúñiga, Agustín L. Herrera-May, Sergio Aurelio Zamora-Castro, María Elena Tejeda-del-Cueto. Optimized Design of a Swirler for a Combustion Chamber of Non-Premixed Flame Using Genetic Algorithms// [www.mdpi.com/journal/energies](http://www.mdpi.com/journal/energies), Energies 2020. 13. 2240. P. 1-25.

2 Бирюк В. В., Орлов М. Ю., Зубрилин И. А., Синеговский Ю. А., Кривцов А. В. Определение размеров зоны обратных токов трехмерной модели камеры сгорания ГТД с помощью пакета ANSYS FLUENT// Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета № 5 (29) 2011 г. С. 44-48.

3 Исаев А. И., Сафарбаков А. М., Майрович Ю. И. Оптимизация управляющего воздействия на вихревую структуру в импульсной камере сгорания// Решетневские чтения. 2014. С. 142-144.

4 S. Pavithra, R. Swathi, K. Vinitha, Mr. N. Saravanakumar, K. Sathishkumar. Effect of Swirler in a Micro Gas Turbine Engine// International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) ISSN: 2278-0181 Published by, [www.ijert.org](http://www.ijert.org) CONFCALL - 2019 Conference Proceedings. P. 1-16.

УДК 629.544

Котышов Максим Андреевич, студент; Kotyshov Maxim Andreevich  
Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук;  
Zhurbina Irina Nikolaevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНТЕЙНЕРОВОЗА «HANSA CASTELLA»

## ANALYSIS OF ARCHITECTURAL FEATURES OF THE «HANSA CASTELLA» CONTAINER SHIP

**Аннотация.** Данная работа посвящена анализу архитектурного типа контейнерного судна «Hansa Castella». Рассмотрены конструктивные особенности. Представлена информация о проектных элементах судна.

**Abstract.** This work is devoted to the analysis of the architectural type of the container ship «Hansa Castella». The design features are considered. Information is provided about the design elements of the ship.

**Ключевые слова:** контейнеровоз, архитектура судна, проектные элементы.  
**Keywords:** container ship, ship architecture, project elements.

Контейнерное судно «Hansa Castella» построено в 1998 г. для Либерии на заводе «HANJIN ULSAN FACTORY» крупнейшего промышленного города Ульсан, Южная Корея (рисунок 1). Бывшие названия контейнеровоза: «Damaskus» до июля 2006 г.; «Cma Mersin» до марта 2000 г.; «Hansa Castella» до 23 марта 1999 г.; «Hans Castella» до января 1999 г.; «Hansa Castella» до 30 ноября 2018 г. [1]. Главные характеристики судна представлены в таблице 1.



Рисунок 1 – Контейнеровоз «Hansa Castella»

Контейнеровоз относится к классу судна KM1 Ice1 AUT1 [2]. При этом: KM1 – самоходное судно 1-й степени обеспечения непотопляемости; Ice1 – судно с ледовыми усилениями (самостоятельное эпизодическое плавание в мелкобитом разреженном льду неарктических морей и в сплошном льду в канале за ледоколом при толщине льда до 0,4 м); AUT1 – судно с автоматизацией (объем автоматизации механической установки, за исклю-

чением пассажирских судов и судов специального назначения, имеющих на борту специальный персонал более 200 чел., позволяет ее эксплуатацию без постоянного присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях и центральном посту управления).

Количество контейнеров на контейнеровозе «Hansa Castella»: трюм – 610 шт.; грузовые люки и палуба – 990 шт.

Между люками на поперечных переборках установлены судовые полноповоротные краны грузоподъемностью 28 тонн и вылетом стрелы 34 м. В корме установлен судовой полноповоротный кран грузоподъемностью 22 тонны и вылетом стрелы 37 м.

Таблица 1 – Главные характеристики контейнеровоза

Характеристика	Значение
Наибольшая длина, м	168,00
Длина между перпендикулярами, м	158,00
Ширина, м	27,25
Высота борта, м	13,80
Осадка, м	8,75
Грузовая вместимость, TEU	1600
Летний дедвейт, т	21473
Грузоподъемность, т	16915
Скорость, уз.	19,44

«Hansa Castella» представляет собой одновинтовое стальное судно, с бульбом в носовой оконечности и транцевой кормовой, двухпалубное, с двойными бортами и двойным дном, где располагаются балластные цистерны. Бортовые балластные цистерны доходят до нижней палубы. В двойных бортах между верхней и нижней палубами организован коридор, предназначенный для перемещения экипажа вдоль судна во время шторма. На судне 8 грузовых трюмов для установки контейнеров и 2 платформы для расположения контейнеров в кормовой части на верхней палубе. В трюме контейнеры закрепляются в ячеистых направляющих. В кормовой части судна под надстройкой расположено машинное отделение с главным двигателем мощностью 12240 кВт.

В настоящее время контейнеровоз «Hansa Castella» пришвартован на верфи разборки судов в Аланге, Индия.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 BalticShipping.com : сайт. – Латвия, 2005 –. – URL: <https://www.balticshipping.com/vessel/imo/9152595> (дата обращения 10.04.2021).

2 MarineTraffic: Global Ship Tracking Intelligence : сайт. – США, 2007 –. – URL: [https://www.marinetraffic.com/ru/ais/details/ships/shipid:757314/mmsi:-9152595/imo:9152595/vessel:HANSA\\_CASTELLA](https://www.marinetraffic.com/ru/ais/details/ships/shipid:757314/mmsi:-9152595/imo:9152595/vessel:HANSA_CASTELLA) (дата обращения 11.04.2021).

УДК 621.774.77

Кочкин Роман Александрович, студент; Kochkin Roman Alexsandrovich

Кузнецов Александр Константинович, студент;

Kuznetsov Alexsandr Konstantinovich

Потянихин Дмитрий Андреевич, кандидат физико-математических наук;

Potianikhin Dmitrii Andreevich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБЧАТОЙ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ НИППЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ**

### **COMPUTER SIMULATION OF TUBE BILLET FLARING PROCESS FOR NIPPLE CONNECTION**

**Аннотация.** Приводятся результаты моделирования методом конечных элементов напряженно-деформированного состояния трубчатой заготовки из алюминиевого сплава в процессе развальцовки трехроликвым инструментом для создания nippleного соединения.

**Abstract.** The results of simulation by the finite element method the stress-strain state of a tubular billet made of aluminum alloy in the process of flaring with a three-roller tool to create a nipple joint are presented.

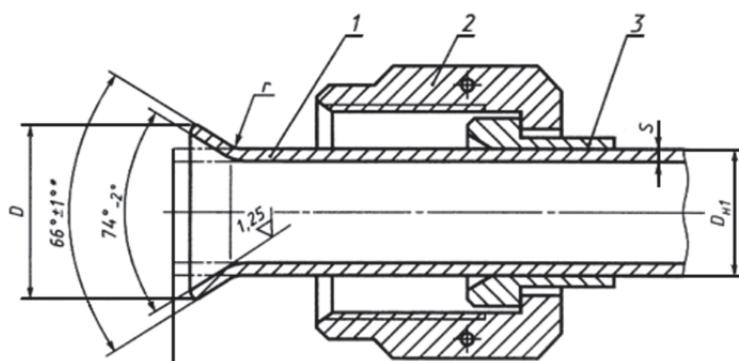
**Ключевые слова:** технологический процесс развальцовки, трубчатая заготовка, метод конечных элементов, напряжения, пластические деформации.

**Keywords:** flaring technological process, tubular billet, finite element method, stress, plastic strain.

Развальцовка – технологический процесс изготовления разъемных nippleных соединений трубопроводов, которые широко используются в гидросистемах летательных аппаратов. Процесс развальцовки концов труб состоит в получении конического раструба на конце трубы посредством приложения внешней силы изнутри трубы вращающимся инструментом.

Целью работы является построение и анализ модели технологического процесса развальцовки трубчатой заготовки трехроликвым инструментом. В последнее время подобные процессы изучаются в основном средствами компьютерного моделирования методом конечных элементов [1, 2]. Особенностью данной работы является использование трехроликового инструмента при построении модели процесса.

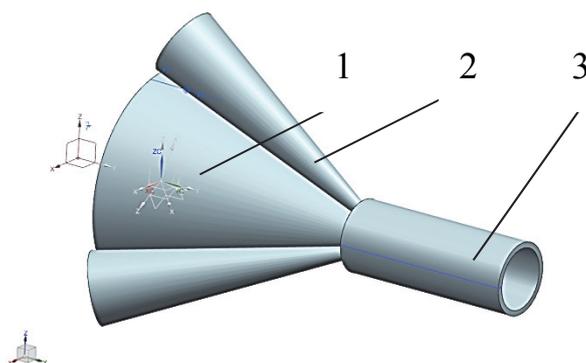
Форма и размеры готового изделия регламентируются ГОСТ 13954-74 «Концы труб развальцованные для соединений трубопроводов по наружному конусу. Конструкция и размеры» (рисунок 1).



1 - труба; 2 - гайка накидная по ГОСТ 13957-74;  
3 - ниппель по ГОСТ 13956-74

Рисунок 1 – Развальцованная труба с гайкой и ниппелем

Геометрическая модель, выполненная в Siemens NX 11, представлена на рисунке 2. Длина трубчатой заготовки в вычислительных экспериментах выбиралась равной 100 мм, внешний диаметр 32 мм, толщина стенки 2 мм. Углы среднего конуса и рабочих роликов выбраны для обеспечения угла 74 градуса на развальцованной трубе.



1 – средний конус, 2 – рабочие ролики, 3 – трубчатая заготовка  
Рисунок 2 – Геометрическая модель заготовки и инструмента

Расчет проводился в пакете САЕ-анализа ANSYS. Для описания напряженно-деформированного состояния заготовки и инструмента используется упруго-пластическая модель с линейным упрочнением. Рабочие ролики выполнены из стали 30ХГС, труба – из алюминиевого сплава Д16. Параметры модели для материалов, используемых в задаче, приведены в таблице 1 [3, 4].

Критерием наступления пластических деформаций материала является условие текучести Мизеса

$$(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2 = 2\sigma_T^2, \quad (1)$$

где  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  – главные напряжения,  $\sigma_T$  – предел текучести.

Контактную пару образуют трубчатая заготовка и рабочие ролики. Трубчатая заготовка считается неподвижной, инструмент совершает вращательно-поступательное движение.

Таблица 1 – Механические свойства материалов

Параметр	Материал	
	Сталь 30ХГС	Алюминиевый сплав Д16
Модуль Юнга $E$ , ГПа	205	74,6
Коэффициент Пуассона $\nu$	0,30	0,34
Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	876	318
Модуль упрочнения $E_T$ , ГПа	3,69	0,7
Предел прочности $\sigma_B$ , МПа	1000	520

Трение на контактных поверхностях не учитывается. Анализ напряженно-деформированного состояния формообразованной детали (рисунок 3) показывает, что напряжения не превосходят предел прочности материала.

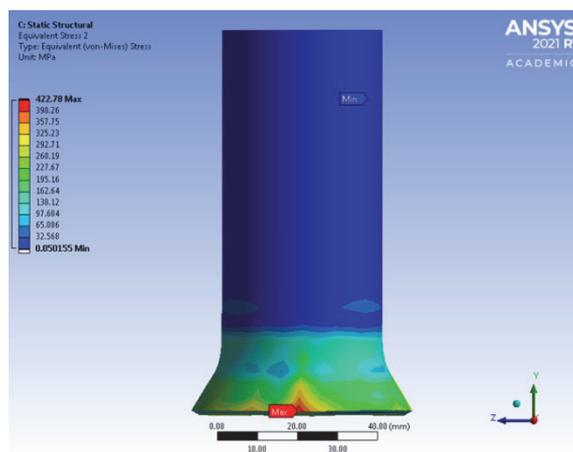


Рисунок 3 – Распределение напряжений в формообразованной детали

На основании проведенных расчетов можно сделать вывод, что выбранный инструмент применим для создания развальцованной трубы для ниппельного соединения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кошкин, Я. С. Моделирование процесса развальцовки трубной заготовки / Я. С. Кошкин // Труды Крыловского государственного научного центра. 2020. № S2. С. 276-281.

2 Потянихин, Д. А. Моделирование в ANSYS напряженно-деформированного состояния трубчатой заготовки при раздаче по осесимметричному пуансону / Д. А. Потянихин, Б. Н. Марьин // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2018. № 4 (37). С. 3-15.

3 Марочник сталей и сплавов / М. М. Колосков, Е. Т. Долбенко и др.; под ред. А. С. Зубченко. Москва: Машиностроение, 2001. 627 с.

4 Промышленные алюминиевые сплавы: справ. изд. / С. Г. Алиева, М. Б. Альтман, С. М. Амбарцумян и др. 2-е изд., перераб и доп. Москва: Metallurgy, 1984. 528 с.

УДК 551.521.14

Кривенко Марина Юрьевна, аспирант; Krivenko Marina Yuryevna  
Бобков Александр Викторович, доктор технических наук, доцент;  
Bobkov Alexander Viktorovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## РАСЧЁТ ВНЕШНЕЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА СОЛНЕЧНОЙ СТОРОНЕ ОРБИТЫ

### CALCULATION OF THE EXTERNAL THERMAL LOAD OF THE SPACE VEHICLE ON THE SOLAR SIDE OF THE ORBIT

**Аннотация.** В статье представлены результаты расчёта внешних тепловых потоков, действующих на космический аппарат на солнечной стороне орбиты.

**Abstract.** The article presents the results of calculating external heat fluxes acting on a spacecraft on the solar side of the orbit.

**Ключевые слова:** космический аппарат, солнечное излучение, тепловой поток.

**Keywords:** spacecraft, solar radiation, heat flux.

Система терморегулирования (СТР) космического аппарата (КА) обеспечивает тепловой режим внутри гермоотсека приборного оборудования КА, поддерживая температуру в заданном диапазоне  $20 \pm 5^\circ \text{C}$ . Энергопотребление СТР зависит от тепловых потоков, которые бывают внутренними и внешними. К внутренним относится тепло, излучаемое приборным оборудованием. Источниками внешних тепловых потоков являются [1, 2]:

- 1) прямое солнечное излучение;
- 2) отраженное от Земли солнечное излучение;
- 3) собственное тепловое излучение Земли;
- 4) атмосферный тепловой поток при полёте в атмосфере Земли.

К основным внешним источникам относится излучение Солнца. Тепловой поток прямого солнечного излучения достигает КА только на освещенном участке орбиты. На теневом участке тепловое воздействие Солнца на аппарат отсутствует. Кроме прямых солнечных лучей на КА действует отражённое от Земли солнечное излучение и собственное тепловое излучение Земли.

Энергопотребление СТР зависит от тепловой нагрузки, в частности, внешней. Нагрев КА на солнечной стороне орбиты существенно больше, чем на теневой стороне. Поэтому для оптимизации алгоритма режима электропотребления в графике работы системы терморегулирования необходимо знать пиковое значение внешней тепловой нагрузки, приходящейся на солнечную сторону орбиты КА. С этой целью был проведён расчёт составляющих солнечного теплового потока, действующего на КА на солнечной стороне орбиты.

Тепловая мощность прямого солнечного излучения  $Q_{\text{солн}}$ , действующего на конструкцию КА, вычислялась по формуле [2]:

$$Q_{\text{солн}} = q_{\text{солн}} \cdot A_C \cdot S_{\text{МКА}} \quad (1)$$

где  $q_{\text{солн}}$  - плотность солнечного излучения,  $q_{\text{солн}} = 1396 \text{ Вт/м}^2$ ;  $S_{\text{МКА}}$  - площадь миделя конструкции КА по направлению солнечного потока, принято  $S_{\text{МКА}} = 7 \text{ м}^2$ ;  $A_C$  - оптический коэффициент покрытия внешней поверхности КА, для серебряного покрытия принято  $A_C = 0,3$ .

Поток прямого солнечного излучения  $Q_{\text{солн}}$  составил 312,17 Вт. На теновом участке орбиты значение теплового потока прямого солнечного излучения было принято равным 0.

Изменение плотности солнечного потока, отражаемого Землёй  $q_{\text{отр}}$  в диапазоне изменения высоты орбиты от 500 до 10 000 км представлено на рисунке 1. Нижняя граница диапазона соответствует высоте орбиты пилотируемых КА, верхняя граница высоте орбиты КА связи.

Тепловой поток  $Q_{\text{отр}}$ , отраженный от Земли, действующий на конструкцию КА, равен:

$$Q_{\text{отр}} = q_{\text{отр}} \cdot A_C \cdot S_{\text{Мотр}} \quad (2)$$

где  $S_{\text{Мотр}}$  - площадь миделя КА по направлению отраженного от Земли солнечного потока, принято  $S_{\text{Мотр}} = 7 \text{ м}^2$ .

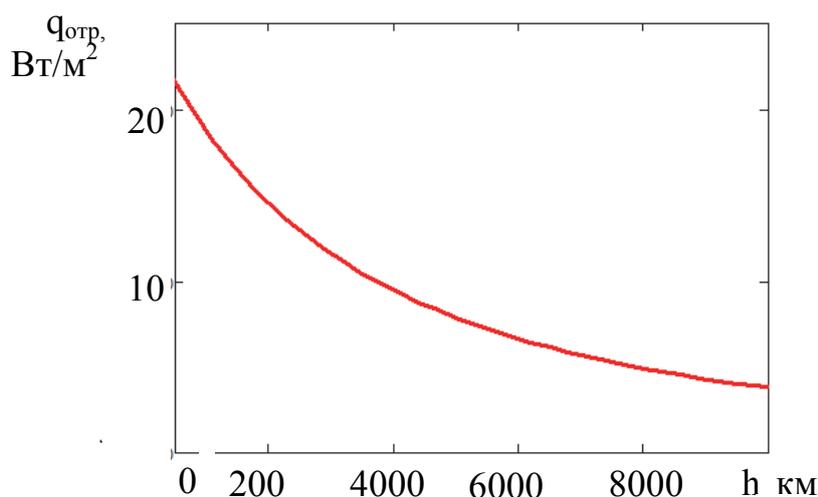


Рисунок 1 - Величина плотности солнечного потока, отражаемого Землёй

Величина теплового потока, отраженного от Земли и нагревающего КА, представлена на рисунке 2. При высоте орбиты 500 км со стороны Земли КА получает внешнюю тепловую нагрузку, равную 822 Вт, на высоте 10000 км 170 Вт.

Суммарная величина теплового потока от Земли и солнечного излучения  $Q_{\Sigma}$ , действующего на КА на освещённой стороне орбиты, представлена на рисунке 3. При удалении от Земли тепловой поток уменьшается на 20% с  $Q_{\Sigma} = 3,9 \text{ кВт}$  при  $h = 500 \text{ км}$ , до  $Q_{\Sigma} = 3,26 \text{ кВт}$  на высоте  $h = 10000 \text{ км}$ . Полученные расчётные пиковые значения внешнего теплового потока должны учитываться при разработке графика потребления электроэнергии системой терморегулирования КА.

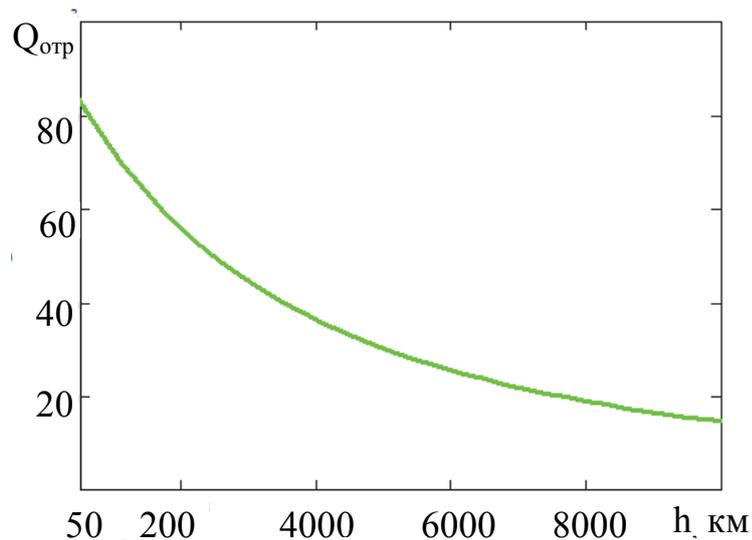


Рисунок 2 - Величина теплового потока, отражаемого Землёй

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Алексеев, В. А. Обеспечение теплового режима радиоэлектронного оборудования космических аппаратов: учеб. пособие / В. А. Алексеев, В. В. Малоземов. - Москва: МАИ, 2001. – 52 с.

2 Никольский, В. В. Исследование процессов в бортовых системах автоматических космических аппаратов / В. В. Никольский. – Балт. гос. техн. ун-т: СПб., 2013. – 59 с.

УДК 656.1

Крылов Павел Вячеславович, студент; Krylov Pavel Vyacheslavovich  
 Журбина Ирина Николаевна, кандидат физико-математических наук;  
 Zhurbina Irina Nikolaevna  
 Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ТРАНСПОРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЭЛЬГИНСКОЕ

## TRANSPORT CHARACTERISTICS OF THE COAL MINE ELGIN-SKOE DEPOSITS

**Аннотация.** Данная работа посвящена обзору Эльгинского месторождения угля. Приведены общие сведения: местоположение, инфраструктура, добываемая продукция, конкурентные преимущества.

**Abstract.** This work is devoted to the overview of the Elginsky coal deposit. General information is provided: location, infrastructure, products produced, competitive advantages.

**Ключевые слова:** угольное месторождение, рентабельность производства, экспортный потенциал.

**Keywords:** coal deposit, profitability of production, profitability of production.

Эльгинское угольное месторождение – мощное угольное месторождение в юго-восточной Якутии, принадлежащее АО Холдинговой компании «Якутуголь» (дочерняя структура горно-металлургического холдинга «Мечел»). Добыча угля на этом месторождении началась в 2011 г. (рисунок 1). От Байкало-Амурской магистрали до Эльгинского месторождения протягивается железнодорожная ветка Улак-Эльга протяженностью 321 км, построенная компанией «Мечел», которая проложена в сложных геологических и климатических условиях. По маршруту Улак-Эльга расположено 74 моста и 350 гидротехнических сооружений. Это единственный в России крупный объект железнодорожной инфраструктуры, построенный силами частного инвестора.



Рисунок 1 – Эльгинское месторождение угля

Эльгинский угольный комплекс состоит из обогатительной фабрики, объектов ремонтно-складского хозяйства и инженерно-технического обеспечения. Схема Эльгинского угольного комплекса показана на рисунке 2. [1]

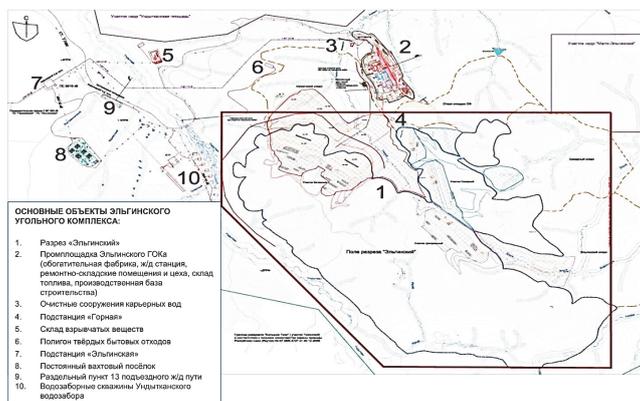


Рисунок 2 – Схема Эльгинского комплекса

Общий объем запасов месторождения составляет около 2,2 млрд т коксующегося высококачественного угля ценной марки «К9». Производственная мощность Эльгинского разреза 12 млн т угля в год. Месторождение разрабатывается открытым способом.

Конкурентные преимущества Эльгинского месторождения:

- дефицитные марки угля;
- низкая себестоимость добычи;
- близость к основным рынкам сбыта.

Короткое транспортное плечо повышает рентабельность Эльгинского месторождения. Расстояние по железной дороге:

- до порта Владивосток в Приморье – 2430 км;
- до порта Ванино в Хабаровском крае – 1900 км.

Экспортный потенциал России по металлургическим углям благодаря Эльгинскому проекту может быть увеличен более чем на 50 %. Поставки угля на экспорт компанией «Якутуголь» производятся в страны Азиатско-Тихоокеанского региона, Украину.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Освоение Северо-Западного участка Эльгинского каменноугольного месторождения в Республике Саха (Якутия) : ВЭБ.РФ - государственная корпорация развития. – URL: <http://premiya-razvitiya.ru/archive/2014> (дата обращения 12.04.2021).

УДК621.165

Лынная Анастасия Александровна, магистр; Anastasia Alexandrovna Lыnnik  
Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент;  
Khvostikov Alexander Stanislavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГАЗОСТАТИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ В ВЫСОКОСКОРОСНЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРАХ

## INVESTIGATION OF THE OPERATION OF GAS-STATIC BEARINGS IN HIGH-SPEED TURBO GENERATORS

**Аннотация.** Повышение эффективности и надежности работы паротурбинной установки посредством перевода на бинарный цикл Ренкина. Работа посвящена исследованию динамических характеристик высокоскоростных турбогенераторов. Для исследования спроектирован стенд и методика исследования влияния дисбаланса ротора турбогенератора на динамические характеристики подшипников.

**Abstract.** To improve the efficiency and reliability of the steam turbine unit, you can switch to the binary Rankine cycle. The paper is devoted to the study of the dynamic characteristics of high-speed turbo generators. For the study, a stand and a method for studying the effect of the turbogenerator rotor imbalance on the dynamic characteristics of bearings were designed.

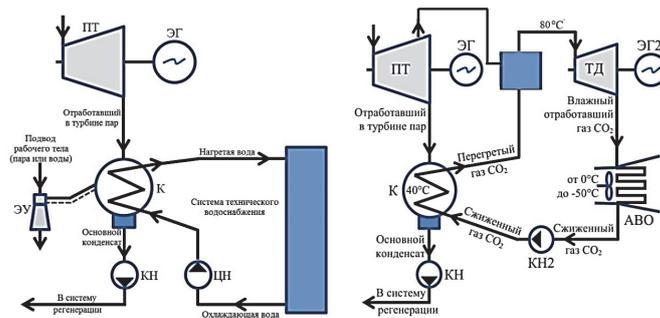
**Ключевые слова:** бинарный цикл Ренкина, высокоскоростной турбогенератор, динамические характеристики, экспериментальный стенд.

**Keywords:** binary Rankine cycle, high-speed turbo generator, dynamic characteristics, experimental bench

В настоящее время на тепловых электрических станциях наибольшее распространение получили паротурбинные установки, на долю которых приходится более 80% выработанной электроэнергии. Однако в таких установках теряется большое количество низкопотенциального тепла, что снижает их эффективность. Уменьшить температуру конденсации и, как следствие, повысить эффективность установки может применение бинарного цикла Ренкина путем пристройки с фреоном в качестве рабочего тела. Для повышения выработки тепловой и электрической энергии в тепловую схему станции предлагается ввести фреоновый контур.

Необходимость такой пристройки обуславливается низкой эффективностью и влажностью пара части низкого давления турбины. Фреон работает в области сухого пара и, как следствие, отсутствует коррозионный износ лопаток и пропадает необходимость дегазации и деминерализации подпиточной воды. Фреоновый цикл можно использовать и на основе более глубокой утилизации энергии конденсатора. Применение органического цикла Ренкина становится экономически эффективным при температуре низкопотенциального источника выше 80°C [1].

Во фреоновой пристройке пар турбины направляется в конденсатор испаритель, где, в свою очередь, нагревает низкокипящее рабочее тело (в данном случае фреон). После этого с помощью отборов паровой турбины фреон подогревается до температуры не менее 80°C. Образовавшийся пар фреона подается на фреоновую турбину, где происходит его расширение до насыщенного состояния и выработка дополнительной электрической энергии соответственно. Отработанный хладагент поступает в конденсатор, находящийся в сухой градирне. Сконденсировавшийся фреон направляется насосом в испаритель, замыкая контур циркуляции (рисунок 1).



ПТ – паровая турбина; К – конденсатор паровой турбины;  
 ЭУ – эжектирующее устройство; КН – конденсатный насос;  
 ЦН – циркуляционный насос; ЭГ – электрогенератор

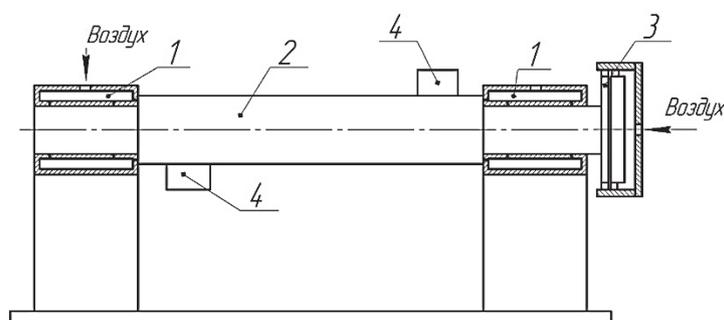
Рисунок 1 – Принципиальная схема конденсационной установки ТЭС

Теоретические исследования эффективности внедрения фреонового цикла в цикл ПТУ выполнены. Однако для работы фреонового цикла требуется разработка высокоскоростного турбодетандерана бесконтактных подшипниках. Наиболее слабым местом являются именно подшипники. Предлагается рассмотреть эффективность газостатических подшипников в составе высокоскоростного турбогенератора.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи:

- 1) выполнить анализ эффективности паротурбинной установки совместно с фреоновой турбиной;
- 2) произвести расчет модульной турбинной ступени фреоновой паротурбинной установки и высокоскоростного турбогенератора;
- 3) произвести теоретический расчет газостатических подшипников;
- 4) провести экспериментальные исследования динамических характеристик газостатических подшипников.

Для проведения экспериментальных исследований динамических характеристик газостатических подшипников был разработан экспериментальный стенд с учетом рекомендаций, описанных в работе[2]. Ротор турбогенератора (п.2, рисунок 2) с помощью привода (п.3, рисунок 2) раскручивается до частоты  $50\,000 - 100\,000 \text{ мин}^{-1}$ . Регулируя веса грузиков (п.4, рисунок 2) можно исследовать динамические характеристики газостатических подшипников (п.1 рисунок 2).



- 1 – газостатические подшипники, 2 – ротор турбогенератора,  
3 – трубопровод, 4 – грузики дисбаланса

Рисунок 2 – Экспериментальный стенд по исследованию влияния дисбаланса ротора турбогенератора на динамические характеристики подшипников

На работоспособность газостатических подшипников оказывают влияние конструктивные параметры (диаметр питающих отверстий, зазор, длина и диаметр подшипника) и режимные параметры (частота вращения, давление наддува, величина дисбаланса). Регулированием режимных и конструктивных параметров возможно проведение исследования влияния дисбаланса ротора турбогенератора на динамические характеристики подшипников с подбором более оптимальных параметров работы.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Тригенерационный энергокомплекс на низкокипящих теплоносителях / Шадек Е.Г., Маршак Б.И., Крыкин И.Н., Блинов А.Н. // Энергосбережение. 2015. № 5. С. 58-72.

2 Хвостиков А.С. Совершенствование измерительного стенда исследования динамики высокоскоростных роторных систем // Современные наукоемкие технологии. 2020. № 3. С. 87-91.

УДК 629.735

Лю Бинь, студентка; Lio Bin

Куриный Владислав Викторович, кандидат технических наук, доцент

Vladislav Viktorovich Kurinyi

Комсомольский - на- Амуре государственный университет

## НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДВУХСРЕДНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ

## DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF TWO-MEDIUM UNMANNED VEHICLES

**Аннотация.** В статье представлены перспективные направления развития беспилотных летательных аппаратов двухсредных и грузовых дронов. Представлены конструкции разработанных в ФГБОУ ВО «КнАГТУ» двухсредного и грузового дрона.

**Abstract.** The article presents promising directions for the development of unmanned aerial vehicles of two-medium and cargo drones. The designs of the two-medium and cargo drones developed at KnAGTU are presented.

**Ключевые слова:** двухсредный дрон, грузовой дрон.

**Keywords:** two-medium drone, cargo drone.

В настоящее время сфера применения беспилотных аппаратов (БА) стремительно увеличивается. Беспилотные аппараты передвигаются по поверхности земли, плавают под водой и над водой. Летают в воздушной среде и в космосе.

Из всех направлений развития БА наиболее перспективными мы считаем двухсредные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и городские, грузовые БПЛА. Разработки подобных аппаратов проводятся в ФГБОУ ВО Комсомольский-на-Амуре государственный университет.

Проанализировав конструктивные схемы разработанных двухсредных БПЛА был предложен новый вариант конструкции, позволяющий обеспечить аппарат следующими характеристиками [1]:

- высокая скорость полета;
- хорошая полётная манёвренность;
- вертикальный взлет и посадка;
- устойчивый режим висения;
- неплохая скорость подводного движения;
- хорошая управляемость в подводном режиме;
- отсутствие дополнительных движителей;
- компактность;
- обтекаемость корпуса.

Общий вид разработанного и изготовленного дрона представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Изготовленный ДБА с блоком управления

Также студенткой группы БТС1 Лю Бинь, разработан проект грузового дрона общий вид которого представлен на рисунке 2. Он включает в себя силовой каркас и грузовой контейнер. Основной каркас состоит из вертикальных балок, которые расположены по обеим сторонам контейнера, и горизонтальной балки, расположенная внутри грузового контейнера. Сам контейнер выполнен в виде крыла малого удлинения и имеет толстый симметричный аэродинамический профиль. Обтекатели электродвигателей симметрично расположены на обоих концах вертикальных балок, в них размещаются батареи аккумуляторов и регуляторы скорости (ESC),

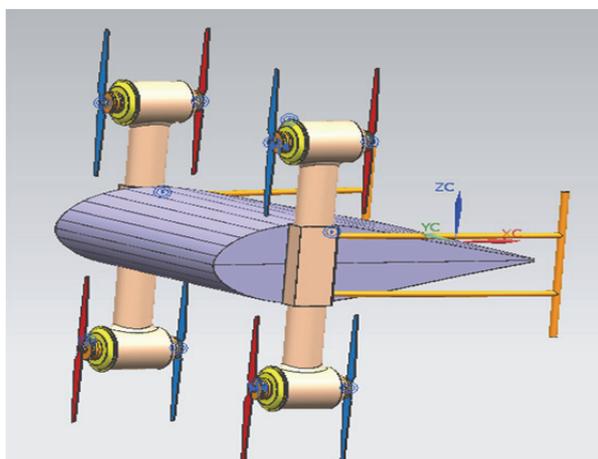


Рисунок 2 Общий вид грузового БПЛА в горизонтальной полете

Разработанные проекты беспилотных аппаратов позволяют отработать технологии изготовления и расчета БПЛА.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Солецкий В. В., Нюняйкина М. С., Перевалов А. А., Куриный В. В. Двухсредный беспилотный летательный аппарат «Ученые записки КнАГТУ». № II - 1(38) 2019 «Науки о природе и технике», с. 4 – 15.

УДК 656.7:629.7.02

Лю Бинь, студентка; Lyu Bi

Лозовский Иван Владимирович; Lozovsky Ivan Vladimirovich;

Куриный Владислав Викторович; Kuriny Vladislav Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ГРУЗОВОЙ БПЛА С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВЗЛЕТОМ И ПОСАДКОЙ

### CARGO UVA WITH VERTICAL TAKE-OFF AND LANDING

**Аннотация.** В статье описана разработанная конструкция малого грузового беспилотного летательного аппарата (БПЛА) для использования в городской среде.

**Abstract.** The article describes the developed design of a small cargo unmanned aerial vehicle (UAV) for use in an urban environment.

**Ключевые слова:** грузовой БПЛА, вертикальный взлет и посадка.

**Keywords:** cargo drone, vertical takeoff and landing.

Недостаточная пропускная способность наземных и подземных транспортных сетей, вызванная глобальной урбанизацией, создаёт необходимость в новой форме городского воздушного транспорта.

Для решения проблемы можно использовать грузовой БПЛА с функцией вертикального взлета и посадки. Грузовой БПЛА был разработан на базе ART 70 [1] и Boeing UAV [2]. Он включает в себя силовой каркас и конструкцию грузового контейнера. Основной каркас состоит из вертикальных балок, которые расположены по обеим сторонам контейнера, и горизонтальной балки, расположенная внутри грузового контейнера. Сам контейнер выполнен в виде крыла малого удлинения и имеет толстый симметричный аэродинамический профиль. Обтекатели электродвигателей симметрично расположены на обоих концах вертикальных балок, в них размещаются батареи аккумуляторов и регуляторы скорости (ESC), (рисунок 1). Разработанный БПЛА взлетает вертикально. После взлета БПЛА переходит в горизонтальный полет по «самолетному» (рисунок 1).

Материалом корпуса БПЛА является пластик PETG с углеродным наполнителем, который имеет высокую жесткость, ударопрочность и прочность на разрыв [3]. Использование технологии 3D-печати с углеродным наполнителем снижает вес конструкции аппарата и уменьшает трудоёмкость изготовления.

Основные характеристики разработанного БПЛА приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Параметры данных БПЛА

$m_{п.н.}, \text{кг}$	$m_0, \text{кг}$	$\overline{m}_{п.н.}$	$V_{\text{max}}, \text{км/ч}$	Дальность, км	Тяга двигателя, даН	Диаметр и шаг винта, дюйм
102	200	0.5	110	50	41.944×8	40×13.1

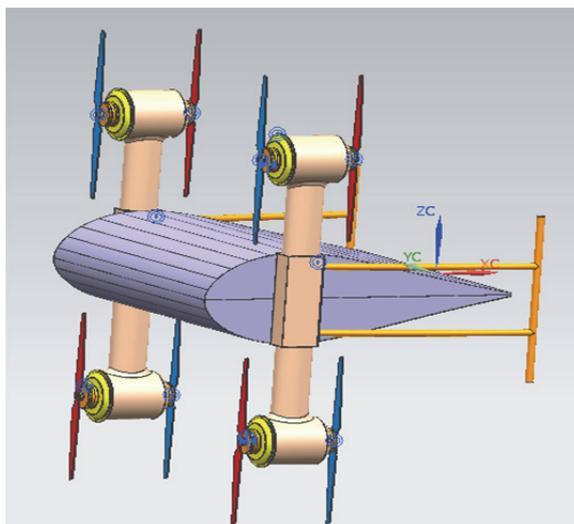


Рисунок 1 – Общий вид грузового БПЛА в горизонтальном полете

Применение широкой сети грузовых БПЛА позволит значительно разгрузить транспортные сети крупных современных городов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 АРТ 70 [Электронный ресурс]: URL: <https://zen.yandex.ru/media/futurycon/odin-iz-krupneishih-gruzovyh-dronov-gotovitsia-k-kommercheskomu-ispolzovaniiu-5d6d087cdfa9ce00ad8708ba>

1. Boeing CAV [Электронный ресурс]: URL: <https://www.boeing.com/features/2019/05/cav-first-flight-05-19.page>.

2 Материал для 3D печати [Электронный ресурс]: URL: <https://zhuanlan.zhihu.com/p/149471950>.

УДК 629.735

Лю Бинь, студентка группы БТС1. Lio Bin

Куриный Владислав Викторович, кандидат технических наук, доцент

Kurinyi Vladislav Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЛАМЕНТОВ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ ПЛАНЕРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

#### COMPARATIVE ANALYSIS OF FILAMENTS FOR 3D PRINTING OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE AIRFRAME

**Аннотация.** Проведен анализ филаментов с целью подбора вида пригодного для изготовления объектов контактирующих с водой по физико-механическим и химическим характеристикам. Подобраны тесты для определения физико-химических характеристик филамента. Рекомендован для изготовления двухсредных дронов пластики PETG и NIPS.

**Abstract.** Filaments have been analysed to identify a type suitable in its physical, mechanical and chemical characteristics for manufacturing objects in contact with water. Tests to determine physical and chemical characteristics of the filament have been selected. PETG and HIPS plastics are recommended for manufacturing two-media UAV.

**Ключевые слова:** двухсредный дрон, аддитивные технологии, филамент, 3d печать, тест на герметичность, технология 3d печати.

**Keywords:** two-media UAV, additive technology, filament, 3D printing, leak test, 3D printing technology.

В настоящее время из большого количества филаментов предлагаемых мировой промышленностью для печати FDM технологией в России наиболее распространены и применяются следующие виды филаментов.

ABS-пластик (акрилонитрил бутадиен стирол, химическая формула  $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$ ) [1]. Из-за сочетания трех элементов ABS-пластик обладает хорошими характеристиками: акрилонитрил придает химическую стабильность, определенную жесткость и твердость, бутадиен повышает прочность, ударную вязкость и морозостойкость; стирол придает хорошие диэлектрические свойства и повышает технологичность. Фактические параметры ABS-пластика для 3D-печати зависят от спецификаций производителя. Во многих случаях ABS смешивается с другими термопластиками (например, полистиролом), что приводит к изменению температуры экструзии, устойчивости к определенным растворителям и пр. Обладает значительной деламацией и требует закрытой камеры 3d печати.

PLA-пластик производят из биоматериалов [2].

Этот пластик наиболее прост в печати, полностью натурален и биоразлагаем. Этот материал хорошо подходит для конечных деталей, не подвергающихся интенсивной эксплуатации.

Основные особенности PLA-пластика:

- материал не требует подогреваемой платформы для печати и в большинстве случаев печатается без использования средств для адгезии;
- материал 'не капризен' и требует минимум навыков подготовки модели к печати;
- материал позволяет печатать детали больших размеров без закрытой камеры для печати;
- конечные изделия достаточно плохо подвергаются механической постобработке;
- PLA-пластик хорошо подвергается химической постобработке дихлорметаном. Так же можно использовать дихлорэтан.

Полистирол HIPS [2]. HIPS относится к категории термопластичных полимеров. В процессе ее производства в основное сырье на основе полистирола добавляется полибутадиен, в результате чего филамент приобретает эластичность каучука с высокими прочностными свойствами. HIPS

похож на такие филаменты, как ABS, SBS, PLA, однако по многим параметрам он их превосходит, в частности:

- не поглощает воду, не разлагается в обычной среде и может храниться в открытой упаковке или даже без нее;
- обладает высокой степенью мягкости, что существенно упрощает постобработку готовых моделей;
- экологичен и полностью безопасен для людей, животных и окружающей среды;
- универсален – может использоваться в качестве основного или вспомогательного материала печати.

Процесс 3D-печати ударопрочным полистиролом схож с печатью ABS пластиком. Здесь также следует использовать 3D-принтер с подогреваемой платформой и закрытой камерой. Также желательно включать охлаждение сопла для более ровного остывания слоев и получения максимально гладкой поверхности напечатанного изделия.

PETG Полиэтилентерефталат (полиэтиленгликольтерефталат, ПЭТФ, ПЭТ, ПЭТГ, лавсан, майлар) — термопластик, наиболее распространённый представитель класса полиэфиров, известен под разными фирменными названиями [.

Основных преимущества и характеристики филамента PETG:

- Высокая прочность
- Имеет высокую межслойную адгезию
- Низкий риск закручивания слоев
- Химически стоек, «не боится» щелочей, кислот, воды.
- Отсутствие запаха при печати

Каждый из рассмотренных выше материалов, имеет ряд преимуществ и недочетов. Для того, чтобы наиболее точно сделать выбор филамента соответствующий технологическим требованиям и области применения разрабатываемого БПЛА составим сравнительную таблицу технических характеристик, а после, сделаем вывод (таблица).

Таблица – Характеристики пластиков предназначенных для 3d печати

Тип пластика	ABS	PLA	HIPS	PETG	Nylon
Температура экструдера, С°	220-235	180-220	230-240	230-255	235-270
Температура размягчения, С	100	50	96	82	100
Температура плавления, С	220	173-178	210-260	-	214-240
Модуль упругости	1,5-2,3	3,3-3,8	2,3	-	0,9-1
Предел прочности на изгиб	41	55,3	33	-	-
Предел прочности на разрыв	22	57,8	62	-	66
Относительное удлинение, %	6	3,8	65	40	300
Усадка, %	0,8	0,4-0,7	0,8	0	1,2-2
Плотность	1,05	1,24	1,05	1,27	1,134
Твердость по Роквеллу	81-116	70-90	79	106	-
Влагопоглощение, %	0,2-0,3	2-50	0	0	3,09

Проанализировав данные сводной таблицы технических характеристик филаментов, можно сделать вывод, что наиболее подходящими и технологически выгодными материалами для разрабатываемого двухсредного БПЛА являются пластики HIPS и PETG.

Основными характеристиками влияющими на выбор в сторону этих филаментов являются: плотность и влагопоглощение, которые прямым образом влияют на самые важные параметры, такие как масса летательного аппарата, а так же герметичность и влагоустойчивость корпуса дрона.

Для изготовления основных элементов корпуса БПЛА будет применяться PETG пластик, в связи с наименьшей плотностью 1,05, при нулевом проценте влагопоглощения, применяя этот филамент планируется добиться самых выгодных показателей массы летательного аппарата, а так же возможности погружения дрона под воду без риска потери герметичности.

Материал HIPS так же имеет нулевой процент влагопоглощения, но он обладает самой большой плотностью, что может привести к нежелательному утяжелению аппарата, несмотря на это, данный вид филамента отлично подходит для изготовления гибких, соединительных механизмов аппарата.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 [https://3dtoday.ru/wiki/abs\\_plastic/](https://3dtoday.ru/wiki/abs_plastic/).
- 2 <https://rusabs.ru/blogs/blog/razlichie-mezhdu-abs-i-pla-dlya-3d-pechat/>.
- 3 <https://3dtoday.ru/blogs/bestfilament/petg-filament-an-overview-stepbystep- settings- problems-and-their-solut/>.

УДК 629.7.01

Ма Юйбинь, студент 4 курса; Ma Yubin

Бобков Александр Викторович, д.т.н., доцент; Bobkov Alexander Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **МОДИФИКАЦИЯ СОСТАВА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

#### **MODIFICATION OF THE COMPOSITION OF RELIABILITY INDICATORS DURING MAINTENANCE OF AVIATION EQUIPMENT**

**Аннотация.** Рассмотрены и систематизированы 4 показателя оценки надёжности авиационной техники, основанные на среднем налете на неисправность.

**Abstract.** Considered and systematized 4 indicators based on the average flight time for a malfunction, which are used to assess the reliability of aircraft.

**Ключевые слова:** самолет, нормы летной годности, отказ.

**Keywords:** aircraft, airworthiness standards, failure.

Техническое обслуживание авиационной техники (АТ) предполагает накопление статистики отказов её агрегатов, устройств и приборного оборудования с целью разработки мероприятий по повышению эксплуатационной надежности [1-4]. Эффективность принятия оперативных мер по предупреждению отказов зависит как от набора параметров, учитываемых статистикой, так и от периодичности проведения анализа собранной информации. В частности, периодический анализ проводится не менее одного раза в квартал. Он включает в себя следующие процедуры: определение показателей безотказности АТ и причин их изменения; оценка эффективности технического обслуживания авиационной техники; оценка эксплуатационной документации.

У разработчиков авиационной техники, в отличие от специалистов по техническому обслуживанию, на момент проектирования новой техники отсутствует статистика отказов в режиме эксплуатации изделия. Они рассматривают понятие "надежность функционирования АТ", используя для анализа показатели, установленные в Нормах летной годности самолетов различных типов, прописанных в Авиационных правилах. Нормы, на основе учёта условий эксплуатации, содержат расчетные параметры, учитывающие рекомендуемые режимы полета для данного типа самолета. В них надежность характеризуется вероятностью возникновения отказа различной степени тяжести в течение одного часа полета. Степень тяжести классифицируются по трём видам, которые перечислены ниже по степени нарастания тяжести последствий:

- сложная,
- аварийная,
- катастрофическая.

Кроме вероятности отказа, в системе оценок надежности авиационной техники используются косвенные показатели, представленные в таблице 1.

Таблица 1 - Косвенные показатели надежности авиационной техники

$T_{\text{пос}} = \frac{T_{\text{ВС}}}{M_{\text{нпос}}}$	средний налет на неисправность, приводящую к последствиям
$T_{\text{нпз}} = \frac{T_{\text{ВС}}}{M_{\text{нпз}}}$	средний налет на неисправность, обнаруженную в полете и приводящую к невыполнению полетного задания
$T_{\text{нпол}} = \frac{T_{\text{ВС}}}{M_{\text{нпол}}}$	средний налет на неисправность, обнаруженную в полете
$T_{\text{с}} = \frac{T_{\text{ВС}}}{M_{\text{оп}}}$	средний налет на неисправность (отказы и повреждения)
<p><math>T_{\text{ВС}}</math> – общий налет ВС за расчетный период времени, ч;  <math>M_{\text{нпос}}</math> — количество неисправностей, приведших к последствиям за тот же период времени.  <math>M_{\text{нпз}}</math> – количество неисправностей, обнаруженных в полете и приведших к невыполнению полетного задания за тот же период времени.  <math>M_{\text{нпол}}</math> – количество неисправностей, обнаруженных в полете за тот же период времени.  <math>M_{\text{оп}}</math> – количество отказов и неисправностей.</p>	

Параметры, приведённые в таблице 1, могут рассматриваться как дополнительная информация для расширенного анализа реального состояния АТ с целью разработки мер предупреждения отказов и формирования эксплуатационного воздействия на АТ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ Р 56135–2014. Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения. М.: Стандартинформ, 2015. 14 с.

2 Прейс, А.А. Обоснование перевода агрегатов функциональных систем самолёта МиГ-31 на техническое обслуживание по состоянию: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.07.07/ Прейс Александр Александрович. – Красноярск, 2011. – 20 с.

3 Фролков, А.И. Системный подход в науке и технике / А.И. Фролков. М.: Книга и бизнес, 2007. 176 с.

4 Соколов, Б.В. Концептуальные и методические основы квалиметрии моделей и полимодельных комплексов / Б.В. Соколов, Р.М. Юсупов // Труды СПИИРАН. Вып. 2. Т. 1. СПб.: СПИИРАН, 2004. С. 10–35.

УДК 629.7

Маратканов Иван Павлович, студент; Maratkanov Ivan Pavlovich  
Бобков Александр Викторович, доктор технических наук, профессор,  
Bobkov Alexander Viktorovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПРОБЛЕМА ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В АВИАЦИИ

## THE PROBLEM OF CARBON DIOXIDE EMISSIONS IN AVIATION

**Аннотация.** В работе представлен обзор актуальных исследований нацеленных на уменьшение выбросов углекислого газа гражданскими самолётами в атмосферу. Установлены условия образования эмиссии углекислого газа. Определены дальнейшие планы исследований по сокращению эмиссии углекислого газа.

**Abstract.** The paper presents an overview of current research aimed at reducing carbon dioxide emissions by civil aircraft into the atmosphere. The conditions for the formation of carbon dioxide emissions are established. Further research plans to reduce carbon dioxide emissions have been identified.

**Ключевые слова:** авиационная эмиссия, углекислый газ, парниковые газы, международная организация гражданской авиации.

**Keywords:** aviation emission, carbon dioxide, greenhouse gases, International Civil Aviation Organization.

В настоящее время существует множество различных источников загрязнения атмосферы, одним из них является транспорт, в том числе и авиационный транспорт. Работа двигателей, а именно сжигание топлива сопровождается эмиссией, в основном оксидов углерода, серы, азота [1]. Эмиссия загрязняющих веществ вблизи аэропортов это риск для здоровья людей и окружающей среды, к примеру, может привести к выпадению кислотных осадков.

Особое внимание следует уделить эмиссии от сжигания топлива в высоких слоях атмосферы, так как это изменяет химический баланс атмосферы, что наряду с эмиссией сажевых сульфатных аэрозолей может влиять на климат. Увеличение содержания двуокси углерода в атмосфере приводит к нагреванию верхнего слоя тропосферы и как следствие синтеза тропосферного озона, и усилению парникового эффекта.

Международная организация гражданской авиации (ICAO International Civil Aviation Organization) с 2016 года развивает схему компенсации и сокращения выбросов углерода для международной авиации (CORSIA Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation). Цель – добиться нейтрального роста выбросов углерода с 2020 года. CORSIA использует рыночные инструменты экологической политики для компенсации выбросов CO<sub>2</sub>: эксплуатанты самолетов должны приобретать эмиссионные единицы на открытых углеродных рынках [2]. Начиная с 2021 года, схема будет добровольной для всех стран до 2027 года. С 2027 года членов ICAO обяжут участвовать в CORSIA. Россия является членом ICAO и не спешит участвовать в проекте, ввиду возможных процессуальных нарушений, но не имеет ничего против охраны окружающей среды и активно занимается разработкой своих малоэмиссионных двигателей, особых видов топлива, и иных методов по снижению эмиссии.

Таблица 4 - Сравнение индексов эмиссии CO<sub>2</sub> для пассажирских самолётов

Название самолёта	Эксплуатанты	N <sub>CO<sub>2</sub></sub> , (г/кН)	Расчётный индекс эмиссии CO <sub>2</sub> (г/кН)				
			R <sub>ВЗЛ</sub>	R <sub>ПОД</sub>	R <sub>ПОС</sub>	R <sub>НАЗ</sub>	R <sub>СР</sub>
Ан-148	Россия	58,7	0,54	0,54	2,99	23,46	56
Ту-204	Россия, КНДР	16,7	0,35	0,4	0,9	6,9	13,6
Airbus A350	Россия, Германия, Франция, Сингапур, Гонконг, Катар	9,9	0,36	0,4	0,82	7,75	9,2
Boeing 787-9	США, Япония, Великобритания, Израиль	8	0,43	0,43	0,53	5,92	7,6
Bombardier CRJ 1000	США	63	0,41	0,5	2,91	24,92	51,3
Embraer E-195-E2	Казахстан, Норвегия, Бразилия, США	26,1	0	0	2,3	18,4	21,3
SSJ-100	Россия	78,6	0,26	0,36	5,07	29,36	69

где N<sub>CO<sub>2</sub></sub> – нормативный индекс эмиссии CO<sub>2</sub> ;

R<sub>ВЗЛ</sub> – расчётный индекс эмиссии CO<sub>2</sub> для взлёта;

R<sub>ПОД</sub> – расчётный индекс эмиссии CO<sub>2</sub> для подъёма;

$R_{\text{ПОС}}$  – расчётный индекс эмиссии  $\text{CO}_2$  для посадки;

$R_{\text{НАЗ}}$  – расчётный индекс эмиссии  $\text{CO}_2$  на земле;

$R_{\text{СР}}$  – средний расчётный индекс эмиссии  $\text{CO}_2$ ;

Если проанализировать таблицу 1[3], можно заметить что у самолётов предыдущего поколения больше индекс эмиссии  $\text{CO}_2$ , и при внедрении проекта CORSIA, эксплуатанты этих самолётов будут вынуждены компенсировать большие объёмы выбросов, чем эксплуатанты самолётов с более совершенными двигателями. При учёте роста цен на топливо использование старых и дешёвых самолётов в рамках проекта CORSIA становится очень дорогим удовольствием, это может вытеснить слабые и развивающиеся компании с авиарынка.

В качестве альтернативы можно использовать биотопливо, которое необходимо производить или покупать у его основных производителей США, Бразилия и Евросоюз.

Чем чревато возрастание объёмов парникового газа? Начнутся серьёзные изменения климата, начнётся глобальное потепление. Из-за таяния льдов Арктики и Антарктики повысится уровень Мирового океана, затопив часть суши. В высокогорье растают ледники, питающие реки. Сократятся запасы пресной питьевой воды. В краткий период изменятся характеристики всех экосистем, приведя к вымиранию многих видов растений и животных. Если присмотреться часть из выше перечисленных событий начали происходить или уже успели случиться, человечество прикладывает усилия по уменьшению выбросов диоксида углерода во всех сферах, где это возможно чтобы замедлить изменение климата.

Но есть альтернативное мнение, что изменение климата связано с естественными циклами на Солнце. Учёные выявили, что до появления современных технологий на нашей планете уже происходили подобные явления, вслед за которыми придёт похолодание. Они считают, что повлиять на природные явления планетарного масштаба человечество не может, бороться с вредными выбросами необходимо, но насколько это будет эффективно, порождает множество споров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Авиационные правила АП-34 «Охрана окружающей среды. Эмиссия загрязняющих веществ авиационными двигателями. Нормы и испытания», 2003. - 99 с.

2 Doc 9501. Техническое руководство по окружающей среде. Порядок демонстрации соответствия требованиям системы компенсации и сокращения выбросов углерода для международной авиации (CORSIA), Том 4, 2018, - 158 с.

3 ICAO Aircraft Engine Emissions Databank [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.easa.europa.eu/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank>.

УДК 621.9

Мартынов Степан Ильич, студент; Martynov Stepan Ilyich  
Кичатов Владислав Валерьевич, студент; Kichatov Vladislav Valerievich  
Прокопец Савелий Сергеевич, студент; Prokopets Savely Sergeevich  
Терехин Александр Александрович, кандидат технических наук;  
Terekhin Aleksandr Aleksandrovich  
Южно-Уральский государственный университет

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ МАРСА НА РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПУСКАЕМОГО АППАРАТА

### ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE MARTIAN ATMOSPHERE ON THE CALCULATION OF THE AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE LANDER

**Аннотация.** Работа посвящена анализу влияния химического состава атмосферы Марса на аэродинамические характеристики спускаемого аппарата.

**Abstract.** This work is devoted to the analysis of the chemical composition atmosphere of Mars on the aerodynamic characteristics of mars-landing vehicles.

**Ключевые слова:** аэродинамические характеристики, спускаемый аппарат, атмосфера Марса, химический состав, угол атаки.

**Keywords:** aerodynamic characteristics, lander, atmosphere of Mars, chemical composition, angle of attack.

Для спускаемого аппарата (СА) расчет аэродинамических характеристик (АДХ) осуществляется в широком диапазоне значений чисел Маха ( $M$ ). Аппарат имеет сегментально-коническую форму с характерным размером  $d = 4,5$  м [1]. Первым расчетным значением выбрано  $M = 2$ , так как основную часть траектории СА движется со сверхзвуковой скоростью. В качестве математической модели, описывающей движение вязкого турбулентного газа, принята система уравнений Навье-Стокса, осредненная по Рейнольдсу (RANS), замкнутая  $k$ - $\omega$  SST моделью турбулентности [2, 7]. Первый расчет (1) выполняется со свойствами газа на поверхности Земли [3], второй расчет (2) – со свойствами газа на поверхности Марса [4]. Расчеты осуществлены с условием равенности критериев подобия для чисел  $M$  и Рейнольдса ( $Re$ ).

Математическая модель не учитывает химические реакции, возникающие при гиперзвуковом обтекании, и изменение теплоемкости газа  $C_p$ .

Проведена верификация математической модели в соответствии с экспериментальными значениями для сегментально-конических тел [5] при числе  $M = 6$  и  $Re = 610\,000$ , представленная в таблице 1. Сравнение значений коэффициента продольной силы  $C_R$  осуществляется при углах атаки  $\alpha = 0$  и  $\alpha = 25$  градусов, коэффициента нормальной силы  $C_N$  при  $\alpha = 25$  градусов. Сравнение значений АДХ выполнено при принятии экспериментального значения [5] в качестве базового.

Таблица 1 – Верификация значений

АДХ	Экспериментальное значение	Расчетное значение	Погрешность, %
$C_R (\alpha = 0 \text{ град})$	1,500	1,395	7
$C_R (\alpha = 25 \text{ град})$	1,300	1,144	12
$C_N (\alpha = 25 \text{ град})$	0,167	0,157	6

Расхождение значений обуславливается сложностью обеспечения точности определения экспериментальных значений с графиков [5] и принятыми допущениями в расчете.

Результаты расчетов АДХ для широкого диапазона значений чисел  $M$  при  $\alpha = 0$  приведены в таблице 2 для первого (1) и второго (2) вариантов расчетов.

Таблица 2 – Результаты расчета

Число $M$	Число $Re \cdot 10^6$	$C_R$ (1)	$C_R$ (2)
2	1,69	0,998	0,967
4	3,38	0,949	0,925
6	5,07	0,936	0,910
10	8,45	0,925	0,905
15	12,68	0,924	0,902
20	16,91	0,922	0,900
25	21,13	0,929	0,900

Для сравнения значений  $C_N$  и координаты центра давления спускаемого аппарата  $X_{ЦД}$  осуществлен аналогичный расчет при угле атаки  $\alpha = 5$  градусов. Расчетные данные сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчета

Число $M$	Число $Re \cdot 10^6$	$C_R$ (1)	$C_N$ (1)	$X_{ЦД}, м$ (1)	$C_R$ (2)	$C_N$ (2)	$X_{ЦД}, м$ (2)
2	1,69	1,000	-0,087	61,93	0,97	-0,084	51,706
4	3,38	0,942	-0,062	2,94	0,91	-0,058	2,877
6	5,07	0,927	-0,061	3,02	0,90	-0,057	2,917
10	8,45	0,916	-0,061	3,08	0,89	-0,058	2,892
15	12,68	0,914	-0,061	3,13	0,89	-0,058	2,944
20	16,91	0,912	-0,061	3,12	0,89	-0,058	2,959
25	21,13	0,910	-0,060	3,13	0,89	-0,058	2,952

Проведен анализ отклонения результатов  $C_R$  при  $\alpha = 0$  для первого (1) и второго (2) вариантов расчетов, при выборе значений, рассчитанных для атмосферы Марса, в качестве базовых значений. Оценка расчетов для значений  $C_N$  и  $X_{ЦД}$  при нулевом угле атаки не проводилась. Аналогичный анализ проведен для расчета с углом атаки  $\alpha = 5$ . Результаты сравнения значений сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Сравнение полученных значений

Число М	$C_R(\alpha = 0)$ , %	$C_R(\alpha = 5)$ , %	$C_N(\alpha = 5)$ , %	$X_{ЦД}(\alpha = 5)$ , %
2	3,17	2,7	3,1	19,1
4	2,60	3,0	7,9	2,3
6	2,87	2,9	7,0	3,4
10	2,20	2,4	5,4	6,4
15	2,36	2,5	5,1	6,2
20	2,50	2,4	5,3	5,3
25	3,22	2,2	4,5	6,0

Из полученных данных следует, что моделирование обтекания с учетом химического состава атмосферы Марса не дает значительного уточнения значений АДХ. Среднее значение при сравнении расчетных данных с экспериментальными при угле атаки  $\alpha = 0$  градусов для  $C_R$  равно 2,7 %, при угле атаки  $\alpha = 5$  градусов:  $C_R = 2,6$  %,  $C_N = 5,5$  %,  $X_{ЦД} = 7,0$  %.

При сравнении значений с углами атаки  $\alpha = 0$  градусов и  $\alpha = 5$  градусов можно сделать вывод, что при моделировании сверхзвукового обтекания СА на поверхности Марса, при расчете параметров без учета химических реакций и изменения теплоемкости, учет химического состава атмосферы не приводит к значительному изменению значений АДХ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 «Федерация» – имя нового российского космического корабля // Государственная корпорация по космической деятельности «Роскосмос». 2016. URL: <https://www.roscosmos.ru/21920/> (дата обращения: 15.03.2021).
- 2 Chung T. J. Computational Fluid dynamics. – University of Cambridge, 2002. – 1012 S.
- 3 Аэродинамика/ Н.Ф. Краснов – М.: Высшая школа, 1976 – 389 с.: ил.
- 4 Движение космических летательных аппаратов в атмосфере планет/ Н.М. Иванов, А.И. Мартынов. – М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1985 – 384 с.: ил.
- 5 Аэродинамика тел простейших форм/ К.П. Петров – М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1998 – 427 с.: ил.
- 6 Теория пограничного слоя/ Г. Шлихтинг – М.: Главная редакция физико-математической литературы, 1974 – 712 с.: ил.
- 7 Методология. ANSYS CFX-Solver Theory Guide, 2019.

УДК 627.212 (591)

Мин Ко Ко, аспирант; Min Ko Ko

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ МОРСКОГО ПОРТА «КЪЯУКФЬЮ» И ПРОЕКТА «ГЛУБОКОВОДНЫЙ ПОРТ КЪЯУКФЬЮ» В РЕСПУБЛИКЕ СОЮЗ МЬЯНМЫ**

### **THE ANALYSIS OF THE CHARACTERISTICS OF THE SEA PORT "KYAUKFYU" AND THE PROJECT "DEEP-SEA PORT KYAUKFYU" IN THE REPUBLIC OF THE UNION OF MYANMAR**

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию особенностей морского порта «Кьяукфью» и проекта его модернизации в глубоководный порт для обеспечения грузооборота транспортных судов большой вместимости. Этот проект позволит увеличить привлекательность Республики Союз Мьянма в качестве транспортного коридора через ее территорию.

**Abstract.** This work is devoted to the study of the features of the sea port "Kyaufyu" and the project of its modernization into a deep-water port to ensure the cargo turnover of large-capacity transport vessels. This project will increase the attractiveness of the Republic of the Union of Myanmar as a transport corridor through its territory.

**Ключевые слова:** Один пояс Один путь(OBOR), Инициатива Пояса и дороги(BRI), транспортный коридор, глубоководный порт, малаккский пролив.

**Keywords:** One Belt One Road(OBOR), Belt and Road Initiative(BRI), transport corridor, deep water port, strait of Malacca.

Китайский президент Си Цзиньпин озвучил идею строительства Шелкового пути 21 века во время визита в Казахстан в 2013 году. Этот план направлен на диверсификацию транспортных потоков между Китаем и странами Европы, ближнего востока и центральной Азии. Китай запланировал инвестировать в данный проект около 900 миллиардов долларов США. Через 5 лет название «Один пояс-один путь» изменилось (OBOR) на «Пояс и дорога», что объясняется разделением на одного "пути", а планируемым развитием множества транспортных маршрутов [1]. В рамках своей инициативы «Один пояс, один путь» (OBOR) Китай планирует создать экономический коридор через территорию Мьянмы. Главной транспортной инфраструктурой данного проекта является порт «Кьяукфью».

Морской порт «Кьяукфью» находится в штате Ракхайн. Он расположен у западного побережья Мьянмы около одноимённого города Кьяукфью и охватывает Бенгальский залив. Проект представляет собой промышленную часть особой экономической зоны (ОЭЗ) «Кьяукфью», которая является привлекательной для иностранных инвесторов. Это начальный проект, существующий наряду с жилым проектом и проектом глубоководного порта. Этот стратегический проект обеспечит прямой экспорт

нефти в Китай без необходимости использования Малаккского пролива. Также эта реализация этого проекта позволит получить выход к Индийскому океану визнесу развития китайской провинции Юньнань, не имеющей выхода к морю.

Проект глубоководного порта Кьяукфю часто изображается как часть предложения Китайской Народной Республики по программе «Один пояс, один путь», но его начало было положено намного раньше, чем впервые предложенное BRI (Belt and Road Initiative) - Инициатива "Пояс и путь". Проекты китайско-мьянманских нефте- и газопроводов начались в 2009 году. С тех пор в Кьяукфю между Китаем и Мьянмой был построен глубоководный порт - особая экономическая зона. В настоящее время обсуждается проект железной дороги, соединяющей Кьяукфю с китайской провинцией Юньнань.

В декабре 2015 года с одобрения правительства и парламента группе компаний во главе с Китайской международной трастовой инвестиционной корпорацией (CITIC) было дано разрешение на строительство глубоководного порта Кьяукфю и особой экономической зоны [2].

Таблица 1 – Детали проекта «Глубоководный порт «Кьяукфю»»

Характеристики	Значения
Место расположения	Город «Кьяукфю» в штате Ракхайн
Тип проекта	Глубоководный порт
Размер проекта	10 портов для морских судов
Фаза реализации	4 шага (этапа)
Первый шаг размера проекта	2 порта
Глубина воды	80 метров (естественная); 100 метров (расширенный)
Площадь земли проекта	2,46 км <sup>2</sup> (1,49 км <sup>2</sup> на острове Мадей, 0,97 км <sup>2</sup> на острове Рамбри)
Ежегодная (годовая) производственная мощность	7,8 млн тонн (насыпные грузы); 4,9 млн тонн (20 футовый контейнер)
Стоимость инвестиций	7,3 млрд долларов США
Тип инвестиций	Право долгосрочной аренды

Параллельно строительству глубоководного порта был проложен нефтепровод, по которому с конца 2017 года направлял ближневосточная нефть (в основном Саудовской Аравии) через нефтетерминал в порту «Кьяукфю» стала поставляться в китайскую провинцию Юньнань.. Глубоководный порт и нефтяные терминалы были построены на острове Мадай в Кьяукфю, а также еженедельные визиты нефтеналивных танкеров длиной до 330 метров дедвейтом 320,000 тонн (DWT). Китайские нефтеналивные танкеры, перевозящие нефть с Ближнего Востока, продолжают, как и прежде, швартоваться и разгружать сырую нефть, предназначенную для Китая. В апреле и мае 2020 года шесть нефтеналивных танкеров пришвартовались и выгрузили сырую нефть в глубоководном порту острова Мадай, оставаясь там по 2-3 дня. Большинство судов перевозили нефть из саудовских портов Джуайма и Рас-Танура, а также из Минааль-Ахмади в Кувейте[4].

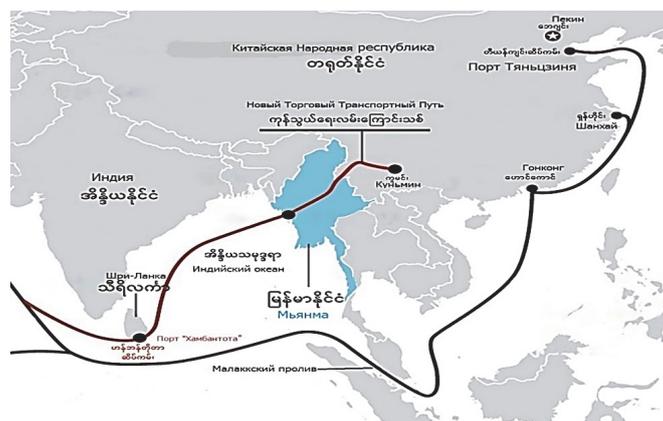


Рисунок 1 – Китайско-Мьянманский сухопутный и водный транспортный коридор

Для создания порта и промышленной зоны требуется, чтобы правительство Мьянмы внесло значительные финансовые средства. Это вызвало опасения, что, как и порт Хамбантота в Шри-Ланке, Мьянме в конце концов придется передать власть над портом Китаю, если окажется не в состоянии выплатить долги. В то время как общий объем необходимых финансовых обязательств был сокращен, исследования ОЭЗ по всему миру показывают, что наиболее важным фактором успеха ОЭЗ является ее интеграция в национальную экономику. В Мьянме это в первую очередь требует значительного обновления транспортной инфраструктуры.

В контексте растущего отчуждения между Мьянмой и Западом из-за кризиса в районе Бангали / Ракхайн Китай снова выступает в качестве одного из немногих оставшихся политических союзников Мьянмы. Вероятно, он воспользуется этим рычагом для реализации своей цели по обеспечению беспрепятственного доступа к Индийскому океану через Мьянму. Хотя у Китая может быть небольшой непосредственный экономический интерес в создании промышленного парка в Кьяукфью. Таким образом, Китай будет решительно продвигать строительство порта и железнодорожной линии. Мьянма могла бы использовать это внимание на Кьяукфью, чтобы стимулировать местное развитие, создавать устойчивый социально инклюзивный рост при активном участии в планировании местного населения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Felix Sternagel. On the Road to Kyaukphyu (Issues and Debates around a Myanmar Special Economic Zone) // Heinrich Böll Stiftung Myanmar 2018. pp. 1-5.
- 2 ISP Myanmar // ISP ChinaDeck: Kyaukphyu Deep Sea Port Project 2020. URL: [https://ispmyanmar.chinadesk.com/special\\_issue/kyauk-phyu-project/](https://ispmyanmar.chinadesk.com/special_issue/kyauk-phyu-project/).
- 3 Myanmar Policy Briefing. Selling the Silk Road Spirit: China's Belt and Road Initiative in Myanmar // Transnational Institute (TNI) 2019.
- 4 Arkan Oil Watch. Fuelling Conflict (Investment Exacerbating Turmoil in Western Burma) // An Arakan Situation briefing - July 2020. pp. 7-8.

УДК 629.7.024.5

Миронов Вячеслав Виталиевич, студент; Mironov Vyacheslav Vitalievich

Гусева Роза Ивановна, кандидат технических наук, профессор;

Guseva Roza Ivanovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОСОБЕННОСТИ ПРОКЛАДКИ ЭЛЕКТРО-ЖГУТОВ В ФЮЗЕЛЯЖЕ ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЁТА**

### **FEATURES OF LAYING ELECTRIC HARNESSSES IN THE FUSELAGE OF A PASSENGER AIRCRAFT**

**Аннотация.** В работе представлено описание технологических особенностей прокладки жгутов в фюзеляже пассажирского самолёта. Представлен перечень работ, требований, мер предосторожности при прокладке проводов (кабелей) или жгутов.

**Abstract.** The paper describes the technological features of laying harnesses in the fuselage of a passenger aircraft. The list of works, requirements, and precautions for laying wires (cables) or harnesses is presented.

**Ключевые слова:** электро-жгут, жгуты, кабеля, прокладка.

**Keywords:** electrical wiring harness, harnesses, cables, gasket.

Монтаж электро-жгутов на объекте включает следующие работы:

- подготовка к монтажу (ознакомление с технической документацией, осмотр жгутов, осмотр зон монтажа, подготовка инструмента и т.д.);
- установка предохранительных прокладок на острые кромки или протекторов в отверстия элементов конструкции объекта для защиты жгутов от механических повреждений;
- прокладку жгутов по трассе и временное их крепление;
- обеспечение необходимых зазоров между жгутами, трубопроводами, элементами управления и т.д.;
- контроль правильности прокладки жгутов с проверкой радиусов изгиба, зазоров, отсутствие натяжений и провисания проводов, расстояний между точками креплений, и т.д., устранение отклонений от требований технической документации;
- снятие технологической защиты;
- окончательное крепление жгутов;
- подсоединение жгутов к агрегатам, аппаратуре и контровка электрических соединителей.

При креплении проводов и жгутов обращается внимание на обеспечение защиты и следующих требований:

- предотвращение износа жгутов от трения;
- закрепление проводов, кабелей и жгутов при проходе через стенки и элементы конструкции (рисунок 1);

- предотвращение механических нагрузок, которые могут привести к разрыву проводников и соединений (рисунок 2);
  - предотвращение дугового разряда или перегрева проводов, связанного с повреждениями от тросов управления;
  - предотвращение чрезмерное движение в областях высокой вибрации;
  - высокой температуры (использовать высокотемпературные провода (кабели) и защита от температуры 1100° в течении 15 мин.;
  - повреждений, связанных с перемещением персонала по самолету, повреждений, связанных с укладкой и перемещением грузов.
  - повреждений парами аккумуляторных кислот, их аэрозолей или их протечек, повреждений растворителями или жидкостями
  - истираний в нише шасси, от воздействия камней, льда, грязи и т.д
- Для обеспечения защиты и перечисленных выше требований к проводам и жгутам соблюдаются следующие меры предосторожности:
- не позволять проводам (кабелям) или жгутам иметь контакт в движении или трении с любыми другими объектами (рисунок 2);
  - не позволять проводам (кабелям) или жгутам иметь контакт с острыми кромками конструкции, отверстиями и т.д. (рисунок 3;4);
  - не применять не разрешенный инструмент для установки;
  - не повреждать резьбу подсоединяемых устройств чрезмерной затяжкой или затяжкой с перекосом; – не повреждать провода в жгуте чрезмерным изгибом при установке;
  - не позволять грязи, опилками, потерянным креплениями, обрезкам бандажных шнуров и т.д. собираться в блоках или жгутах;
  - не подвешивать ручной инструмент или вещи персонала на кабельные жгуты;
  - не использовать кабельные жгуты для подножки, ступеньки и как поручни;
  - не компенсировать излишек длины проводов складыванием назад, и укладыванием этой петли в жгут для коаксиальных кабелей;
  - не скручивать и не тянуть провода при изготовлении или установке, что может выдернуть контакты из соединителя или повредить соединитель, или провода;
  - не натягивать провода для стыковки соединителей; необходимо иметь достаточный запас длины, чтобы обеспечить легкую стыковку.

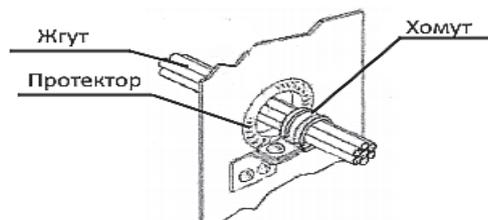


Рисунок 1 - Зажимной хомут и защита жгута при проходе через отверстия



Рисунок 2 – Пример мер по предотвращению механических нагрузок, которые могут привести к разрыву проводников и соединений

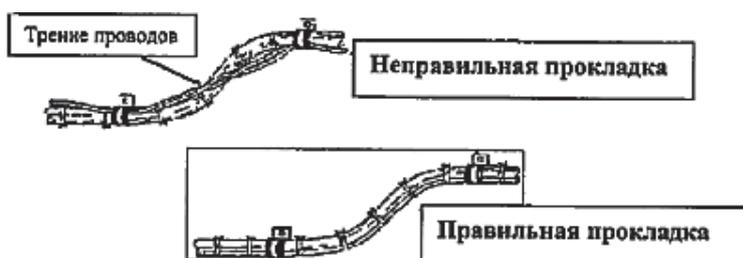


Рисунок 3 – Обеспечение прокладки проводов (кабелей) или жгутов.

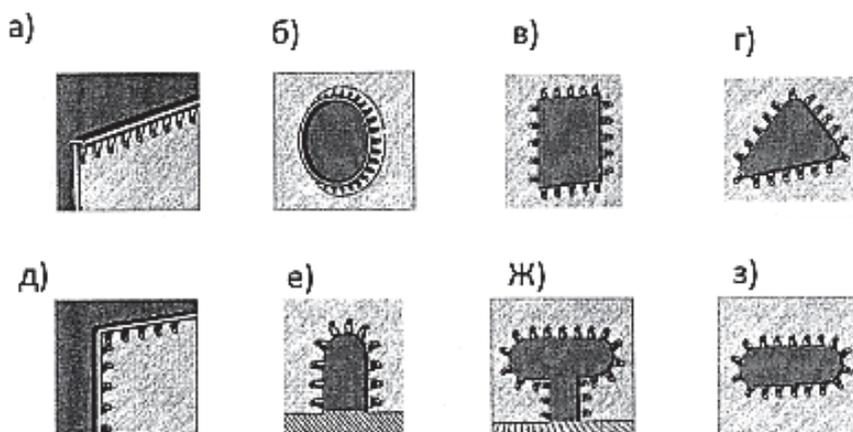


Рисунок 4 – Протекторы различных поверхностей.

а – опорная поверхность, б – круговое отверстие,  
в – внутренний прямой угол,  
г – отверстия неправильной формы, д – наружный прямой угол,  
е – U-образный, ж – щелевое отверстие, з – овальное отверстие.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Пекарш, А. И. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А. И. Пекарш, Ю. М. Тарасов, Г. А. Кривов. – М.: Аграф-пресс, 2006. – 304 с.
- 2 Гусева, Р. И. Сборочные процессы в самолетостроении : учеб. пособие / Р. И. Гусева. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. – 165 с.

УДК 629.7.024.5

Мозоляк Андрей Иванович, студент; Mozolyak Andrei Ivanovich

Гусева Роза Ивановна, кандидат технических наук, профессор;

Guseva Roza Ivanovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СБОРКИ ОТСЕКА ФЮЗЕЛЯЖА ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЁТА

## TECHNOLOGICAL FEATURES OF THE ASSEMBLY PROCESS OF THE FUSELAGE COMPARTMENT OF A PASSENGER AIRCRAFT

**Аннотация.** В работе представлено описание технологических особенностей сборки отсека фюзеляжа пассажирского самолёта. Представлены компоновка отсека фюзеляжа, этапы сборки отсека, технологии сборки, описание сборочных приспособлений для каждого этапа сборки.

**Abstract.** This work presents a description of the technological features of the assembly of the fuselage compartment of a passenger aircraft. The layout of the fuselage compartment, stages of assembly of the compartment, assembly technologies, description of assembly devices for each stage of assembly are presented.

**Ключевые слова:** отсек фюзеляжа, стапель, сборка отсека фюзеляжа.

**Keywords:** fuselage compartment, assembly device, assembly of the fuselage compartment.

Одной из главных особенностей изготовления современного самолёта, является большая трудоёмкость и продолжительность сборочных операций из-за большого применения ручного труда (40 % от всей трудоёмкости изготовления самолета [1]). Это связано как с малым объёмом производства современных самолётов, так и с наличием большого количества деталей (до  $4 \cdot 10^4$  шт.) в конструкции самолёта, сборка которых требует значительного количества временных затрат. Проблема высокой трудоёмкости сборки самолёта, распространяется, разумеется, и на его планер и, в частности, на фюзеляж.

Фюзеляж пассажирского самолёта для удобства сборки подвергается членению на отсеки. Типовой отсек фюзеляжа пассажирского самолёта состоит из 4 панелей: нижней, верхней и двух боковых (рис. 1).

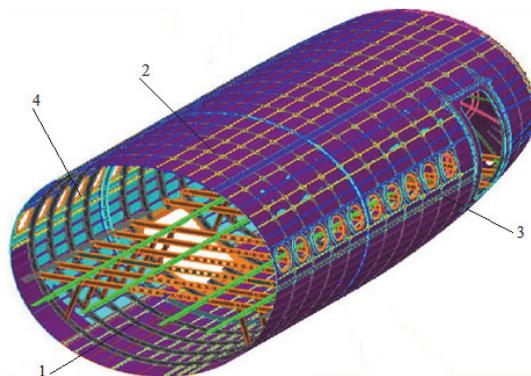
Для ускорения цикла сборки отсека фюзеляжа применяется последовательно-параллельный метод сборки. Этот метод позволяет не только сократить время цикла сборки отсека фюзеляжа, но и использовать различные сборочные приспособления с относительно простой компоновкой.

Цикл сборки отсека фюзеляжа (рис.2) пассажирского самолёта можно разделить на 3 основных этапа:

- сборка панелей отсека фюзеляжа;
- сборка левой и правой секций отсека фюзеляжа;

- окончательная сборка всего отсека фюзеляжа

Сборка панелей отсека фюзеляжа пассажирского самолёта проводится следующим образом. Необходимые составные элементы панели (обшивка, стрингеры и сегменты шпангоутов) поступают в стапель сборки панели отсека фюзеляжа. Предварительную сборку панели осуществляют с базированием по сборочным отверстиям (СО) с установкой специальных заклёпок.



1 – нижняя; 2 – верхняя; 3 - левая боковая; 4 - правая боковая;

Рисунок 1 - Расположение панелей в отсеке

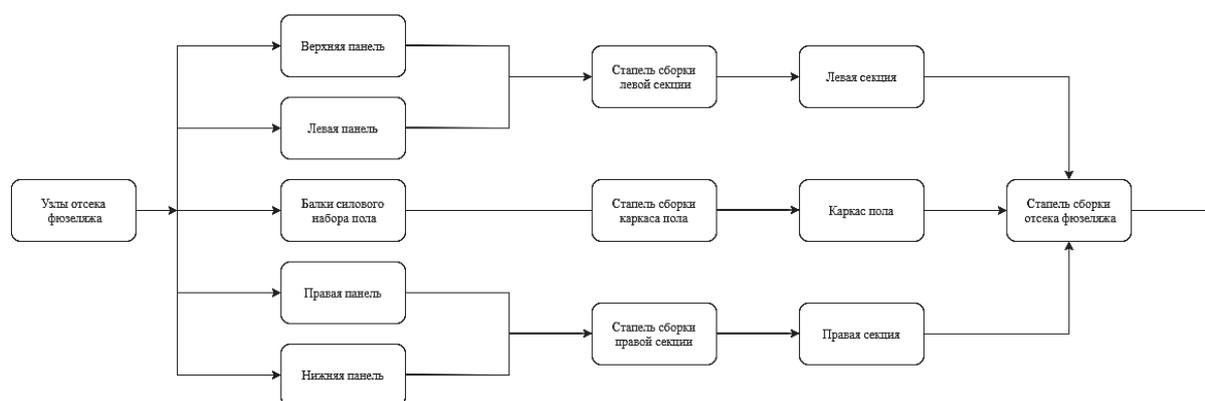


Рисунок 2 - Схема сборки отсека фюзеляжа

Далее полученная панель отсека размещается на палетте – жёсткой конструкции в виде рамы с установленными на ней рубильниками, повторяющими обводы панели. Палетта с закреплённой на ней панелью перемещается в зону действия клепального автомата IPAC фирмы «Brotje». После окончания автоматической клёпки проводится окончательная сборка панели отсека.

Затем производится сборка левой и правой секций на специальных ложементы. Соединяются между собой нижняя и правая панели и левая и верхняя панель через стыковые стрингеры.

Далее производится окончательная сборка отсека фюзеляжа. Она проводится на стапеле для сборки отсека фюзеляжа (рис. 3), куда поступают левая и правая секции фюзеляжа. Стапель устанавливается на опорные колонны 1. Секции фюзеляжа устанавливаются на ложементы 2. Для перемещения рабочих по стапелю используются лестницы 3 и ярусы 4. Далее,

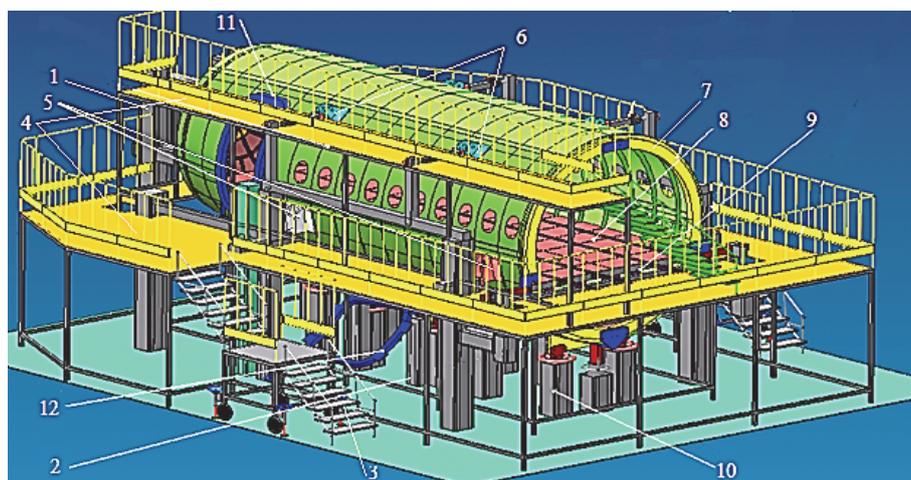
на стойках установлены такелажные узлы 5, необходимые для перемещения отсека фюзеляжа. При помощи кронштейнов устанавливаются пластины с базовыми отверстиями (БО) 6, которые необходимы для базирования секций отсека фюзеляжа. Эти секции также базируются по СО.

Для базирования отсека фюзеляжа по внутренней обшивке используются макетные стыковые шпангоуты 7. Для придания жёсткости собираемому отсеку фюзеляжа они выполняются из стали.

Соединение левой и правой секции отсека осуществляется при помощи верхнего 8 и нижнего технологического полов для повышения удобства и качества сборки. Для фиксации силового набора пола салона 9 используются опоры стапеля 10.

Помимо всего прочего, стапель оборудован фиксаторами узлов навески и фиксаторами окантовок проёмов входной и сервисной двери 11. Также в нижней части отсека устанавливаются фиксаторы узлов навески багажного отсека 12.

Выемка собранного отсека из сборочного приспособления осуществляется путём разворота стыкового макетного шпангоута.



- 1 – опорная колонна; 2 – ложементы; 3 – лестница; 4 – ярусы;  
5 – такелажные узлы; 6 – базовые пластины с БО; 7 – макетный стыковой шпангоут; 8 – верхний технологический пол; 9 – опоры стапеля;  
10; 11 – фиксаторы сервисной двери; 12 – фиксаторы багажного отсека

Рисунок 3 – Стапель сборки отсека фюзеляжа

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Пекарш, А. И. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А. И. Пекарш, Ю. М. Тарасов, Г. А. Кривов. – М.: Аграф-пресс, 2006. – 304 с.

2 Гусева, Р. И. Сборочные процессы в самолетостроении : учеб. пособие / Р. И. Гусева. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2017. – 165 с.

УДК 621.7:629.735.33(07)

Молчанов Илья Владимирович, студент; Molchanov Ilya Vladimirovich

Гусева Роза Ивановна, кандидат технических наук, профессор;

Guseva Roza Ivanovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СТЫКОВОЧНОГО СТЕНДА ХВОСТОВОЙ ЧАСТИ ФЮЗЕЛЯЖА САМОЛЕТА-ИСТРЕБИТЕЛЯ

### FEATURES OF THE CONSTRUCTION OF THE JOINT STAND OF THE TAIL PART OF THE FUSELAGE OF A FIRING AIRCRAFT

**Аннотация.** В работе представлен обзор конструкции стыковочного стенда хвостовой части фюзеляжа самолета-истребителя.

**Abstract.** The paper presents an overview of the design of the docking stand of the tail section of the fuselage of a fighter aircraft.

**Ключевые слова:** стыковочный стенд, конструкция, хвостовая часть фюзеляжа.

**Keywords:** docking stand, structure, fuselage tail section.

Хвостовая часть фюзеляжа (рисунок 1) компоновочно делится на следующие технологические агрегаты-отсеки:

- две силовые гондолы двигателей;
- хвостовые балки, прилегающие к внешним бортам мотогондол и являющиеся продолжением обтекателей основных опор шасси, служащие платформой для установки оперения самолета;
- центральную балку фюзеляжа, включающую в себя центральный отсек оборудования, задний топливный бак-отсек.



Рисунок 8 – Хвостовая часть фюзеляжа

Конструкцию стенда можно разделить на 5 смысловых частей.

На рисунке 2 представлена первая часть стенда. На нем крепятся шпангоуты. На колонне 1 закреплена подвижная балка 2, на которой находятся фиксаторы 3 крепления шпангоутов 4,5.

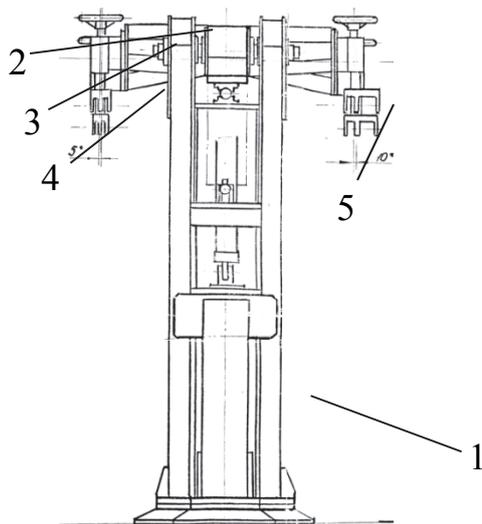


Рисунок 10 – Первая часть  
стенда стыковки

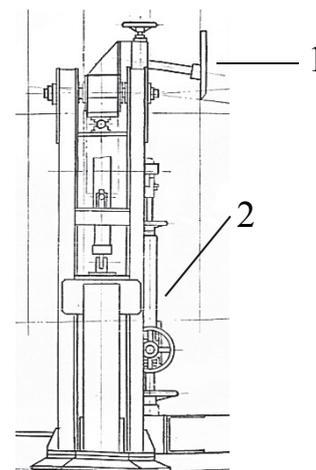


Рисунок 9 – Вторая часть  
стенда стыковки

На рисунке 3 представлена вторая часть стенда стыковки. В этой части стенда фиксируются лонжероны по шпангоуту. В этой части имеется ложемент для установки верхней панели центрального отсека по шпангоуту. Этот ложемент закреплен на подвижной откидной балке. На этой части стенда установлена подвижная тележка для установки мотогондол.

На рисунке 4 представлена третья основная часть стенда стыковки, где находится больше всего основной фиксации. В верхней части расположено 2 фиксатора килевых узлов по шпангоутам 1,2. Также, есть узел навески двигателя 3. А в ПСС самолёта располагается фиксация бака по узлам 4. Здесь продолжается и заканчивается тележка для установки мотогондол 5, находящаяся во второй части стенда стыковки.

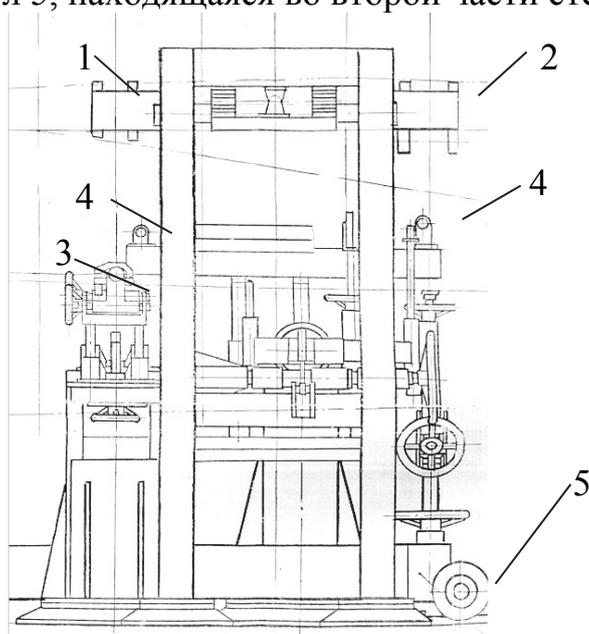


Рисунок 12 – Третья часть  
стенда стыковки

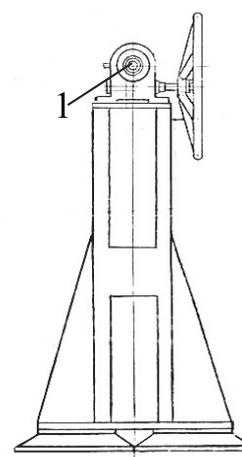


Рисунок 11 – Четвертая часть  
стенда стыковки

На рисунке 5 представлена четвертая часть станда стыковки, где находится фиксатор узла стабилизатора 1.

На рисунке 6 представлена последняя пятая часть станда стыковки. Она выполняет физическую роль, то есть используется для обеспечения равновесия всех частей станда. Кроме того, на этой части станда расположен ложемент по баку.

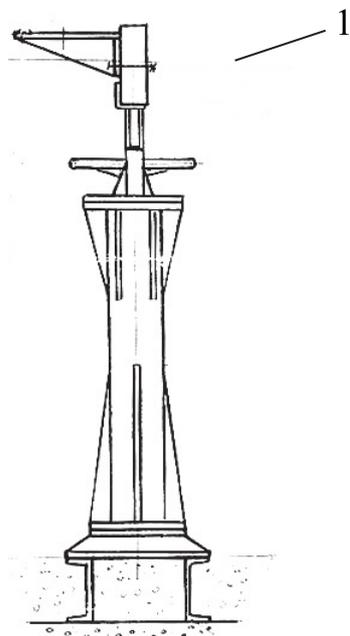


Рисунок 13 – Пятая часть станда стыковки

Также при стыковке хвостовой части применяется ЛЦИС для контроля нивелировочных точек агрегатов хвостовой части самолета до стыковки, в процессе стыковки и после стыковки контроль углового положения узлов навески специальных подвесок относительно осей изделия.

ЛЦИС станда состоит из лазерного нивелира, подставки, координатных стоек, мишени, сканирующего узла, зеркального датчика, технологического приспособления, визуального целевого знака, координатора, нивелирная линейка и измерительной линейки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пекарш, А. И. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А. И. Пекарш, Ю. М. Тарасов, Г. А. Кривов. – М. : Аграф-пресс, 2006. – 304 с.

2 Гусева, Р. И. Технологическая оснастка в сборочных процессах при производстве самолетов : учеб. пособие / Р.И. Гусева. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – 122 с.

УДК 697.34

Мясников Александр Алексеевич, студент; Myasnikov Aleksandr Alekseevich  
Попов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент;  
Popov Alexey Yuryevich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАГИСТРАЛИ Г. ХАБАРОВСКА В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ZULUGIS**

### **MODELING OF THE KHABAROVSK HEATING MAIN IN THE ZULUGIS GEOINFORMATION SYSTEM**

**Аннотация.** Данная работа посвящена применению программного пакета ZuluGIS для расчета тепломагистрали в условиях г. Хабаровска.

**Abstract.** This work is devoted to the application of the ZuluGIS software package for the calculation of the heating main in the conditions of Khabarovsk .

**Ключевые слова:** тепловая сеть, Zulu, отопление.

**Keywords:** heatingnetwork, Zulu, heating.

Проектирование тепловых сетей – одна из составных задач процесса разработки городского теплоснабжения, а также теплоснабжения отдельных районов города.

Задачи проектирования включают: определение трассы тепловой сети (трассировка), геодезическая привязка участков, определение способов прокладки, тепловой и гидравлический расчеты, построение пьезометрических графиков.

Современным способом решения задач проектирования тепловых сетей является применение специализированного программного обеспечения. Примером такого обеспечения является отечественная программная система ZuluGIS, разработанная для создания карт ГИС-приложений и включающая в себя программный модуль моделирования инженерных сетей систем теплоснабжения ZuluThermo.

В перечень инвестиционных проектов Хабаровского края на период 2021-2022 года входит разработка проекта тепломагистрали № 35 от ХТЭЦ-3 для подключения к ней микрорайонов Северного жилого района № 2. В техническом задании на строительство тепломагистрали № 35 от Хабаровской ТЭЦ-3 для подключения к ней микрорайонов «Микрорайон № 6, 7 Северного жилого района № 2» (потребитель 1) и «Жилой район «Ореховая сопка» (потребитель 2) задана суммарная тепловая нагрузка – 250 Гкал/ч (70 Гкал/ч и 120 Гкал/ч соответственно).

Трассировка тепломагистрали проводилась в ZuluThermo по картам 2GIS. Данные о геодезических высотах получены по SRTM картам (данные цифровой модели рельефа территории Земли). Результаты трассировки тепломагистрали представлены на рисунке 1.

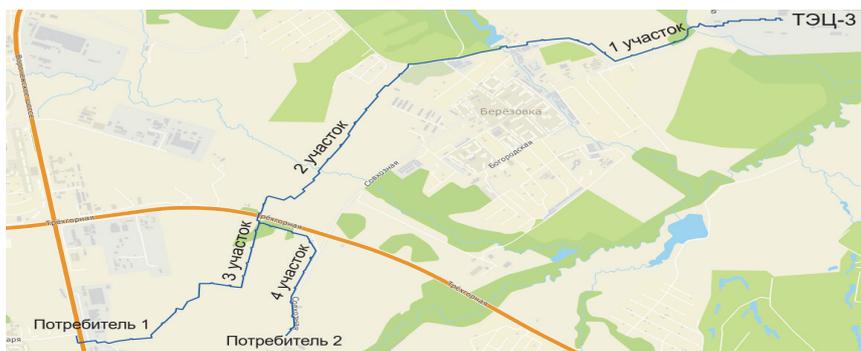


Рисунок – 1 Трассировка тепломагистрали № 35

В качестве исходных данных выбраны: способ прокладки – надземный, теплоизоляционный материал – пенополиуретан (толщина 0,1 м). Расчет проводился для температуры наружного воздуха минус 34 °С. Температура в подающем / обратном трубопроводах 130 °С / 70 °С.

Проведены конструкторский расчет с целью подбора диаметров подающих и обратных трубопроводов для четырех участков тепломагистрали и наладочный расчет для определения потерь напора и тепловых потерь. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Построен пьезометрический график ТЭЦ-3 – Потребитель 1 (рисунок 2).

Таблица 1 – Результаты расчетов (подающий/обратный трубопровод)

Параметр	1 участок	2 участок	3 участок	4 участок
Длина, м	3454	2836	2635	1792
Диаметр труб, м	1,1/1,0	1,1/1,0	0,8/0,7	1,0/0,8
Расход воды, т/ч	3250/2450	3250/2450	1250/950	2000/1500
Потери напора, м	1,56/2,30	1,28/1,89	1,47/1,71	0,80/1,43
Теплопотери, Гкал/ч	1,20/0,64	0,98/0,52	0,64/0,35	0,53/0,28

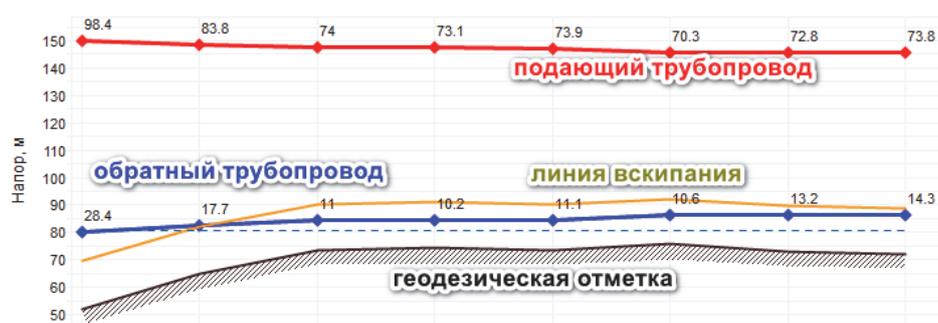


Рисунок 2 – Пьезометрический график «ТЭЦ-3 – Потребитель 1»

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Толстых, А. В. Отопление и вентиляция : практикум / А.В. Толстых, В.В. Пенявский, Ю.Н. Дорошенко. - Томск : Изд-во Том. гос. архит. - строит. ун-та, 2017. - 186 с.

2 Штокман Е.А., Карагодин Ю.Н., Теплогазоснабжение и вентиляция: Учебное пособие. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2013 – 171 с.

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

## **АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РЕЧНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ**

### **ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF RIVER PASSENGER TRANSPORTATION IN THE KHABAROVSK REGION**

**Аннотация.** В статье дан анализ развития речных пассажирских перевозок в бассейне реки Амур. Рассмотрены проекты пассажирских судов, которые эксплуатировались на речных пассажирских линиях Хабаровского края. Рассмотрены возможные пути развития пассажирского речного транспорта в регионе.

**Abstract.** The article analyzes the development of river passenger traffic in the Amur River basin. Projects of passenger ships that were operated on river passenger lines of the Khabarovsk region were considered. Possible ways of development of passenger river transport in the region are considered.

**Ключевые слова:** пассажирские суда, речные пассажирские перевозки.

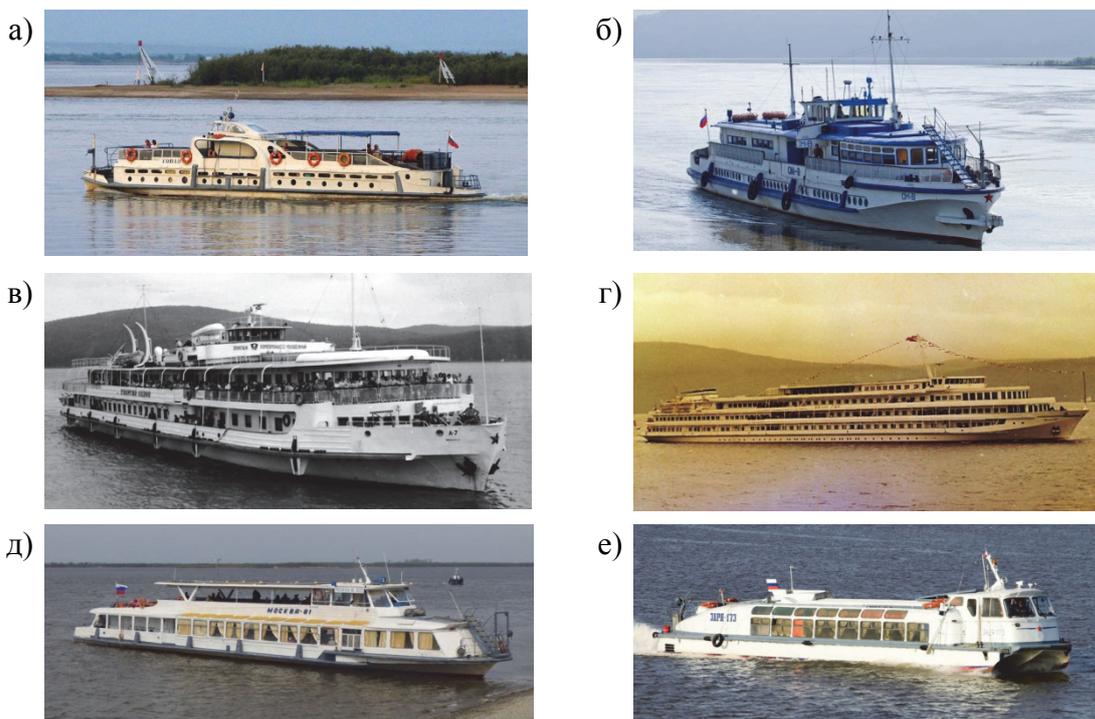
**Keywords:** passenger ships, river passenger transportation.

Амур является основной водной артерией Хабаровского края. Транспортное обеспечение, в том числе и потребность в пассажирских перевозках, населенных пунктов, расположенных вдоль побережья среднего и нижнего течения Амура, а также его притоков осуществлялось средствами водного транспорта.

По сути дела, регулярные пассажирские линии на Амуре в Хабаровском крае стали выстраиваться с момента поступления в состав флота Амурского пароходства речных пассажирских судов послевоенных проектов.

С середины 50-х годов Амурский пассажирский флот стал пополняться судами проекта 544 (тип «Москвич»). Данный проект судна представлял собой пассажирский катер полузакрытого типа с двухэтажным размещением пассажиров, надстройками, частично утопленными в корпус, кокпитом в корме, прикрытым тентом, предназначался для городских и пригородных пассажирских перевозок на короткие расстояния.

С 1958 года в состав пассажирского флота Амурского речного пароходства стали поступать суда проекта 780 (тип «Озерный Москвич»). Судно типа «ОМ» представляло собой пассажирский двухъярусный теплоход с полуутопленной в корпусе надстройкой первого яруса. В период 1958-1963 годы серия из десяти судов данного проекта была построена на Хабаровской РЭБ флота.



а) пр. 544; б) пр. 780; в) пр. 860; г) пр. 301; д) пр. Р-51; е) пр. 946  
 Рисунок 1 – Проекты водоизмещающих речных пассажирских судов

Таблица 1 – Характеристики водоизмещающих пассажирских судов

Характеристика	пр. 544	пр. 780	пр. 860	пр. 301	пр. Р-51	пр. 946
Длина, м	27,25	42,57	77	118	38,2	22
Ширина, м	4,8	7,12	15,2	16,7	6,5	3,93
Высота борта, м	1,4	2,5	3,4	-	1,7	0,78
Осадка, м	0,9	1,49	1,4	2,76	1,18	0,49
Водоизмещение, т	53,1	180	830	3570	109,9	19
Пассажировместимость, чел.	133	242	304	360	225	86
Автономность, сут	3	3	8	-	-	1
Мощность ГД, кВт	110	2x140	2x295	3x736	2x110	1000
Скорость, км/ч	17	20	20,2	26,2	23	45

Большинство теплоходов типа «ОМ» базировалось в г. Комсомольске-на-Амуре, который к этому времени стал центральным транспортным узлом Хабаровского края. Это позволило снять напряжение с пригородной пассажирской линии Комсомольск – Пивань, а также открыть новые: Комсомольск – Верхняя Эконь – остров Кеори, Комсомольск – Амурск – Вознесенск, Комсомольск – Ягодное.

Для перевозки транзитных пассажиров в районы нижнего Амура требовались комфортабельные теплоходы. В период 1959-1963 на Сретенской верфи (Читинская обл.) для Амурского пароходства было построено шесть судов 860 проекта. Суда данного проекта представляли собой грузо-пассажирские двухвинтовые теплоходы с двухярусной надстройкой и обносами, вместимостью 306 пассажиров и 80 т. груза. Головным судном стал теплоход «Ерофей Хабаров».

Чисто для туристических целей в 1982 году, в доке, Южным морским путем на Амур был доставлен четырехдечный высокоавтоматизированный, комфортабельный лайнер проекта 301 – «30 лет ГДР», пассажироместимостью – 360 человек, размещаемых в одно-, двух-, трёхместных кондиционированных каютах, каждая из которых оборудована индивидуальным санузлом. Лайнер был построен на верфях ГДР и сразу стал флагманом пассажирского флота Амура.

Вторая половина 50-х годов охарактеризовалась созданием первых речных скоростных судов с динамическими принципами поддержания, их серийное строительство и создание на базе этих судов системы скоростной доставки пассажиров. В 1957 г. первое судно на подводных крыльях «Ракета» (пр. 340) сошло со стапелей Зеленодольского судостроительного завода им. Горького. В состав флота Амурского речного пароходства СПК типа «Ракета» стали поступать с 1962 года. За период 1962-1971 годы скоростной флот Амурское пароходство получило 9 СПК «Ракета».



а) пр. 340; б) пр. 342; в) пр. 352; г) пр. 17091

Рисунок 2 – Проекты водоизмещающих речных пассажирских судов

Таблица 2 – Характеристики скоростных речных пассажирских судов

Характеристика	пр. 340	пр. 342	пр. 352	пр. 17091	пр. А45-2
Тип судна	СПК	СПК	СПК	СПК	Глиссер
Водоизмещение, т	23	53	28	20,5	68
Длина, м	27	36,4	27,6	21,3	32
Ширина, м	5	9,5	6,4	5	6
Осадка (в экспл. режиме), м	1,1	1,2	1,1	0,4	0,65
Пассажироместимость, чел.	65	123	71	60	100
Автономность, км	600	600	500	400	650
Мощность ГД, кВт	763	2x763	763	800	2x1080
Скорость, экспл. км/ч	60	65	65	65	70

С 1970 года состав флота стал пополняться более вместительными и комфортабельными СПК типа «Метеор» (пр. 342). Суда данного типа от-

личались повышенной мореходностью и более высокими гидродинамическими качествами. За два десятилетия флот пополнился 12 «Метеорами», что позволило организовать регулярные скоростные пассажирские сообщения по всему течению среднего и нижнего Амура.

Для создания регулярной пассажирской линии Хабаровск - населенные пункты бассейнов рек Тунгуска (с. Новокаменка) и Кур (с. Новокуровка и п. Победа), в состав флота Амурского пароходства с начала 70-х годов стали поступать суда типа «Заря» (пр. 946). Суда этого типа представляли собой быстроходный мелкосидящий пассажирский теплоход с водометным движителем, ходовой рубкой в носовой части, полуутопленным пассажирским салоном в средней части и МО в корме.

К середине 80-х годов в Хабаровском крае сложилась устойчивая система речных пассажирских перевозок (рисунок 3). Для замены СПК типа «Ракета» стали поступать СПК «Восход» (пр. 352), а на замену теплоходов «Москвич» в период с 1978 по 1990 годы Московский судостроительный завод построил для Амура 17 судов проекта Р 51Э (тип «Москва»). Они представляли собой пассажирские теплоходы с одноярусной надстройкой на главной палубе, рулевой рубкой на крыше надстройки, со смещённым в корму машинным отделением.



- 1 – скоростная линия Хабаровск – Николаевск (СПК «Метеор»)
- 2 – скоростная линия Комсомольск – Николаевск (СПК «Метеор»)
- 3 – пригородная линия Комсомольск – Пивань (суда типа «ОМ»)
- 4 – местная линия Комсомольск – Новоильиновка (суда типа «ОМ» и СПК «Ракета»)
- 5 – местная линия Амурск – Вознесенское (суда типа «ОМ»)
- 6 – местная линия Хабаровск – Победа (суда типа «Заря»)
- 7 – пригородные линии Хабаровск – левобережье Амура (суда типа «Москвич» и «Москва»)

Рисунок 3 – Основные речные пассажирские линии Хабаровского края

Развал СССР, приватизация и, по сути, развал единого речного транспортного комплекса в виде Амурского речного пароходства, а также кризисная экономическая ситуация в стране, негативно отразилось на речных пассажирских перевозках в крае. Свою лепту в этот процесс внесло и развитие сети дорог и соответственно автомобильных перевозок, которые стали для речников конкурентами на некоторых направлениях пассажирских перевозок. Пассажиропоток стал уменьшаться, а по некоторым направлениям упал почти до нуля. Скорость обновления пассажирского флота

также упала. Туристический флот из судов типа «Ерофей Хабаров» и «30 лет ГДР» просто перестал существовать.

Какие же возможные пути сохранения и возможного развития пассажирских перевозок возможны в Хабаровском крае. В первую очередь это должно быть связано с диверсификацию в перевозках. И постепенно шаги в этом направлении Амурские речники делают.

С международным открытием России были открыты новые международные скоростные пассажирские маршруты: Хабаровск – Фуань и Хабаровск – Цзямусы. Для работы на этих линиях в Белоруссии было закуплено 6 СПК «Полесье» (пр. 17091).

Для замены СПК «Метеор» на Хабаровском судостроительном заводе ведется строительство серии глиссирующих судов проекта А45-2. Головное судно «70 лет Победы» вступило в строй в 2016 году. Два судна пока остаются на стапеле.



а) пр. А45-2; б) пр. КС-14-1

Рисунок 4 – Перспективные проекты речных пассажирских судов

На обслуживание местных линий ставятся более экономичные суда, учитывающие величину пассажиропотока. Так линию Амурск - Вознесенское, вместо теплохода типа «ОМ» стал обслуживать пассажирский катер проекта КС-14-1, что существенно повысило экономическую эффективность линии.

И конечно, надо развивать речные туристические маршруты, как региональные и местные, так и международные. Например, создать новую линию Хабаровск-Харбин, которая, как представляется, будет пользоваться популярностью. Для развития туристического направления требуется не только приобретать новые туристические суда, но и развивать туристическую инфраструктуру региона.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 История отечественного судостроения. В пяти томах. Т.5: Судостроение в послевоенный период (1946-1991 гг.) / А.М. Васильев, С.И. Логачев, О.П. Михайлов и др. – СПб.: Судостроение, 1996. – С. 544.

2 Водный транспорт: fleetphoto.ru : справочно-информационный портал. – Раздел сайта «Типы и проекты», подраздел «Пассажирские и грузопассажирские суда». – URL: <https://fleetphoto.ru/projects/55/> (дата обращения: 04.04.2021).

УДК 629.543

Новоселов Александр Маркович, студент; NovoselovAlexandr Markovich  
Гуменюк Надежда Сергеевна, старший преподаватель;  
Gumenyuk Nadezhda Sergeevna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ОПИСАНИЕ ПРОЕКТНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТАНКЕРА ХИМОВОЗА «HARBOUR PROGRESS»

### DESCRIPTION OF DESIGN CONSTRUCTIVE FEATURES OF THE «HARBOR PROGRESS» CHEMICAL TANKER

**Аннотация.** В работе приводится описание архитектурно-конструктивных особенностей судна «HARBOR PROGRESS».

**Abstract.** In work describes the architectural and structural features of the vessel "HARBOR PROGRESS".

**Ключевые слова:** танкер-химовоз, архитектурный тип, конструктивные особенности.

**Keywords:** chemical tanker, design, constructive features.

Танкер химовоз-продуктовоз «HARBOUR PROGRESS» (рисунок 1), дедвейтом 19000 тысячетонн, спроектирован и построен китайской компанией Yangfan Group LTD. Характеристики судна приведены в таблице 1.



Рисунок 1 – Танкер химовоз

Таблица 1 – Основные характеристики проекта

Характеристики	Значение
Длина наибольшая	161,68
Ширина	23,00
Осадка	12,40
Дедвейт	19000

Судно предназначено для перевозки нефтепродуктов, сырой нефти, а также жидких химикатов. Судно может эксплуатироваться в любое время года, причем район плавания – неограниченный.

Судно однопалубное, одновинтовое, с баком и ютом, кормовым расположением рубки и машинного отделения. Судно с двойным дном и

двойными бортами в районе грузовых трюмов и машинного отделения, бульбовой носовой и транцевой кормовой оконечностей.

Поперечные переборки разделяют корпус судна на следующие отсеки: форпик, грузовые танки, машинное отделение, ахтерпик. В форпике располагаются балластная цистерна, цепной ящик и помещение подруливающего устройства.

В надстройке бака размещены судовая и шкиперская кладовые. По правому и левому борту расположены кладовые с инструментом для обслуживания груза. На палубе бака размещен брашпиль, швартовое устройство, буксирный кнехт, люк икран, для перемещения груза из шкиперской.

Грузовые танки отделены от бортов и днища продольными переборками и вторым дном, между собой разделены гофрированными переборками.

В машинном отделении располагаются главный двигатель, судовой котел, механизмы судна. В нос от машинного отделения располагают насосное отделение с грузовыми насосами для разгрузки судна.

В ахтерпике размещены рулевое устройство, цистерны сточных вод, цистерна пресной воды и насос питьевой воды.

В надстройке юта размещены провизионная, прачечная, кладовые белья и инвентаря, аккумуляторная, аппаратная, помещения аварийного дизель-генератора, вентиляторные, мастреская, машинная шахта. Имеется внутренний трап для выхода в рубку первого яруса и входы машинную шахту для спуска в машинное отделение.

На палубе юта установлена рубка, четыре яруса для служебных и жилых помещения, пятый ярус – ходовая рубка. В рубке размещены каюты экипажа, камбуз, санитарные помещения, каюты командного состава, баня с сауной, аккумуляторная, машинная шахта, станция CO<sub>2</sub>.

В кормовой части палубы юта установлен швартовый шпиль, кнехты, устройство для сброса свободно-падающей шлюпки.

В двойных бортах и двойном дне организованы балластные цистерны. Бортовые балластные цистерны доходят до нижней палубы. Туннельный киль предназначен для прокладки трубопроводов трюмных судовых систем. На судне, между палубой бака и юта оборудован переходный мостик. Для несения сигнально-отличительных огней, фигур и радионавигационного оборудования на судне устанавливаются носовая, на палубе бака и кормовая, на ходовой рубке, мачты.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Yangfan Group Co., Ltd: информационная платформа : сайт. - Чжэцзян 2016 – 2021. - URL: <http://www.eyangfan.com/html/chanpinyewu/huaxuerinchuan/2013/0730/186.html> (дата обращения 14.04.2021).

УДК 629.5.012

Пак Таисия Игоревна, магистрант; 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 СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАКЕТОВ AUTOCAD И MATHCAD ДЛЯ РАСЧЕТОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНА

## METHODOLOGY OF JOINT USE OF AUTOCAD AND MATHCAD FOR CALCULATION OF HYDROSTATIC CHARACTERISTICS OF SHIP HULL

**Аннотация.** Одним из базовых расчетов в практике проектирования судов является расчет гидростатических характеристик корпуса судна. Данный вид расчета выполняется либо на основе 3D модели корпуса судна или с помощью специализированных программ. В статье рассмотрена эффективная методология расчетов гидростатических кривых методом комбинированного использования пакетов AutoCAD и MathCAD.

**Abstract.** One of the basic calculations in the practice of designing ships is the calculation of the hydrostatic characteristics of the ship's hull. This type of calculation is performed either on the basis of a 3D model of the ship's hull or using specialized programs. The article discusses an effective methodology for calculating hydrostatic curves by the combined use of the AutoCAD and MathCAD.

**Ключевые слова:** корпус судна, гидростатические характеристики, методология расчета гидростатических кривых.

**Keywords:** ship's hull, hydrostatic characteristics, methodology for calculating hydrostatic curves.

Гидростатические характеристики корпуса – это интегральные характеристики подводной части корпуса в зависимости от осадки судна. Расчеты гидростатических характеристик проводятся на основе теоретического чертежа корпуса судна и представляются в виде графических зависимостей характеристик от осадки, поэтому они имеют второе название гидростатических кривых элементов теоретического чертежа.

К гидростатическим характеристикам корпуса относятся характеристики его плавучести и начальной остойчивости. К ним можно отнести, к примеру, площади ватерлинии, абсциссы и аппликаты центра величины судна, объемное водоизмещение судна, метацентрические радиусы и так далее.

Вычисления гидростатических характеристик основаны на вычислении одинарных или двойных интегралов. Так, например расчет площади

ватерлинии  $S$  и объемного водоизмещения  $V$  выполняются интегрированием ординат теоретического чертежа  $y$  по формулам

$$S = 2 \int_{-L/2}^{L/2} y \, dx ; \quad V = \int_0^T S \, dx = 2 \int_0^T \int_{-L/2}^{L/2} y \, dx \, dz .$$

Расчеты гидростатических кривых проводят на основе теоретического чертежа судна. Методы их расчета зависят от качества исходной информации.

Идеальный случай, когда проектант имеет 3D-модель корпуса судна. Тогда расчеты гидростатических характеристик выполняются автоматически, так как каждая программа моделирования поверхности корпуса судна имеет данный расчетный модуль.

При наличии «твердой» (бумажной) копии теоретического чертежа в расчетах гидростатики есть два подхода.

Основой первого подхода является численное интегрирование гидростатических характеристик методом трапеций. Для расчета по данному методу, используют либо специально разработанные программы или возможности электронных таблиц Excel.

Хотя, алгоритм интегрирования методом трапеций достаточно простой, но это же является его недостатком, так как он дает существенную погрешность при расчетах. Поскольку современные суда характеризуются сложными обводами в носовой и кормовой частях (бульбы и бульбообразные скеги), а теоретические чертежи, в свою очередь, характеризуются равномерным распределением шпангоутов, то для повышения точности приходится использовать приведенные ординаты.

В качестве альтернативы методу трапеций предлагается использовать метод сплайн интерполяции и прямого интегрирования функций в системе MathCAD. Одними из главных преимуществ данного метода являются точность расчетов гидростатических характеристик за счет большого количества снятых точек, которые позволяют учитывать кривизну ватерлиний, а также визуализация, которая дает графический контроль над снимаемыми ординатами ватерлиний. На рисунке 1 представлен фрагмент документа MathCAD расчета характеристик ватерлинии, где визуально видна ошибка ввода данных.

Однако и этот метод расчета также имеет ряд недостатков. Для описания ватерлиний, особенно имеющих линейные участки или участки большой кривизны, а также имеющие перегибы, необходимо снимать большого количества точек на ней. Этот процесс достаточно очень трудоемкий, особенно если учесть, что дополнительно приходится переводить ординаты с теоретического чертежа в натуральный масштаб судна. При этом необходимо как можно точнее снимать ординаты, так как этот процесс также может привести к ошибкам. Так при погрешности снятия ординат ватерлиний в 0,5 мм, для масштаба чертежа 1:100 погрешность составит 50 мм, что существенно влияет на точность расчетов.

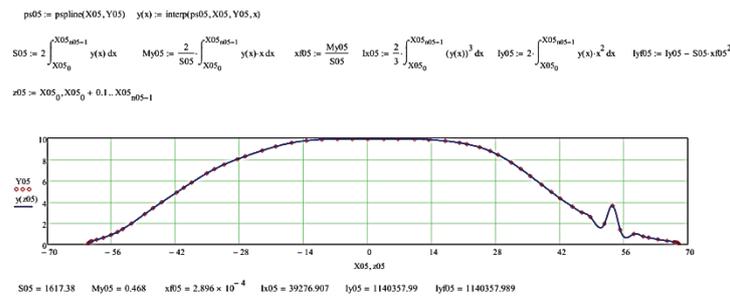


Рисунок 1 – Фрагмент расчета характеристик ватерлинии в MathCAD

Если проектант имеет в своем распоряжении электронный теоретический чертеж, выполненный, например, в CAD системе AutoCAD, то предлагается применять комбинированную технологию вычислений гидростатических характеристик с помощью пакетов AutoCAD и MathCAD.

Данная комбинированная технология основана на отдельном расчете массово-геометрических характеристик ватерлиний в AutoCAD и дальнейшей обработке полученных данных в MathCAD для расчета объемных гидростатических характеристик корпуса.

Методология определения параметров ватерлиний в CAD системе AutoCAD следующая:

- с проекции «Полуширота» теоретического чертежа выделяется линия или семейство линий моделирующие расчетную ватерлинию;
- выбранные кривые зеркально отображаются относительно линии проекции диаметральной плоскости;
- линии, моделирующие цельную ватерлинию, объединяются в единый геометрический объект с помощью команды *Область* инструментов рисования;
- на ватерлинии задается новая Пользовательская система координат в точке, относительно которой определяются характеристики ватерлинии. Как правило, эта точка располагается на продольной линии симметрии ватерлинии в районе мидель-шпангоута;
- на последнем этапе с помощью команды *Сервис/Сведения/ Геометрия* и масса открывается текстовое окно, содержащие массово-геометрические характеристики расчетной ватерлинии (рисунок 2).

Данная процедура выполняется для каждой ватерлинии. В результате выполнения процедур формируются вектора площадей, абсцисс центра тяжести, продольных и поперечных моментов инерции.

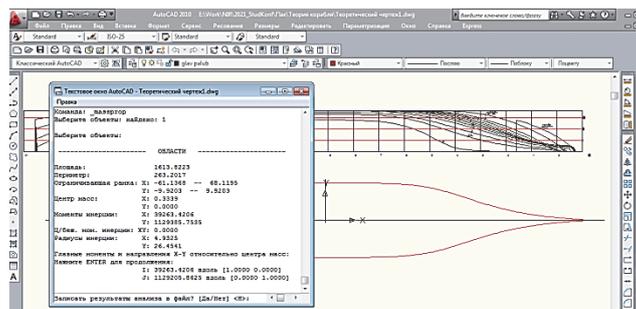


Рисунок 2 – Процедура определения характеристик ватерлинии в AutoCAD

На втором этапе, на основе полученных характеристик ватерлиний, в системе MathCAD на основе полиномиальной интерполяции и интегрирования рассчитываются функциональные зависимости таких объемных гидростатических характеристик, как объемное водоизмещение, координаты центра величины, значения продольного и поперечного метацентрического яруса (рисунок 3).

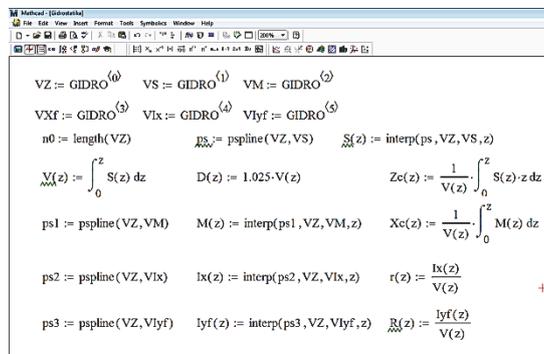


Рисунок 3 – Расчет объемных гидростатических характеристик в MathCAD

Рассмотренная комбинированная методология расчета гидростатических характеристик рекомендуется для использования в учебном процессе студентов обучающихся по направлению «Кораблестроение» и родственных с ним.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Справочник по теории корабля. В 3 т. Т. 2. Статика судов. Качка судов / под ред. Я. И. Войткунского – Л.: Судостроение, 1985. – 440 с.
- 2 Дьяконов, В. П. Энциклопедия MathCAD 2001i и MathCAD 11 / В. П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 831 с.

УДК 656.025

Петренко Павел Витальевич, студент; Petrenko Pavel Vitalievich  
 Каменских Ираида Витальевна, кандидат физико-математических наук,  
 доцент; Kamenskikh Iraida Vitalievna  
 Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ТЕХНОЛОГИЯ ДОСТАВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

### OIL PRODUCTS DELIVERY TECHNOLOGY

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию технологии доставки нефтепродуктов.

**Abstract.** This work is devoted to the study of the technology of delivery of petroleum products.

**Ключевые слова:** перевозка, нефтепродукты, транспортные схемы.

**Keywords:** transportation, petroleum products, transport schemes.

Большой перечень опасных грузов принимается к перевозке автомобильным и водным транспортом: бензин, дизельное топливо, керосин, смазочные материалы, нефтехимическое сырьё. К перевозке опасного груза предъявляются строгие требования пожарной безопасности [1]. Для каждой отправки опасных грузов оформляется пакет документов, перечень которых утвержден Правилами дорожной перевозки опасных грузов (ДОПОГ). Дизельное топливо неоднородно, состоит из нафтеновых, парафиновых и ароматических углеводородов, их производных и других химических соединений. Эта неоднородность отражается как на составе паров, так и на свойствах самого дизельного топлива. Комсомольский НПЗ и Хабаровский НПЗ поставляют нефтепродукты для потребителей Дальнего Востока. В Николаевск-на-Амуре поставки ведутся автомобильным и речным транспортом. Существуют три схемы доставки топлива в город Николаевск-на-Амуре, представленные на рисунках 1-3.

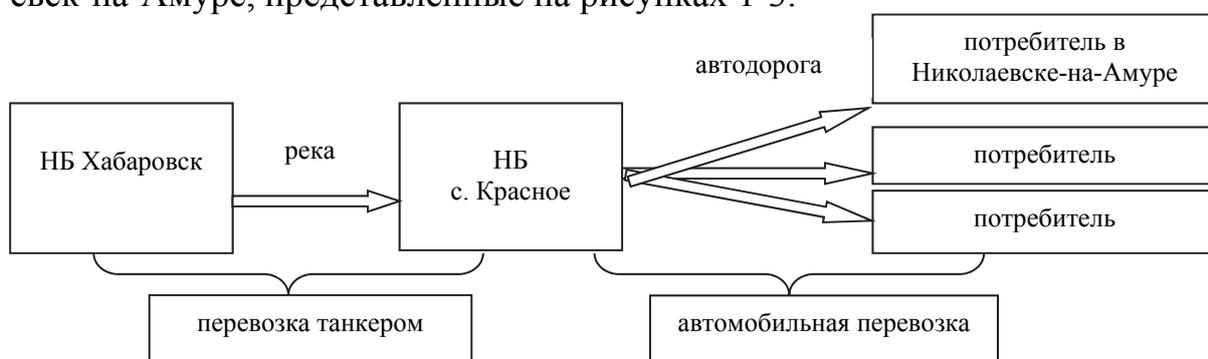


Рисунок 1 – Доставка топлива из г. Хабаровска (Амурская нефтебаза) в г. Николаевск-на-Амуре (нефтебаза с. Красное) в навигационный период

Речными танкерами (грузоподъемностью 2960 и 599 тонн) доставляются нефтепродукты от ООО «Амурская нефтебаза», г. Хабаровск. Порт Николаевска-на-Амуре не ведет работы с нефтепродуктами. Разгрузку танкера выполняют на причале нефтебазы с. Красное (в 15 км от г. Николаевск-на-Амуре). Нефть и нефтепродукты загружают в танкеры с берега, а разгрузку ведут при помощи судовых насосов и трубопроводов, проложенных в танках и вдоль палубы. В качестве потребителей выступают три автозаправочные станции в г. Николаевске-на-Амуре.

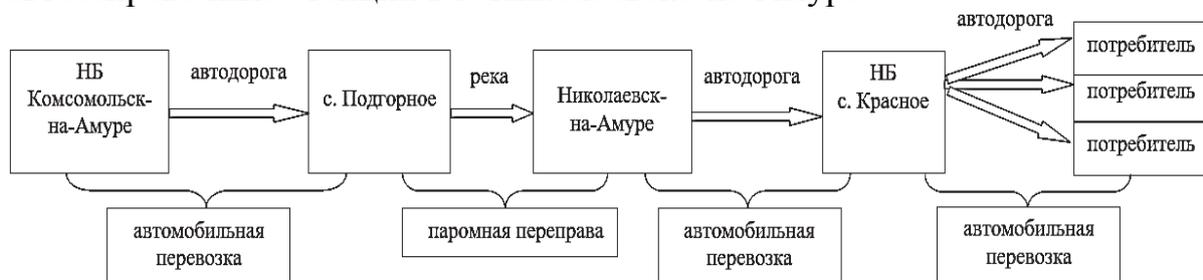


Рисунок 2 – Доставка топлива из г. Комсомольска-на-Амуре в г. Николаевск-на-Амуре в навигационный период



Рисунок 3 – Доставка топлива из г. Комсомольска-на-Амуре в г. Николаевск-на-Амуре в ненавигационный период

Для трёх вариантов транспортировки нефтепродуктов рассчитаны сроки и стоимость доставки. При сравнении только стоимости доставки видно, что маршрут, представленный на рис.1, самый выгодный, он обеспечивает минимальную стоимость доставки. Стоимость доставки по маршрутам на рис. 2 и 3 более чем в два раза превышает стоимость доставки по маршруту на рис.1. Время доставки по маршруту рис.1 в 7 раз больше времени доставки по маршрутам рис. 2 и 3: 75 часов против 12 часов. Результаты расчетов подтверждают выгодность речных перевозок при обеспечении топливом населенных пунктов. Необходимо обновлять речной флот (танкерам более 30 лет). В то же время не стоит отказываться от автомобильной доставки топлива в г. Николаевск-на-Амуре и следует сделать ее дешевле.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Аникин, Б.А. Коммерческая логистика: Учебник. / Аникин, Б.А., Тяпухин А.П. – М.: «Проспект», 2005. –427 с.

УДК 621.311

Пиголицына Элина Александровна, студент; Pigolitsyna Elina Alexandrovna  
 Мальных Анатолий Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
 Malykhin Anatoly Alexandrovich  
 Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЗДЕАЭРАТОРНЫХ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ С ТУРБОУСТАНОВКАМИ Т-255/305-23,5

#### RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF APPLICATION WITHOUT DEAERATOR THERMAL CIRCUITS WITH TURBO UNITS T-255 / 305-23,5

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию вопроса применения бездеаэрационных тепловых схем с турбоустановками Т-255/305-23,5.

**Abstract.** This work is devoted to the study of the use of non-deaerator thermal circuits with turbine units T-255/305-23.5.

**Ключевые слова:** паротурбинная установка, тепловая схема, система регенерации, бездеаэрационная схема, КПД, смешивающий подогреватель, эффективность.

**Keywords:** steam turbine, heat circuit, regeneration system, deaeratorless circuit, efficiency, mixing heater, efficiency.

В работе проводится исследование эффективности применения бездеаэрационных тепловых схем с турбоустановками Т-255/305-23,5. Бездеаэрационная тепловая схема представляет собой тепловую схему без использования деаэрационной установки (деаэратора). Деаэратор представляет собой техническое устройство, которое реализует процесс деаэрации воды, то есть её очистки от присутствующих в ней вредных газовых примесей. В этой установке происходит нагрев и кипение теплоносителя (воды) из которого удаляются неконденсируемые газы за счёт тепловой энергии пара. Процесс деаэрации необходим, так как газы оказывают отрицательное воздействие на оборудование электростанций, вызывая коррозию на их рабочих поверхностях. Газ является активным носителем элементарных частиц в жидкой среде. Присутствие газов в воде ухудшает качество технических систем, в результате этого происходит потеря рабочего состояния рабочих деталей.

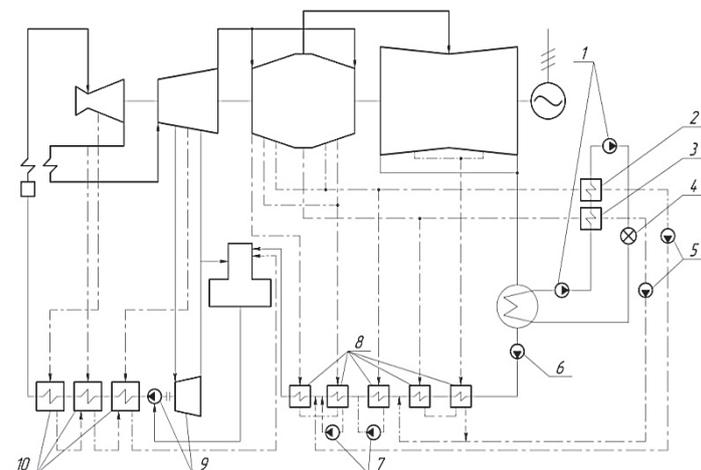
Внедрение бездеаэрационной тепловой схемы позволяет уменьшить капитальные расходы и объём ремонтных работ вследствие отказа от деаэрационной установки и вспомогательного оборудования для нее. Кроме того, экономичность турбоустановки возрастает, так как уменьшается расход электроэнергии на собственные нужды, исчезают потери теплоты с выпаром из деаэратора и дросселирование отборного пара.

Турбоустановка Т-255/305-23,5 является теплофикационной, вырабатывает электрическую и тепловую энергию. Турбина имеет номинальную мощность 260 МВт при начальных параметрах 23,5 МПа и 540 °С. Номинальная тепловая нагрузка 419 МВт, расчетное давление в конденсаторе 5,8 кПа. Частота вращения 50 с<sup>-1</sup>. Турбина имеет ступенчатый теплофикационный отбор: в верхнем отборе давление изменяется в пределах 60-200 кПа, в нижнем – 50-150 кПа.

Принципиальная тепловая схема турбоустановки (рисунок 1) состоит из четырех цилиндров: ЦВД, ЦСД-1, ЦСД-2 и ЦНД.

Регенеративная система турбоустановки Т-255/305-23,5 включает пять ПНД, деаэратор и три ПВД. На подогрев ПВД-1 пар отбирается из ЦВД, а на подогрев ПВД-2 пар берется из последней ступени ЦВД. Для подогрева воды в деаэраторе и ПВД-3 пар отбирается из ЦСД-1. Из ЦСД-2 происходит регенеративный отбор пара в ПНД-5, ПНД-4, ПНД-3 и ПНД-2. Из ЦНД регенеративный отбор направлен на подогрев ПНД-1.

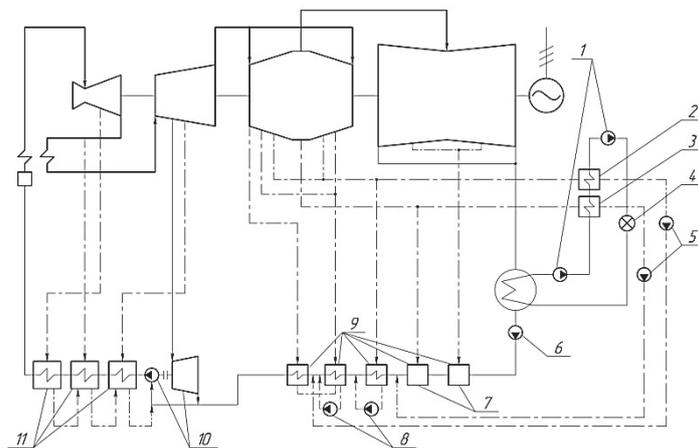
Бездеаэрационная регенеративная система турбоустановки Т-255/305-23,5 показана на рисунке 2.



- 1 – сетевые насосы; 2 – верхний сетевой подогреватель;  
 3 – нижний сетевой подогреватель; 4 – тепловой потребитель;  
 5 – дренажные насосы сетевых подогревателей; 6 – конденсатный насос;  
 7 – сливные насосы; 8 – ПНД; 9 – питательный турбонасос; 10 – ПВД

Рисунок 1 - Принципиальная тепловая схема турбоустановки Т-255/305-23,5

При отказе от деаэратора возникает потребность с обеспечением деаэрации питательной воды. Обеспечить деаэрацию питательной воды, в регенеративной схеме можно применив подогреватели смешивающего типа. В таких смешивающих подогревателях осуществляется прямой контакт пара и нагреваемой воды, который позволяет обеспечить подогрев питательной воды до температуры насыщения.



- 1 – сетевые насосы; 2 – верхний сетевой подогреватель;  
 3 – нижний сетевой подогреватель; 4 – тепловой потребитель;  
 5 – дренажные насосы сетевых подогревателей; 6 – конденсатный насос;  
 7 – ПНД смешивающие; 8 – сливные насосы; 9 – ПНД поверхностные;  
 10 – питательный турбонасос; 11 – ПВД

Рисунок 2 – Бездеаэраторная тепловая схема турбоустановки Т-255/305-23,5

При этом исключается тепловая нагрузка, которая сопровождается вибрацией и разрушением трубок в идущих за ними поверхностных подогревателях. Ни воздух, содержащийся в греющем паре, ни изменение температуры воды на выходе из конденсатора практически не оказывают влияния на работу смешивающих подогревателей, в то время как в поверхностных аппаратах резко увеличивается недогрев с ростом содержания в паре воздуха и тепловая перегрузка в зимнее время. Относительное содержание в паре воздуха 0,2-0,4 % увеличивает недогрев в подогревателях смешивающего типа не более чем на 1-3 °, в то время как подогреватели поверхностного типа практически перестают работать. Смешивающие подогреватели, в отличие от поверхностных, наиболее экономичны, так как не имеют трубок и более компактны. Также такие подогреватели улучшают воднохимический режим, который обеспечивает надёжную и безопасную работу котлов, энергетического оборудования и трубопроводов.

Термодинамический КПД турбоустановки при прочих равных условиях определяется количеством регенеративных подогревателей. Убрав деаэратор, мы уменьшаем число подогревателей, что влечет снижение термического КПД примерно на 0,2 %. В то же время, замена двух последних подогревателей поверхностного типа на смешивающие увеличивает термический КПД примерно на те же 0,2 %. То есть модернизация установки в данном случае ведет не к повышению термического КПД, а к росту надежности установки и удешевлению системы регенерации примерно на 5-7 %.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Ефимочкин Г.И. Бездеаэрационные схемы паротурбинных установок / М.: Энергоатомиздат, 1989.
- 2 Ермолов В.Ф. Смешивающие подогреватели паровых турбин / В.Ф. Ермолов, В.А. Пермяков, Г.И. Ефимочкин, В.А. Вербицкий. М.: Энергоиздат, 1982.

УДК 629.7.066

Пидорич Данил Константинович, студент; Pidorich Danil Konstantinovich;  
Бобков Александр Викторович, доктор технических наук, доцент; Bobkov Alexander Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ СВЯЗИ**

#### **UNMANNED CONTROL PROBLEMS AIRCRAFT IN THE OPTICAL COMMUNICATION RANGE**

**Аннотация.** В статье рассмотрены преимущества использования оптической связи на основе лазера. Сформулированы аппаратно-программные проблемы, которые необходимо решить для успешной реализации этой технологии в системе управления группировкой беспилотных летательных аппаратов.

**Abstract.** The article discusses the advantages of using laser-based optical communication. Hardware and software problems are formulated that need to be solved for the successful implementation of this technology in the control system of a group of unmanned aerial vehicles.

**Ключевые слова:** оптическая связь, лазер, группировка БЛА.

**Keywords:** optical communication, laser, UAV Swarm.

Интенсивное использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в военных целях - набирающая силу практика ведения локальных войн. С помощью БЛА производят непрерывное воздушное наблюдение, корректировку огня, нанесение точечных ракетно-бомбовых ударов.

В связи с прогрессом в области нейросетевых технологий стало развиваться направление по применению не одиночного, а группировки БЛА, называемой роем БЛА (UAV Swarm) [1]. Координация действий между аппаратами роя позволяет существенно повысить боевую эффективность как отдельного БЛА, так и всего роя. Одной из основных проблем управления группировкой БЛА становится обеспечение бесперебойной связи, защищённой от средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

На данный момент обмен информацией в группе БЛА осуществляется с помощью средств радиосвязи. Главным недостатком этого способа связи является возможность перехвата информации противником, а также создание электромагнитных помех с помощью устройств РЭБ.

Альтернативой радиосвязи может стать оптическая связь между БЛА с использованием лазера. Сущность лазерной технологии заключается в том, что передатчик - полупроводниковый лазер мощностью не более 40 мВт, преобразует электрический сигнал в модулированное оптическое излучение в инфракрасном диапазоне (0,82 мкм). Распространяясь в атмосфере, лазерный луч достигает оптической антенны, представляющей собой фотодиод (чувствительность в среднем около 1 мкВт) [2]. Антенна производит обратное преобразование, генерируя на выходе электрический сигнал.

Преимуществами оптической связи является:

- невозможность перехвата данных с помощью радиоэлектронных средств РЭБ;
- отсутствие чувствительности к электромагнитному шуму;
- высокая скорость передачи информации до 155 Мб/с, позволяющая с большей скоростью реагировать на изменение траектории полета, уменьшая вероятность столкновения отдельных аппаратов роя.

Недостатком оптического диапазона связи является снижение, из-за оптического сопротивления атмосферы, энергонасыщенности светового луча с возрастанием дальности до оптической антенны приёмника [3].

Для реализации принципов оптической связи необходимо решить несколько важных аппаратно-программных проблем:

- разработать алгоритмы управления группировкой БЛА;
- разработать протоколы и стандарты передачи сообщений;

- аппаратура должна работать в автоматическом режиме, осуществляя позиционирование оптической антенны, взаимный поиск и установку связи с соседними БЛА, рассчитывая время начала и окончания связи;
- аппаратура должна проводить автономный навигационный анализ траекторий полёта всех БЛА, рассчитывая текущие значения параметров их пространственного положения, генерируя управляющие сигналы корректировки траекторий.
- аппаратура командного БЛА должна автономно управлять работой всех членов роя, получая целеуказания от наземного пункта управления,

На рисунке 1 представлена схема организации лазерной связи внутри роя БЛА. Командный БЛА передает сигнал на аппараты - ретрансляторы, которые, в свою очередь, передают сигнал в сеть управления роём. С целью повышения надёжности связи командный БЛА имеет в группировке аппарат-дублёр.

Для повышения эффективности применения технологии лазерной связи предлагается принцип взаимодействия БЛА в роё, при котором информация передается между соседними аппаратами, а не только от командного БЛА [4, 5]. Данный принцип позволяет избавиться от необходимости прямой видимости между каждым отдельным аппаратом роя и командным БЛА, а также уменьшает расстояние оптической связи до дистанции между двумя соседними БЛА, снижая степень рассеяния лазерного луча в атмосфере. Информация передаётся «по цепочке». При работе с несколькими целями рой разделяется на целевые подгруппы.

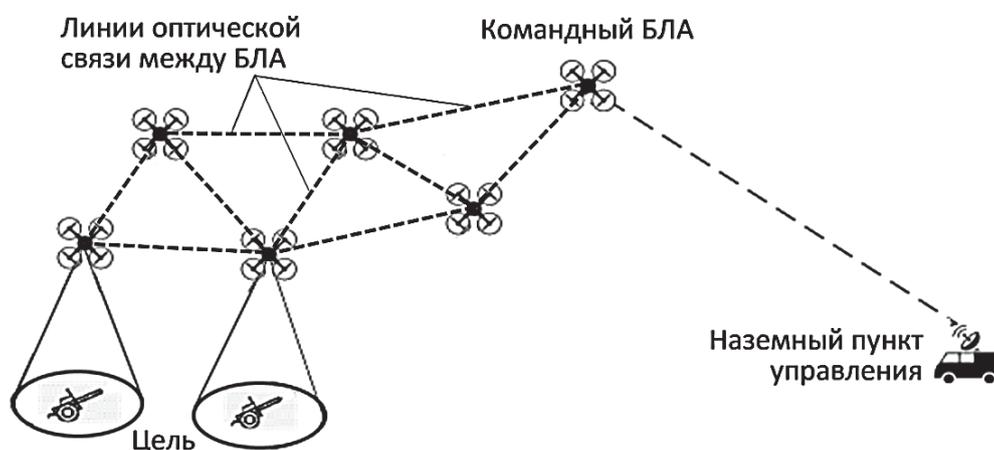


Рисунок 14 – Схема линии оптической связи в роё между БЛА

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами : сб. науч. тр. / Государственный центр беспилотной авиации Министерства обороны Российской Федерации ; отв. ред. А. С. Бодрова, С. И. Безденежных. – Коломна : ГЦ БЛА МО РФ, 2017. – 337 с.

2 Связь по лазерному лучу через атмосферу // ROSTEC.RU : ежедн. интернет-изд. 2014. 27 окт. URL: <https://rostec.ru/news/4514901/> (дата обращения: 02.05.2021).

3 Королёв, Б.В. Технология работы космической оптической линии связи для повышения оперативности управления и получения информации потребителем в процессе функционирования космических средств / Б.В. Королёв // Космическая техника и технологии. 2014. № 1(4). С. 39–48.

4 Ананьев, А.В. Апробация способа организации связи с использованием беспилотных летательных аппаратов / А. В. Ананьев, М. А. Стафеев, Е. В. Макеев // Труды МАИ : сб. науч. тр. / Московский авиационный институт. – М : МАИ, 2019. – С. 14-15.

5 Зау, Х. Н.: Математическая модель, алгоритмы и программный комплекс для предотвращения столкновений беспилотных летательных аппаратов гражданского назначения : автореф. дис. ...канд. тех. наук : 05.13.18 / Зау Хтет Наинг. – Комсомольск-на-Амуре, 2020. – 23 с.

УДК 623.85

Проخورов Дмитрий Алексеевич, оператор научной роты;

Prokhorov Dmitry Alekseevich

Котов Валентин Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;

Kotov Valentin Sergeevich

Лapidус Алексей Яковлевич, кандидат технических наук, докторант,

Lapidus Alexey Yakovlevich

Военный институт (Военно-морского политехнического) Военного учебно-научного центра Военно-Морского Флота «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н.Г.Кузнецова»

## **ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА КОРАБЕЛЬНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИЯМИ**

### **VIBRATION DIAGNOSTICS OF SHIP GAS TURBINE ENGINE USING WAVELET FUNCTION SIGNAL PROCESSING**

**Аннотация.** В данной статье представлены возможности использования вейвлет-функций для обработки сигналов, полученных в результате виброакустической диагностики газотурбинных двигателей.

**Abstract.** This article presents the possibilities of the signal processing, using wavelet function been received with vibration diagnostics of ship gas turbine engine.

**Ключевые слова:** газотурбинный двигатель, виброакустическая диагностика, вейвлет-функции.

**Keywords:** gas turbine engine, vibration diagnostics, wavelet functions.

На сегодняшний день существующие методы вибродиагностики газотурбинных двигателей (далее, ГТД) не в полной мере обеспечивают распознавание скрытых дефектов и повреждений. Получаемые результаты все еще обладают недостаточной достоверностью в оценке технического состояния, поэтому, несмотря на высокий уровень развития методов вибродиагностики, проблема повышения эффективности систем вибродиагностики является актуальной.

Современные методы спектрального анализа не позволяют с высокой точностью распознать начало появления отказа, и тем самым предотвратить тяжелые последствия отказов двигателей, а методы проверки технического состояния подшипниковых узлов по температуре выходящего из опор смазочного масла часто не используются из-за отсутствия наработки двигателей. Решение указанной проблемы может быть найдено путем использования новых методов анализа вибрационных характеристик [1,2].

Методы виброакустической диагностики ориентированы, в первую очередь, на традиционные спектрально-временные методы обработки измерительной информации, сложившиеся в прошлую, докомпьютерную эру. В то же время, еще на ранних стадиях развития виброакустической диагностики возникло понимание возможности извлечения важнейшей дополнительной информации с помощью специфических методов изучения тонкой структуры виброакустических процессов. Например таких, как анализ эволюционирующих спектров, полиспектральный анализ, идентификация сигналов в различных классах нелинейных моделей. Благодаря развитию современной вычислительной техники эти подходы стали технически реализуемыми, и на повестку дня встала проблема разработки конкретных алгоритмов углубленного анализа, проблемно-ориентированных на задачи обработки виброакустических сигналов [3].

Так, для обработки данных виброакустической диагностики возможно применение различных вейвлет-функций [4]. Выбор определенного типа вейвлета в значительной степени определяется тем, какую информацию необходимо выявить в сигнале. Наличие шумов снижает возможность определения в графиках изменения свойств исследуемого объекта.

В зависимости от задач в анализируемом сигнале выделяются те компоненты, которые труднозаметны при наличии сильных шумов. Реконструкция сигнала при этом не всегда бывает необходима, поэтому использование различного рода применяемых и симметричных вейвлетных функций имеет место при обработке данных виброакустической диагностики.

Наиболее приемлемой задачей для вейвлет-функций при обработке сигнала является очистка анализируемого сигнала от шума. Для очищенных от шумов сигналов характерны яркие спектры на доминирующих частотах для вейвлет-функций, которые, в свою очередь, схожи с частотами гармоник очищенного сигнала. Нарушения гладкости сигнала обнаруживаются при помощи вейвлет-коэффициентов. Так, пики сигналов фиксируются максимумами значений коэффициентов, а впадины – минимумами.

Поведение вибросигнала весьма четко выделяется на строящихся спектрограммах.

В качестве основы для вейвлет-функций используются производные функции Гаусса, в общей формуле, которая имеет следующий вид (формула 1) [5,6]:

$$\psi_n(t) = (-1)^n d^n [\exp(-t^2/2)]/dt^n, \quad n \geq 1. \quad (1)$$

Использование вейвлет-функций для обработки вибросигнала позволяет очищать анализируемый сигнал от шума. Это весьма важно при цифровой обработке сигнала в связи с тем, что реальный сигнал содержит не только полезную информацию, но и следы посторонних воздействий помех и шумов. При работе газотурбинного двигателя источниками помех и шума могут служить: шумы от лопаток турбин и компрессоров; аэро- и газодинамический шум; пламеобразование; вибрация фундамента и т.д. Все эти процессы затрудняют выделение полезного сигнала без специальной подготовки.

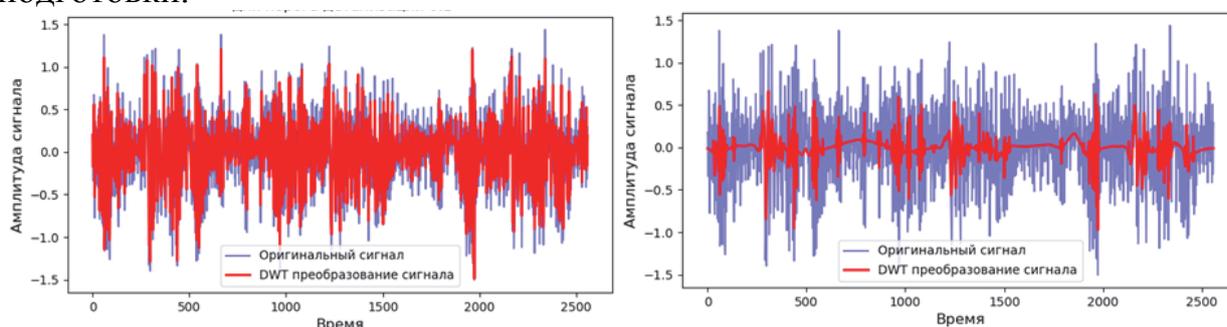


Рисунок 1 – Применение вейвлет-функции МНАТ для удаления высокочастотного шума при вибродиагностике опоры КВД

На рисунке 1 представлено применение обработки сигнала вейвлет-функцией МНАТ. В данном примере синим цветом изображен исходный сигнал, а красным - отфильтрованный сигнал и его интерпретация в визуальной картине, на которой показано, как после фильтрации мы получаем несколько локальных зон, позволяющих предположить диагноз о наличии неисправности задней опоры компрессора высокого давления. Локальные зоны говорят о неисправной работе подшипника. Для локализации дефекта и определения конкретной неисправности подшипников необходимо сравнивать полученные значения с математическими моделями вибрационных процессов различных дефектов подшипников опор ГТД.

В результате, использование вейвлет-функций позволяет отфильтровать сигнал, получаемый в результате вибродиагностики ГТД. Таким образом, анализируемый сигнал возможно проанализировать, используя известные математические модели вибрационных процессов различных дефектов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Александров А.А., Барков А.В., Баркова Н.А., Шафранский В.А. Вибрация и вибродиагностика судового электрооборудования - Л.: Судостроение, 1986.-276с.

2 Балицкий Ф.Я., Иванова М.А., Соколова А.Г., Хомяков Е.И. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов, : 1984, 120 с.

3 Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения. Успехи физических наук. Том 166, № 11, 1996.

4 Дремин И.М., Иванов О.В., Нечитайло В.А. Вейвлеты и их использование. Успехи физических наук. Том 171, № 5, 2001.

5 Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. М.:СОЛОН-Р, 2002.

6 Смоленцев Н.К. Основы теории вейвлетов. Вейвлеты в MATLAB. – М.: ДМК Пресс, 2005. – 304 с.

УДК 621.311

Пухов Алексей Александрович, студент; Puhov Alexey Alexandrovich

Шаломов Вячеслав Иванович, канд. техн. наук, Shalomov Vyacheslav Ivanovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ЭНЕРГОБЛОКА НА БАЗЕ ТУРБИНЫ Т-180/210-130 С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ**

## **A RESEARCH FOR MODERNIZATION OF THERMAL POWER PLANT SCHEME BASED ON T-180/210-130 TURBINE FOR ECONOMIC EFFICIENCY INCREASING**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена возможность модернизации тепловой схемы энергоблока на базе теплофикационной турбины Т-180/210-130 с целью повышения экономичности путём увеличения начальных параметров пара.

**Abstract.** In this paper a research for modernization of thermal power plant scheme based on T-180/210-130 turbine for economic efficiency increasing by increasing of steam parameters is done.

**Ключевые слова:** Т-180/210-130, повышение эффективности, модернизация тепловой схемы.

**Key words:** T-180/210-130, efficiency increasing, thermal scheme modernization.

В связи с непрерывным развитием технического прогресса и соответствующим ростом энергопотребления на душу населения, возникает потребность в наращивании объёмов генерации электрических мощностей. Достижение этой цели возможно двумя различными путями: экстенсивным и интенсивным. Принимая во внимание экологические требования, подкрепляемые законодательными актами и выражающиеся в необходимости повышения энергоэффективности генерирующих предприятий, наиболее верным пу-

тём развития будет являться интенсивный, то есть связанный с качественным улучшением тех или иных видов технических решений.

Существуют несколько основных направлений модернизации уже существующих энергоблоков:

- 1) повышение начальных параметров пара;
- 2) применение схемы питания деаэратора на «скользящем» давлении;
- 3) переход от тепловых схем с деаэраторными установками к бездеаэраторным схемам;
- 4) использование смешивающих регенеративных подогревателей взамен поверхностных;
- 5) реализация схемы со «скользящим» начальным давлением пара.

В данной статье рассматривается возможность совершенствования тепловой схемы энергоблока на базе турбины Т-180/210-130 с целью повышения экономичности путём увеличения начальной температуры пара. Из термодинамики паротурбинных циклов, применяемых на современных теплоэлектростанциях известно, что повышение начальной температуры пара приводит к увеличению термического КПД цикла (рисунок 1).

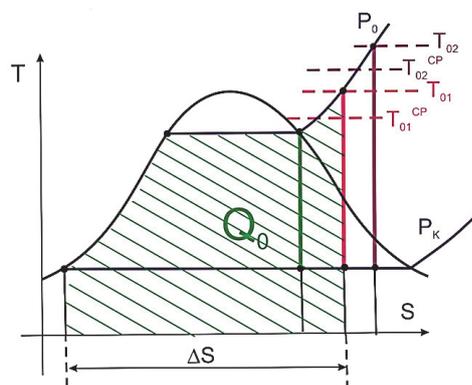


Рисунок 15 - Влияние повышения начальной температуры пара на характеристики цикла ПТУ

Как видно из T,s-диаграммы на рисунке 1, при повышении начальной температуры пара растёт и величина средней температуры подвода теплоты, в то время, как температура отвода остаётся неизменной. Как следует из термодинамики, за счёт этого обеспечивается прирост термического КПД цикла.

Теплофикационная турбина Т-180/210-130 представляет собой одно-вальный трёхцилиндровый агрегат с промежуточным перегревом пара и двумя регулируемые теплофикационными отборами (верхним и нижним) для ступенчатого подогрева сетевой воды. Она предназначена для комбинированной выработки энергии – электрической и тепловой. Начальные параметры пара –  $p_0 = 12,75$  МПа,  $t_0 = 540$  °С, номинальный расход пара – 656 т/ч, номинальная тепловая нагрузка – 260 Гкал/ч.

Для определения влияния повышения начальной температуры пара на мощность и экономичность турбины Т-180/210-130 был произведён вариативный расчёт тепловой схемы энергоблока для температур свежего

пара от  $540^{\circ}\text{C}$  до  $600^{\circ}\text{C}$ , основанный на методе решения тепловых балансов. Исследования выполнены для теплофикационного режима работы турбины. При проведении расчёта использовался программно-прикладной комплекс математических расчётов в системе MathCad. Принято, что значения внутренних относительных КПД цилиндров турбины оставались неизменными, как и тепловая нагрузка, используемая для целей теплофикации. Температура промперегрева устанавливалась равной температуре свежего пара. Результаты вычислений представлены в графической форме на рисунках 2 и 3.

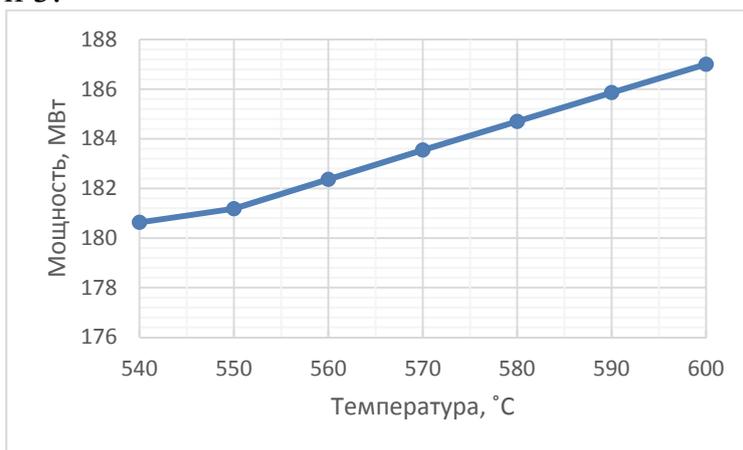


Рисунок 16 - Влияние повышения начальной температуры пара на мощность турбины

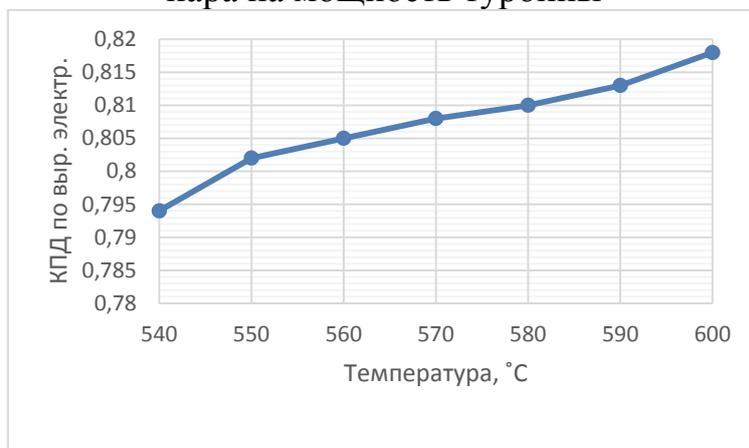


Рисунок 17 - Влияние повышения начальной температуры пара на КПД турбоустановки по выработке электроэнергии

Вывод: результаты вычислений показывают прирост электрической мощности турбины на 6 МВт и повышение КПД по выработке электроэнергии примерно на 3 % в относительном выражении. Однако возникающие тепловые нагрузки при переходе на более высокие параметры пара требуют применения иных конструкционных материалов, отвечающих прочностным и износостойким требованиям при данных температурах. Такие материалы уже созданы, что делает реализацию рассмотренного способа модернизации теплофикационных турбоустановок вполне возможной.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Рыжкин, В. Я. Тепловые электрические станции / В. Я. Рыжкин. - М.: Энергия, 1976. - 442 с.

2 Шаломов В. И. Оценка эффективности применения повышенных докритических начальных параметров пара для теплофикационного энергоблока мощностью 200-250 МВт / В. И. Шаломов. 2020. - Учёные записки КнАГУ, 2020. - 11 с.

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

## ХАРАКТЕРИСТИКИ СПИРТОВЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

### CHARACTERISTICS OF ALCOHOL FUELS FOR AUTOMOTIVE ENGINES

**Аннотация.** В работе рассматриваются виды и характеристики спиртов, применяемых в качестве автомобильного топлива. Показано их влияние на технико-экономические и экологические показатели автомобильного двигателя.

**Abstract.** The paper considers the types and characteristics of alcohols used as automobile fuel. Their influence on the technical, economic and environmental performance of the automobile engine is shown.

**Ключевые слова:** автомобильный двигатель, топливо, спирт, характеристики, показатели двигателя.

**Keywords:** automobile engine, fuel, alcohol, characteristics, engine indicators.

Современные автомобили, в большинстве случаев, в качестве двигателя имеют двигатель внутреннего сгорания (ДВС). В основном в ДВС используется в качестве топлива бензин и дизельное топливо. Но мировые запасы топливного сырья неизбежно сокращаются, а также вредные выбросы от двигателей на таком топливе, даже несмотря на средства деактивации газов, пагубно влияют на экологию. Применение спиртов в качестве топлива позволяет существенно снизить выбросы углекислого газа. Сегодня применение спирта в качестве топлива рассматривается как потенциальная возможность. Но исследования в этом направлении проводятся и даже известен многолетний опыт применения спирта в Бразилии [1].

Спирты – это простейшие органические соединения, состоящие из одной или нескольких гидроксильных групп ОН. От числа этих групп зависит атомность спиртов, которые подразделяются на одноатомные, двухатомные и многоатомные.

Можно выделить несколько спиртов, которые пригодны для использования в ДВС в качестве топлива. К таким спиртам относятся метанол, бутанол, этанол (или биоэтанол), а также пропанол. Последний редко используется в качестве чистого спиртового топлива, чаще – в качестве добавки, повышающей цетановое число топлива.

Метанол в чистом виде применяется как дополнение к двигательному топливу, а также как самый высокооктановый (октановое число равно 150) бензин. Таким топливом заправляют бензобаки спортивных мотоциклов и автомобилей. Двигатель, который работает на метаноле, работает в несколько раз дольше, чем при использовании обычного бензина, мощность увеличивается на 20% (при неизменном рабочем объеме двигателя)[2]. Выхлоп автомобиля, который работает на метаноле, безопасен для экологии и при проверке его на токсичность вредных веществ практически не обнаруживают.

Существует несколько способов получения метанола: сухая перегонка древесины, термическое разложение солей муравьиной кислоты, неполное окисление метана и получение из синтез-газа.

Исследования рабочего цикла ДВС, использующего в качестве топлива метанол, показали:

- использование в качестве топлива метанола вместо бензина даёт возможность увеличить максимальный эффективный КПД на 23 %, а на режимах частичных нагрузок КПД вырастает более чем на 40 %;

- в результате того, что высокое значение теплоты испарения метанола способствует улучшению наполнения цилиндров двигателя и снижению его теплонапряженности, мощность двигателя повышается на 7-9 %, а крутящий момент на 10-15%[2].

Этанол, как и метанол, является экологически безопасным продуктом. Он не токсичный, легко растворяется в воде и не вызывает загрязнения грунтовых вод. В смесях с бензином и дизельным топливом, этанол повышает детонационную стойкость топлива, препятствует перегреву двигателя и загрязнению топливной форсунки, а также играет роль незамерзающей жидкости для топливопровода. При добавлении 5% этанола токсичность выхлопных газов уменьшается в несколько раз, а содержание углеродов в выхлопе уменьшается на 4,5%, окиси азота – на 5,7%, окиси углерода – на 26,3%[3].

Кроме октанового числа 105, этанол позволяет значительно увеличить мощность двигателя – за один ход этанола в цилиндре сгорает гораздо больше по массе, чем бензина, что обеспечивает возрастание мощности ДВС около семи процентов, а крутящего момента – до двадцати процентов. Не менее важным фактором является то, что при сгорании этанола не образуется вредных соединений, как при бензине, что вдвое и больше увеличивает срок службы масла и свечей, значительно продлевает срок работы самого двигателя. Для аналогии замены литра бензина требуется 1,15 литра этанола, однако стоит последний вид топлива почти вдвое дешевле, обеспечивая владельцу автомобиля экономию в 40%, а то и в 50%[3].

Заменить бензин бутанол может даже эффективнее, чем какой либо другой спирт, благодаря своим свойствам, безопасности, экономичности, а также из-за того, что использование бутанола не требует замены частей двигателя автомобиля. За рабочий цикл бутанол выделяет больше энергии, чем аналогичные спирты, и на десяток процентов больше, чем бензин.

Благодаря движению прогресса, получение биоэтанола из органических продуктов, сделало его максимально дешевым источником энергии. Поэтому, в настоящее время получаемый из растений бутанол акцентирует на себе внимание специалистов для использования бутанола как топлива. Перед бензином и этанолом, бутанол имеет большие преимущества. Он безопаснее в эксплуатации, поскольку в шесть раз меньше испаряется, чем этанол и в тринадцать раз менее летуч, чем бензин. Бутанол также можно использовать в смеси с бензином. В настоящее время в мире имеется практика применения этанола в бензине содержанием около десяти процентов. Бутанол выделяет на порядок больше энергии (10 Вт-ч/г), чем этанол (8 Вт-ч/г). При сгорании вредные вещества не выбрасываются в атмосферу, что дает существенную дополнительную выгоду с точки зрения экологии [4].

Благодаря своим свойствам, бутанол эффективнее, чем смеси аналогичных спиртов с топливом. Бутанол положительно влияет на топливную эффективность автомобиля, способствует увеличению пробега на единицу топлива. Бутанол синтезируют из того же самого сырья, что и этанол, но основное достоинство что он может заменять бензин в равном объеме.

Рассмотренные выше спиртовые виды топлива по своим характеристикам обеспечивают, в целом, лучшие показатели двигателя, чем бензин или дизельное топливо. Но остается еще много вопросов, связанных с полноценным внедрением спиртовых топлив и требующих дополнительного исследования. Это оценка объемов производства топлива, его доступность, особенности смешения топлив и регулирования работы двигателя и др.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Смирнов А.В., Сандалов И.В. Спирт в качестве альтернативного топлива для автомобильных двигателей // 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. – 449-450 с.

2 Сайт «autoprioritet.com»/ Метанол как топливо для авто// <https://autoprioritet.com/metanol-kak-toplivo-dlya-avto.html/> (Дата обращения: 24.03.2021).

3 Сайт «proteh.org»/ Биоэтанол для двигателя внутреннего сгорания // <https://proteh.org/articles/31102017-biojetanol-dlja-dvigatelja-vnutrennego/> (Дата обращения: 24.03.2021).

4 Сайт«www.hisour.com»/Бутановое топливо // <https://www.hisour.com/ru/butanol-fuel-40906/> (Дата обращения: 24.03.2021).

УДК 621.51.26: 621.45.02

<sup>1</sup>Саухин Леонид Андреевич, магистрант; Sauhin Leonid Andreevich

<sup>2</sup>Хуснутдинов Айдар Ленарович, магистрант;

Khusnutdinov Aydar Lenarovich

<sup>2</sup>Александров Юрий Борисович, кандидат химических наук, доцент;

Aleksandrov Yurii Borisovich

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт»

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ»

## **ВПРЫСК ВОДЫ В ТРАКТ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

### **WATER INJECTION INTO THE GAS TURBINE ENGINE**

**Аннотация.** В работе исследуется применение водяного впрыска в тракт газотурбинного двигателя для увеличения эффективности его работы.

**Abstract.** The paper investigates the use of water injection in the tract of a gas turbine engine to increase the efficiency of its operation.

**Ключевые слова:** впрыск воды, ультразвуковая форсунка.

**Keywords:** water injection, ultrasonic nozzle.

Система впрыска воды в турбовальный двигатель применяется на вертолетах Ми-28. Так же система впрыска тестируется на ресурсных стендах. В летнее время в качестве впрыскиваемой жидкости применяют дистиллированную воду, для снижения риска попадания посторонних включений (солей, песка и т.д.) в тракт двигателя. В зимнее время применяют дистиллированную воду в смеси со спиртом.

Система впрыска воды обеспечивает устойчивую работу: а) при полетах в жарких условиях; б) при пусках неуправляемых ракет.

В первом случае, из-за больших температур наружного воздуха двигатель попадает на ограничения по температурам газов в камере сгорания. Впрыск снижает температуру воздуха, поступающего в двигатель, тем самым расширяя область применения двигателя.

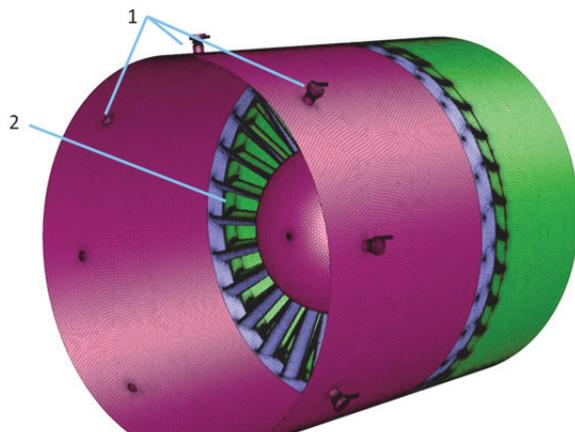
Во втором случае, впрыск воды увеличивает плотность потока, тем самым снижается возможность срывных явлений на лопатках рабочих колес и направляющих аппаратов, «запирания» межлопаточных каналов, помпажа. Так же происходит компенсация кратковременных всплесков температуры на входе двигателя, вызванных порохowymi газами неуправляемых ракет.

Исследование такого процесса описано во многих работах авторов [1-4]. Потенциал разработки:

1. Так как замена двигателей, на более новые модели с более совершенной системой защиты от помпажа, является дорогостоящей в реализации, система впрыска является более предпочтительной, для заводов изготовителей и эксплуатантов.

- Применять систему впрыска так же можно: при работе вертолетов с грузом (перенос бревен, воды); тушение пожаров (повышенные температуры наружного воздуха).

Согласно материала [5] известно, что существует проблема связанная с потерями энергии потока при ускорение капель при их многократном осаждении и срыве с поверхностями направляющего и рабочего аппаратов. Это может свести к нулю положительный эффект от ввода в него воды и уменьшения теоретической работы сжатия. Главным и наиболее кардинальным путем предотвращения выпадения капель на поверхности лопаток является достижение такого высокодисперсного распыла воды, при котором капли имеют настолько малую инерционность, что практически следуют за потоком воздуха и обтекают лопатки. Для этого, как показали расчетные оценки, их диаметр не должен превышать 3–4 мкм. Современные механические пневматические или другие форсунки обеспечивают получение среднего заутеровского размера капель воды 15 мкм и более [6].



1 – форсунки для распыления воды; 2 – рабочее колесо

Рисунок 1 – Расчетная область

В этой связи возможно применение ультразвуковой форсунки. Для проверки ее работоспособности в условиях работы компрессора нами был собран экспериментальный стенд. Экспериментальная установка представляла собой патрубок, в котором вращалось рабочее колесо компрессора. Вращение на ступень передавалось посредством фрикционной муфты и электродвигателя с регулируемой скоростью вращения. На входе в патрубок, перед винтом, устанавливалась форсунка, которая распыляла воду. На установке замерялось давление перед винтом и после него. Для измерения скорости вращения был собран простой тахометр на основе оптопары – датчика, который подает сигнал при получении фотоприёмником света от

светодиода. Большая часть деталей экспериментальной установки создавалась с помощью современной технологии объемной печати. Зависимости перепада давления от количества оборотов в минут, полученные экспериментально сопоставлялись с численными расчетами. Для создания расчетной области использованы методы построения полиэдральной сетки с 22 млн. элементами, показанной на рисунке 1. Для расчета параметров потока использовалась модель турбулентности k-w SST, а для распыла жидкости модель дискретных фаз DPM (Discrete Phase Model). Результаты эксперимента и расчёта с впрыском и без впрыска воды в проточную часть показали хорошее совпадение. В ходе проделанной работы подтверждены описанные многими авторами зависимости и установлена работоспособность ультразвуковых форсунок условиях работы впрыска воды в компрессор.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Хамза Насир Хамид Хамза Оптимизация впрыска воды в тракт проточной части газотурбинной установки, работающей в условиях Ирака. Новочеркасск: 2015, 152 с.

2 Беркович А.Л., Полищук В.Г., Назаренко А.В. Форсирование стационарных газотурбинных установок оптимальным впрыском воды в компрессор. Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2 (219)' 2015, С. 33-40.

3 Шишин А.А., Титов А.В., Осипов Б.М., Кривоносова В.В. Исследование впрыска воды и подвода пара в проточную часть энергетической газотурбинной установки ГТЭ-65. □ Проблемы энергетики, 2012, № 9-10, С. 45-51.

4 Иванов М.М., Гальперин Л.Г. Исследование эффективности процесса сжатия газа с впрыском влаги в проточную часть компрессора. Конференция молодых ученых 2016. УралЭНИН, ФГАОУ ВПО «УрФУ», С. 23-25.

5 Отчет НИР. Разработка научно-технических решений по высокодисперсному впрыску воды в тракты газотурбинных установок. Этап 3: Испытание систем впрыска перегретой воды в компрессор полномасштабной ГТУ. Разработка технического задания на ОКР по впрыску перегретой воды в ПГУ мощностью 60 МВт. Москва 2009 г., 44 с.

6 Раушенбах Б.В., Белый С.А., Беспалов И.В. и др. Физические основы рабочего процесса в камерах сгорания воздушно-реактивных двигателей. М.: Машиностроение. 1964, 522 с.

УДК 621.45.022.7

Сиденко Кирилл Алексеевич, студент 3 курса; Sidenko Kirill Alexeyevich

Егоров Александр Григорьевич, д.т.н., доцент;

Egorov Alexander Grigorievich

Тольяттинский государственный университет

## **ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ТЕПЛОПОДВОДОМ В КАМЕРУ СГОРАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛНОВОГО МЕХАНИЗМА**

### **PULSED AIR-JET ENGINE NUMERICAL STUDIES OF THE OPERATING PROCESS WITH A HEAT SUPPLY INTO A COMBUSTION CHAMBER USING A WAVE MECHANISM**

**Аннотация.** Применив метод аналитического моделирования с использованием электроакустических аналогий, получены результаты расчета геометрических параметров двигателя, влияющих на резонансную частоту ПуВРД без теплоподвода. Определены резонансные частоты ПуВРД при акустическом возбуждении и обдуве потоком воздуха с помощью быстрого преобразования Фурье, а также определена частота работы двигателя. Проведен сравнительный анализ частот. Создана расчетная модель ПуВРД. Проведен численный расчет газодинамических процессов в двигателе при циклическом теплоподводе с целью получения значений скоростей, давления в сечениях V1, V2, V3, V4 при различной частоте теплоподвода. С помощью программ для численных расчетов Start Flow, SF Solver, SF CilSolver v2 методом конечных элементов с циклическим подводом тепла в камеру сгорания визуализировали термодинамический цикл ПуВРД, а также определили влияние частоты акустических колебаний, возникающих при теплоподводе на значения давления и скорости в установленных сечениях ПуВРД.

**Abstract.** Applying the method of analytical modeling using electroacoustic analogies, the results of calculating the geometric parameters of the engine, which affect the resonant frequency of the pulsejet without heat supply, have been obtained. The resonant frequencies of the pulsejet with acoustic excitation and airflow blowing using fast Fourier transform were determined, as well as the engine operating frequency was determined. A comparative analysis of frequencies was performed. A calculation model of the pulsejet was created. Numerical calculation of gas-dynamic processes in the engine with cyclic heat supply was performed in order to obtain the values of velocities, pressure in the sections V1, V2, V3, V4 at different frequency of heat supply. Using the programs for numerical calculations of Start Flow, SF Solver, SF CilSolver v2 by the finite element method with cyclic heat input into the combustion chamber, the thermodynamic cycle of the pulsejet was visualized and the effect of the frequency of

acoustic vibrations arising during heat input on the value of pressure and speed in the set sections of the pulsejet was determined.

**Ключевые слова:** пульсирующий воздушно-реактивный двигатель; экспериментальный образец; газодинамический процесс; электроакустические аналогии; теплоподвод; быстрое преобразование Фурье.

**Keywords:** pulsating air-jet engine; experimental prototype; gas-dynamic process; electroacoustic analogies; heat input; fast Fourier transform.

Для проведения научно-исследовательской работы предлагается бесклапанный ПуВРД, впускная труба которого направлена навстречу потоку [1, 2, 3] (Рисунок 1).

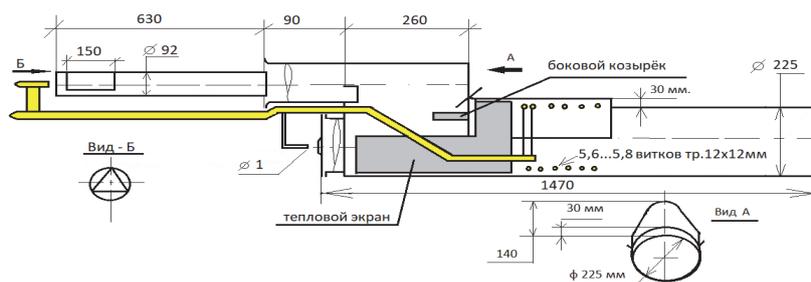


Рисунок 1 – Предлагаемый к исследованию ПуВРД

Данный двигатель представляет собой не что иное, как струйный резонатор Гельмгольца. Скорость потока на входе в камеру падает, это приводит к сильным сдвиговым смещениям на границе раздела [4] (Рисунок 2).

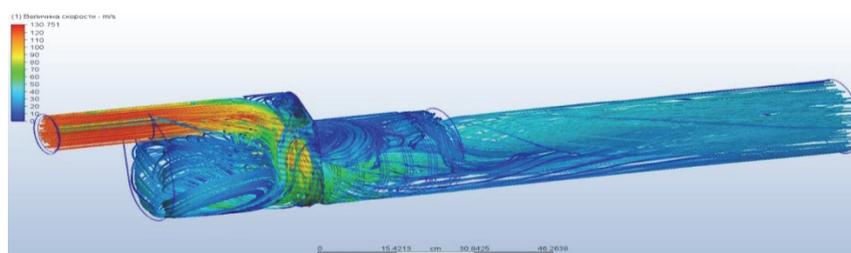


Рисунок 2 – Численный расчет ПуВРД, визуализация скорости течения

В следствии вязкости сред на границе происходит обмен количеством движения между двумя потоками. В результате сдвигового течения образуются вихревые кольца (Рисунок 3).

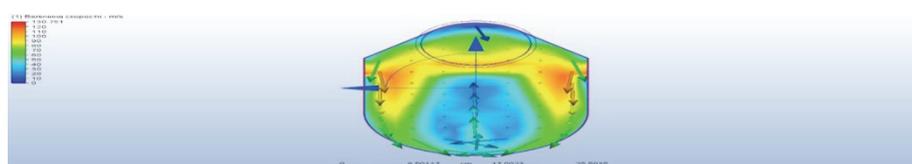


Рисунок 3 – Численный расчет внутреннего течения в ПуВРД, поперечный разрез

При соударении этих возмущений с кромкой выходного сопла появляются периодические импульсы давления. Импульсы давления, усиленные в результате резонанса в камере Гельмгольца, распространяются по потоку к зоне отрыва. При определённой длине камеры излучателя возму-

шение достигает зоны входа струи в камеру в момент генерации следующего вихря, и цикл самовозбуждения повторяется. Для определения влияния конструктивных элементов впускной трубы, камеры сгорания и резонаторной трубы был применен метод аналитического моделирования с использованием электроакустических аналогий [5] (Рисунок 4).

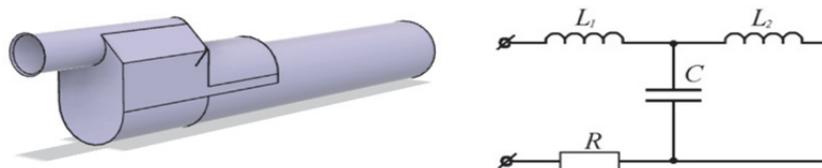


Рисунок 4 – Расчетная модель ПуВРД и его электрическая схема

Частоту собственных колебаний излучателя определили как резонансную частоту колебательного контура. В результате математических преобразований получили формулу резонансной частоты ПуВРД:

$$f_0 = \frac{c_0}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{V} \left( \frac{S_1}{l_{13}} + \frac{S_2}{l_{23}} \right)}$$

где  $c_0$  – скорость звука,  $V$  – объем камеры сгорания,  $S_1, l_{13}$  – площадь и длина впускной трубы,  $S_2, l_{23}$  – площадь и длина резонаторной трубы.

Для определения резонансной частоты ПуВРД была разработана экспериментальная установка (рисунок 5). Двигатель обдували набегающим потоком воздуха, а микрофон установили на срезе резонаторной трубы. Микрофон регистрировал пульсации давления воздуха.

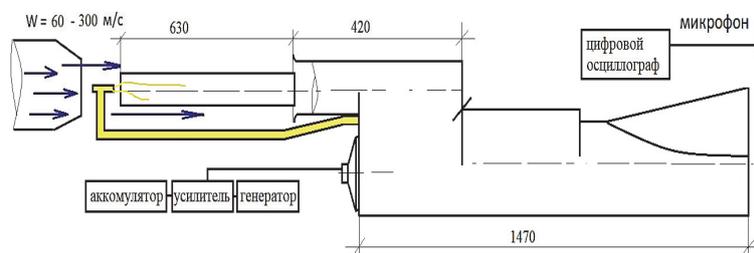


Рисунок 5 – Схема измерения пульсаций в ПуВРД при обдуве и подачи акустического сигнала

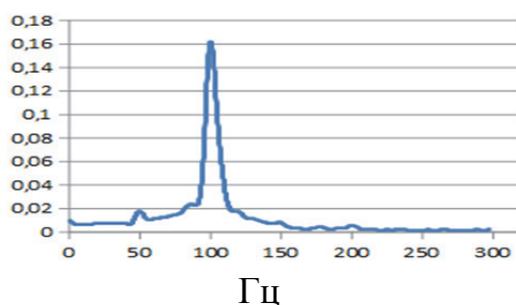


Рисунок 6 – Преобразование Фурье без горения

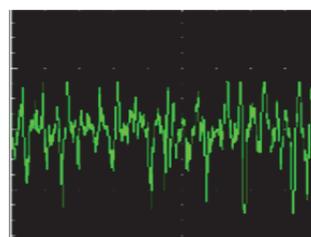


Рисунок 7 – Частотная характеристика при обдуве 115 м/сек

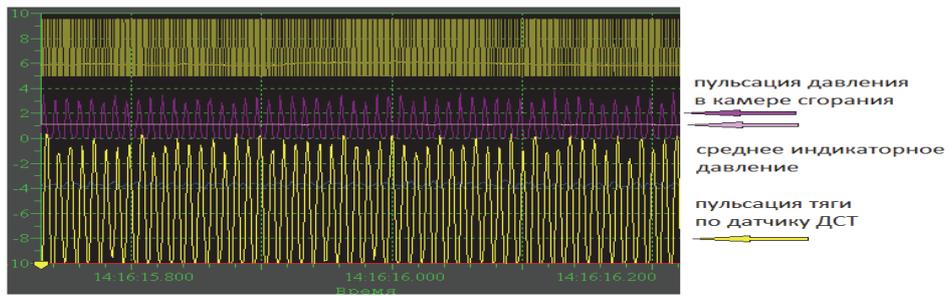


Рисунок 8 – Осциллограмма ПуВРД огневые испытания скорость набегающего потока 120 м/с

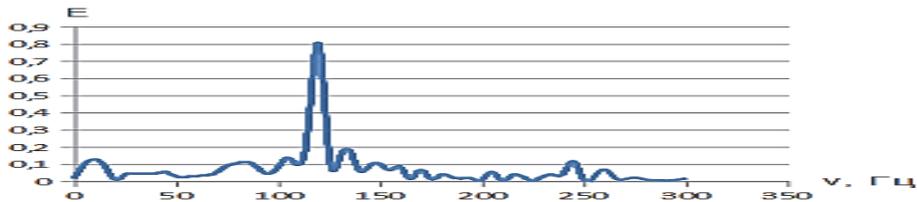


Рисунок 9 – График частотной характеристики работающего двигателя с преобразованиями Фурье 115 Гц

На рисунке 10 представлена математическая модель

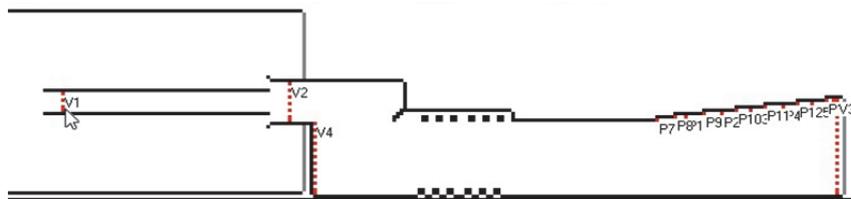


Рисунок 10 – Сечения статистик V1, V2, V3, V4

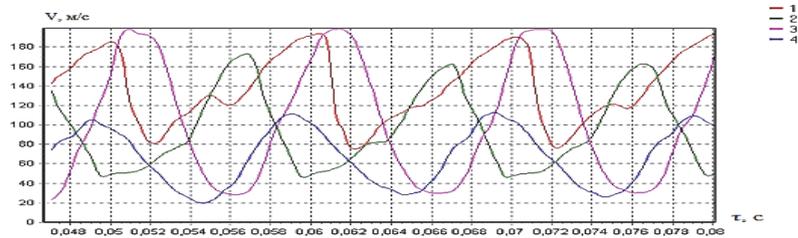


Рисунок 11 – Численный расчет скорости при теплоподводе с частотой 100 Гц

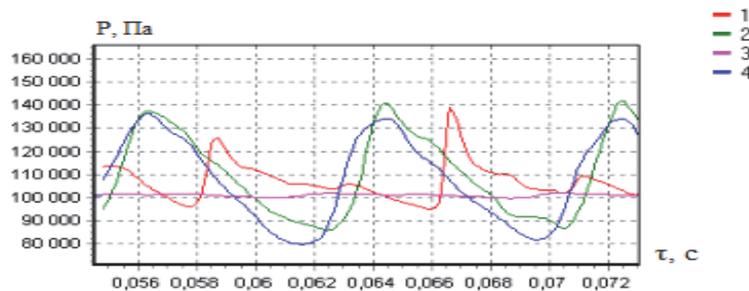


Рисунок 12 – Результаты численного расчета статистики давления при частоте теплоподвода 100 Гц

Численный расчет термодинамического цикла с помощью программы

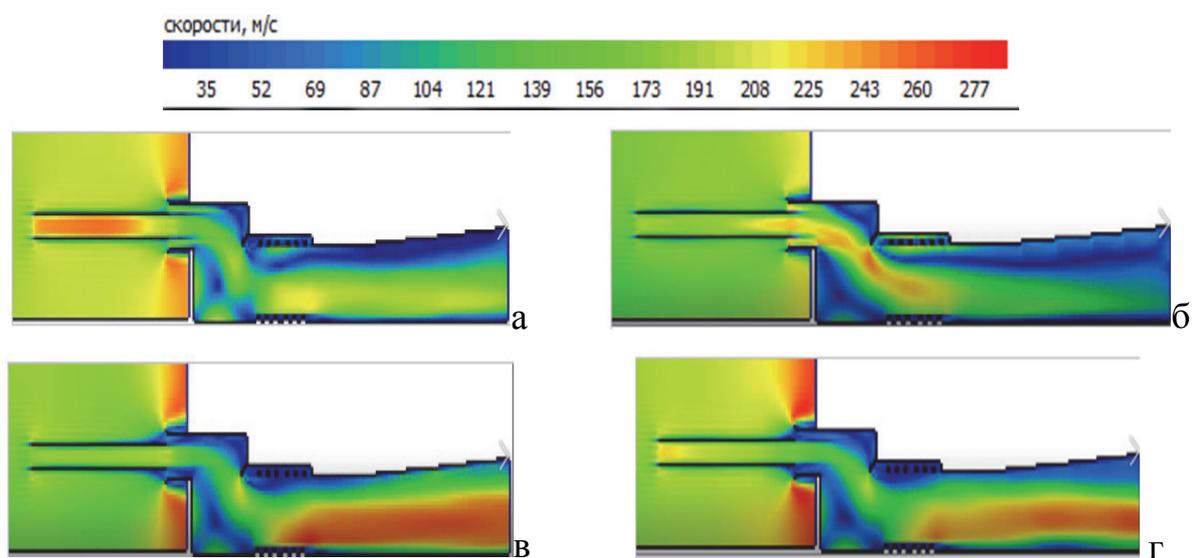


Рисунок 13 – Термодинамический цикл пульсационного горения ПуВРД, статистика скорости

- а. адиабатическое (изоэнтропное) сжатие рабочего тела за счет напора встречного потока воздуха
- б. изохорический нагрев при сгорании топлива
- в. адиабатическое расширение продуктов сгорания в реакторном сопле;
- г. изобарическое (при постоянном давлении) охлаждение выхлопных газов в окружающей среде

Результаты резонансных частот полученные различными методами определения резонансной частоты, Гц.: аналитический с использованием электроакустических аналогий – 93; акустический без продувки. При помощи динамика и генератора с преобразованием Фурье – 100; продувка на стенде без теплоподвода с преобразованием Фурье – 100; продувка на стенде при  $V = 60$  м/с и подачи звуковой частоты генератором без теплоподвода с преобразованием Фурье – 100; численный расчет рабочего процесса методом конечных элементов с периодическим теплоподводом – 100; огневые испытания ПуВРД на моторном стенде при скорости обдува 120 м/сек. Пульсации в камере сгорания по датчику давления в камере сгорания – 115; Огневые испытания ПуВРД на моторном стенде при скорости обдува 120 м/сек. Замер акустических колебаний с преобразованием Фурье – 115.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 УДК 629.7.036.24. Мигалин, К. В. Эжекторные пульсирующие воздушно-реактивные двигатели: монография / К.В. Мигалин, К.А. Сиденко, К.К. Мигалин. – Тольятти: Спект, 2020. – 444 с., ил.

2 Патент 2717479. Российская Федерация. Форсированный двухконтурный эжекторный пульсирующий воздушно-реактивный двигатель: № 2019127573: заявл. 30.08.2019: опубл. 23.03.2020 / К.В. Мигалин, К.А. Сиденко.

3 Патент 2714463. Российская Федерация. Способ форсирования двухконтурного эжекторного пульсирующего воздушно-реактивного двигателя и форсированный двухконтурный эжекторный пульсирующий воздушно-реактивный двигатель: № 2019122063: заявл. 10.07.2019: опубл. 17.02.2020 / К.В. Мигалин, К.А. Сиденко

4 Сиденко, К.А. Численные исследования газодинамических процессов в пульсирующем воздушно-реактивном двигателе / К.А. Сиденко, А.Г. Егоров // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы III Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 6-10 апреля 2020 г.: в 3 ч. / Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – Ч. 2. – С. 34–36.

5 Морз Ф. Колебания и звук. – М.: ГИТТЛ, 1949. – 456 с.

УДК 656.078.1

Соломко Екатерина Витальевна, студент; Solomko Ekaterina Vitalievna  
Гунькова Ольга Владимировна, старший преподаватель;  
Gunkova Olga Vladimirovna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ УНИКАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ГОРОД АМУРСК**

## **ORGANIZATION AND TECHNICAL SUPPORT OF TRANSPORTATION OF UNIQUE EQUIPMENT TO THE CITY OF AMURSK**

**Аннотация.** В данной работе описывается технология и техническое обеспечение транспортировки уникального оборудования в виде автоклава в Амурский гидрометаллургический комбинат.

**Abstract.** This paper describes the technology and technical support for the transportation of unique equipment in the form of an autoclave to the Amur Hydrometallurgical Plant.

**Ключевые слова:** уникальное оборудование, автоклав, негабаритный груз, транспортировка.

**Keywords:** unique equipment, autoclave, oversized cargo, transportation.

Одним из основных лидеров по добыче драгоценных металлов является компания «Полиметалл», это горнорудная компания, которая ведет добычу серебра, золота и меди. Геологоразведочные работы ведутся в нескольких регионах России, в том числе и в Хабаровском крае. Амурский гидрометаллургический комбинат – центр переработки концентратов золо-

тых упорных руд, первый в России комплекс, где применяется метод автоклавного окисления для извлечения золота из концентрата упорных руд.

В 2023 году планируется ввод в эксплуатацию второй автоклавной линии. Впервые в России Амурский гидрометаллургический комбинат планирует перерабатывать концентраты дважды упорных руд, для этого летом 2020 года на комбинат в городе Амурске был доставлен второй автоклав.

Данный автоклав был построен в Бельгии, он является крупнейшим в мире в золотодобывающей промышленности. Его размеры достигают 50 метров в длину, 6 метров в диаметре и вес 1,1 тысячи тонн. Автоклав первой очереди, функционирующий на предприятии с 2010 года, имеет более скромные размеры: 26 метров в длину, диаметр 5 метров и всего 200 тонн веса.

Транспортировка данного уникального оборудования была разделена на несколько этапов. Первый этап заключался в доставке автоклава с территории завода-изготовителя города Гил в Бельгии до порта Антверпен в трюмной барже. Далее в порту была осуществлена перегрузка в специальное судно **Svenja (SAL Heavy Lift)**, оборудованное двумя кранами грузоподъемностью 1000 т каждый. Данный этап работ проходил в мае 2020 года в период ограничений, связанных с COVID-19, все прошло вовремя, в соответствии с графиком.

Морской переход из порта Антверпен до порта Де-Кастри в России был осуществлен через Суэцкий канал. Время доставки составило 30 дней. На борту судна была организована военизированная охрана для прохождения потенциально опасных участков.

На втором этапе транспортировки стояла задача перегрузить автоклав из морского судна на баржу для дальнейшей доставки по Татарскому проливу и реке Амур до причала в городе Амурске (Хабаровский край). Баржа была зафрахтована у ФГБУ «Морская спасательная служба», так как на Дальнем Востоке не оказалось подходящих транспортных средств для перевозки негабаритных тяжелых грузов. Для этого на барже было обновлено судовое и швартовное оборудование. Баржа, грузоподъемностью 4900 т, была загружена на четверть, при осадке немного больше одного метра. К третьему этапу доставки уникального груза логистическая компания готовилась на протяжении двух лет. Трудность состояла в том, что колебания уровня воды в реке Амур за короткие сроки составляет 5 – 7 метров. Для обеспечения выгрузки оборудования при любом уровне воды был спроектирован и построен специальный временный RO-RO причал в городе Амурске.

Так же на данном этапе была проведена подготовка маршрута движения по городу Амурску от временного причала до Амурского гидрометаллургического комбината: построена новая дорога к причалу, отремонтировано асфальтовое полотно по всему маршруту движения, реконструированы линии электропередач и тепломагистралей.

Для доставки автоклава от причала на промплощадку в город Амурск были доставлены самоходные модульные транспортеры, состоящие из 28 осей двойной ширины (448 колес).

Монтаж автоклава на фундамент впервые в России был произведен синхронно двумя гидравлическими порталными системами грузоподъемностью 1100 тонн каждая.

Перевозка данного уникального оборудования потребовала подготовки более двух лет работы. Учитывая трудности в отсутствии оборудования, удаленности региона и эпидемиологическую ситуацию в мире логистическая компания справилась со всеми этапами транспортировки без задержек и даже с небольшим опережением графика.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Дороничев, А. В., Калинина А. Р., Король Р. Г., Червотенко Е. Э. Транспортная инфраструктура: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 / А. В. Дороничев, А. Р. Калинина, Р. Г. Король, Е. Э. Червотенко. – Москва, 2018 г.

2 Телегина, В. А. Коммерческо-правовое обеспечение грузовых перевозок. Методические указания для выполнения практических работ / В. А. Телегина - Москва, 2017.

3 POLYMETALINTERNATIONAL.com: Российская горнорудная компания: сайт. – Лимасол, 2021 – URL: <https://www.polymetalinternational.com>.

УДК 629.543

Стадник Андрей Сергеевич, студент; Stadnik Andrey Sergeevich  
Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;  
Burmenskiy Andrey Dmitrievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОГО ТИПА СРЕДНЕТОННАЖНОГО ТАНКЕРА-БУНКЕРОВЩИКА

#### ANALYSIS OF THE ARCHITECTURAL AND CONSTRUCTIVE TYPE OF MEDIUM-TONNAGE BUNKERING- TANKER

**Аннотация.** Данная работа посвящена анализу архитектурно-конструктивных особенностей проекта средне-тоннажного танкера-бункеровщика. Приведены основные проектные характеристики судна и описание его общего расположения.

**Abstract.** This article is devoted to the analysis of the architectural and design features of the project of a medium-tonnage bunkering tanker. The main design characteristics of the vessel and a description of its general arrangement are given.

**Ключевые слова:** танкер-бункеровщик, архитектурно-конструктивный тип, общее расположение.

**Keywords:** bunkering tanker, architectural and constructive type, general arrangement.

Хотя танкеры-бункеровщики и относятся к классу судов «танкеры», но в тоже время их можно отнести к судам обеспечения. Они предназначены для обеспечения судов топливом и моторными маслами, которые находятся на стоянке в порту или на ходу в море. Так, например, бункеровка рыболовных судов в море, увеличивает продолжительность пребывания последних в районе промысла, что существенно их эффективность. В этом случае рыбодобывающие суда не теряют время в период путины на переходы в пункты базирования для заправки энергетическими запасами.

Вместимость танкеров-бункеровщиков имеет достаточно широкий диапазон. От нескольких сотен тонн что, характерно для портовых бункеровщиков, до полутора десятка тысяч тонн – танкеров, обеспечивающих топливом суда в удаленных районах эксплуатации мирового океана.

Для танкеров-бункеровщиков характерно одновременная транспортировка в отдельных грузовых танках энергетических запасов различного типа, отличающихся своими свойствами: судовой мазут, дизельное топливо, моторное масло, пресная вода. Дополнительно, бункеровщик может снабжать суда продовольствием, запчастями и расходными материалами.

К данному типу судов относится проект танкера-бункеровщика ПКБ «Шельф» дедвейтом 6000 т., спроектированный для эксплуатации в северных районах и районах Дальнего Востока России (ледовый класс Arc4).

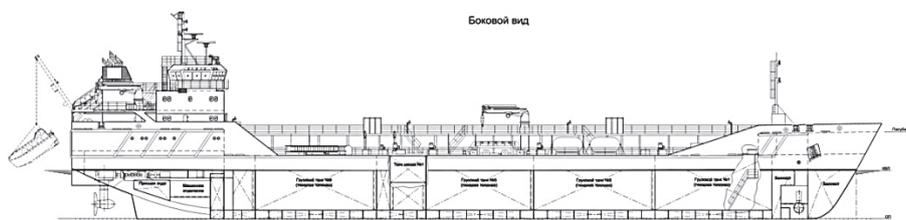


Рисунок 1 – Схема общего расположения танкера бункеровщика

Назначение проекта: прием, перевозка до шести различных сортов нефтепродуктов (два сорта легкого, два сорта тяжелого топлива и два сорта смазочного масла), а также топливная бункеровка судов дедвейтом до 150000 тонн с высотой надводного борта до 22 м.

Таблица 1 – Основные проектные характеристики

Характеристика	Значение
Длина между перпендикулярами, м	101,3
Ширина расчетная, м	17,3
Высота борта, м	8,5
Осадка, м	6,5
Экипаж, чел	16

Архитектурно-конструктивный тип проекта: танкер-бункеровщик с размещением груза во встроенных грузовых и отстойных танках, с баком и ютом, с двойным дном, двойными бортами и продольной непроницаемой переборкой в ДП в районе танков, с жилой надстройкой, рулевой рубкой и машинным отделением в кормовой части судна, с наклонным форштевнем и транцевой кормой.

Вместимость десяти грузовых топливных танков и двух масляных танков составляет около 6900 м<sup>3</sup>. Вместимость двух отстойных танков – около 200 м<sup>3</sup>.

В качестве главных двигателей (ГД) в проекте предусмотрена установка двух дизельных двигателей мощностью около 1600 кВт, работающих на две поворотные винто-рулевые колонки, при этом обеспечивается максимальная скорость не менее 12 узлов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Танкеры – Раздел официального сайта КБ «Вымпел», подраздел «Проекты». – URL: <http://www.vympel.ru/ru/projects/tankery> (дата обращения: 05.04.2021).

УДК 623.466.33

Тарасов Никита Евгеньевич, студент; Tarasov Nikita Evgenievich  
Бобков Александр Викторович, доктор технических наук, профессор;  
Bobkov Alexander Viktorovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ СТАРТА БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ РАКЕТЫ С АЭРОМОБИЛЬНОЙ ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ

### INCREASING THE RANGE OF THE BALLISTIC ROCKETS USING AEROMOBILE PLATFORMS

**Аннотация.** Данная статья посвящена анализу преимуществ использования аэромобильной пусковой установки для старта баллистической ракеты.

**Abstract.** This article analyzes the advantages of using an airmobile launcher to launch a ballistic missile.

**Ключевые слова:** баллистическая ракета, аэромобильная пусковая установка.

**Keywords:** ballistic missile, airmobile launcher.

Баллистическая ракета — летательный аппарат, совершающий большую часть полёта по баллистической траектории после разгона на начальном участке полёта двигателем до некоторой начальной скорости [1].

Баллистические ракеты могут запускаться с разнообразных пусковых установок (ПУ): стационарных — шахтных или открытых, а также мобильных установок наземного, воздушного, надводного или подводного базирования [2, 3].

Преимущество мобильных перед стационарными ПУ заключается в их повышенной неуязвимости, благодаря постоянной смене стартовой позиции, которую противник вынужден контролировать с помощью сложных систем слежения. Особенно эффективным является размещение ракет на подводных лодках, перемещение которых под водой и ледовыми полями Северного ледовитого океана обеспечивает существенный маскирующий эффект.

Аэромобильная пусковая установка, кроме мобильности, обеспечивает баллистической ракете, называемой в таком случае аэробаллистической, несколько следующих преимуществ, зависящих от типа носителя.

1. Увеличение дальности полёта ракеты благодаря начальной, ненулевой, относительно Земли, высоте старта, см. рисунок 1. Прирост дальности такой ракеты при высотном старте и параболической траектории полёта

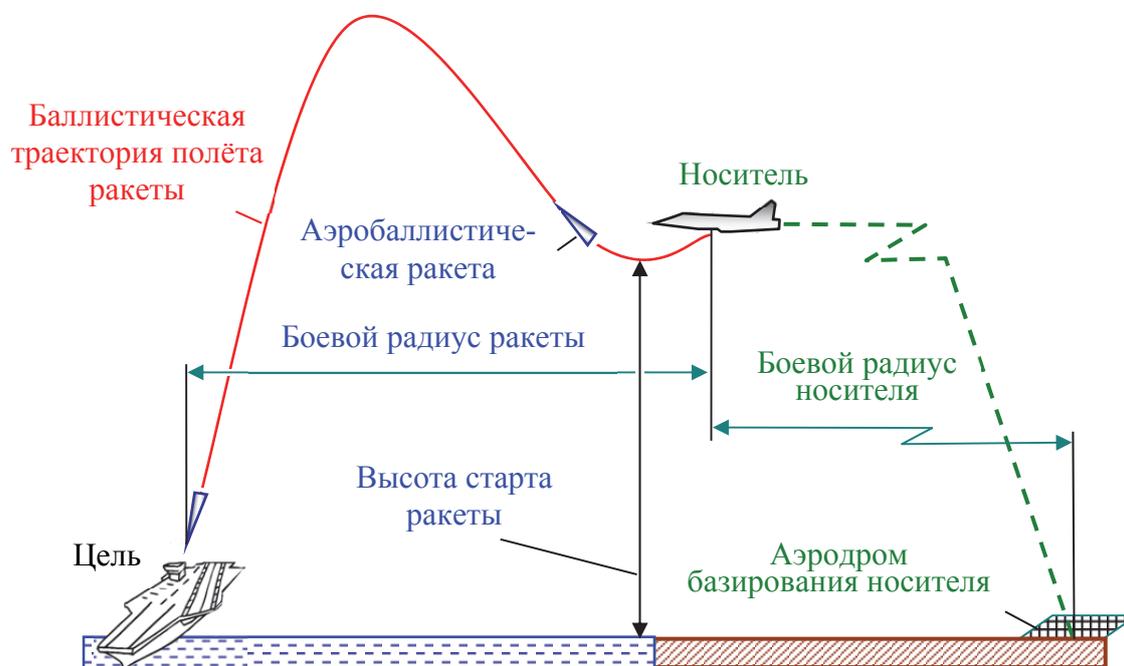


Рисунок 18 – Траектория полета и боевой радиус аэробаллистической ракеты

та может составить 20...25%. Носителем пусковой установки в этом случае может послужить любой тип летательного аппарата: аэростат, дирижабль, вертолёт, самолёт. Их пилотируемые или беспилотные варианты.

2. Повышение веса боевой части (БЧ). Старт из носителя, который летит со скоростью  $M=2...2,5$  позволяет сократить время разгона ракеты и, соответственно, уменьшить расход топлива на активном участке полёта. Благодаря этому появляется возможность увеличения полезной нагрузки за счёт уменьшения веса топлива. Носителем должен быть сверхзвуковой самолёт: стратегический бомбардировщик или тяжёлый истребитель.

3. Повышенная неуязвимость пусковой установки при старте ракеты из стратосферы. Носителем в этом случае может стать стратостат или стратосферный самолёт.

4. Увеличение площади зон поражения аэробаллистической ракетой за счёт сложения боевых радиусов применения носителя и ракеты. Наиболее эффективным носителем в этом случае будут стратегические бомбардировщики.

По своим весо - габаритным параметрам аэробаллистические ракеты, из-за естественных ограничений, обусловленных фактором базирования на летательных аппаратах, соответствуют тактическим баллистическим ракетам наземного базирования небольшого размера [4-6]. При этом эффективность аэромобильного варианта ракеты существенно повышается благодаря 2 факторам.

1. Кратный рост боевого радиуса применения аэробаллистической ракеты переводит её из категории оперативно - тактических ракет малой дальности в категорию ракет средней дальности, с возможным расширением задач до уровня стратегических.

2. Размещение аэробаллистических ракет на сверхзвуковых самолётах, аэродромы базирования которых находятся в глубине территории страны, дополнительно повышает степень неуязвимости этого вида оружия в случае военных действий на трансграничных территориях.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Дмитриевский, А. А. Внешняя баллистика : учеб. пособие / А. А. Дмитриевский, Л. Н. Лысенко. – Москва : Машиностроение, 2005. – 608 с.

2 Управляемые ракеты дальней и морской авиации СССР / сост. С. Мороз. – М. : Майор, 2001. – 92 с.

3 Поздняков, А. В. Тактика военно-воздушных сил : учеб. пособие / А. В. Поздняков, А. А. Каргапольцев, С. А. Губарев. – Москва : «МИРЭА», 2015. – 274 с.

4 Авиационная аэробаллистическая ракета Х-15 // авиару.рф : Авиамузей. URL: <http://xn--80aafy5bs.xn--plai/aviamuseum/dvigateli-i-vooruzhenie/aviatsionnoe-vooruzhenie/sss/aviatsionnye-rakety/upravlyaemye-rakety/ur-vozduh-poverhnost/aviatsionnaya-aeroballisticheskaya-raketa-h-15/> (дата обращения 08.04.2021).

5 Комплекс 9-А-7660 Кинжал, ракета 9-С-7760 / изделие 292 // <http://militaryrussia.ru> : отечественная военная техника. URL: <http://militaryrussia.ru/blog/topic-896.html> (дата обращения 08.04.2021).

6 Оперативно-тактический ракетный комплекс «Искандер» // kbm.ru : Конструкторское бюро машиностроения. URL: <https://www.kbm.ru/ru/production/otrk/37.html> (дата обращения 08.04.2021).

УДК 621.43

Титов Евгений Александрович, студент; Titov Evgeniy Aleksandrovich

Смирнов Алексей Владимирович, кандидат технических наук;

Smirnov Aleksey Vladimirovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПУСКОВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

### COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF AUTOMOBILE ENGINE PREHEATERS

**Аннотация.** Двигатель во многом определяет эксплуатационные свойства автомобиля, поэтому должен иметь соответствующие характеристики, в том числе и длительный ресурс. Для продления ресурса при запуске двигателя в холодное время года используют различные предпусковые подогреватели. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

**Abstract.** The engine largely determines the performance characteristics of the car, so it must have the appropriate characteristics, including a long service life. To extend the service life when starting the engine in the cold season, various pre-start heaters are used. Each of them has its own advantages and disadvantages.

**Ключевые слова:** автомобильный двигатель, ресурс, предпусковой подогреватель, характеристики, сравнение.

**Keywords:** automobile engine, service life, preheater, characteristics, comparison.

Двигатель является одним из основных агрегатов автомобиля, во многом определяя его эксплуатационные характеристики. Соответственно к самому двигателю предъявляются высокие требования по обеспечению экономичности, экологичности, ресурса и др.

Ресурс двигателя зависит от многих факторов: качества изготовления деталей, качества сборки, качества топлива, своевременной замены масла, эффективности системы охлаждения, режимов эксплуатации и др. Несоблюдение указанных требований может привести к преждевременному ремонту или замене двигателя, что часто является очень дорогостоящими операциями.

Одним из моментов, позволяющих продлить ресурс двигателя является исключение экстремальных нагрузок, под которыми подразумевается, например, так называемый «холодный пуск двигателя». Холодным пуском называется запуск двигателя, температура которого значительно ниже рабочих, которая варьируется в диапазоне 87 – 107 °С [3].

При холодном пуске масло двигателя слишком вязкое, оно не попадает во все необходимые места, и двигатель при прогреве испытывает экстремальную нагрузку. Для исключения или уменьшения таких нагрузок применяют специальные устройства – предпусковые подогреватели.

Предпусковой подогреватель двигателя—это устройство, которое позволяет прогреть двигатель автомобиля, не запуская его. Он предназначен для предварительного прогрева двигателя, облегчения запуска двигателя в холодную погоду и, в некоторых случаях, для прогрева салона.

Различают автономные, электрические подогреватели и тепловые аккумуляторы. Рассмотрим подробнее особенности каждого вида подогревателей.

Первый электрический подогреватель изобрел Эндрю Фриман. Один из болтов крепления головки блока цилиндровон заменил на нагреватель в виде стержня, закрутил его до погружения в рубашку охлаждения и подключил к розетке. Подогреватель грел охлаждающую жидкость, а остальные системы двигателя, после чего последний запускался легко [1].

Современные электрические подогреватели подключают к сети переменного тока напряжением 220 В. Принцип действия также основан на нагреве охлаждающей жидкости с помощью электронагревательного элемента. В рубашке охлаждения происходит естественная циркуляция охлаждающей жидкости. Для этого подогреватель устанавливают в нижней точке системы охлаждения. При использовании встроенной помпы нагрев будет быстрее, и место установки подогревателя может быть любым. По достижении определённой температуры срабатывает термореле, отключающее подогреватель и не дающее перегреться охлаждающей жидкости. Такой прогрев улучшает экологические показатели, так как исключаются повышенные выбросы двигателя при прогреве [1].

В России парковки со стационарными «точками питания» для подогревателей встречаются в Красноярском крае, Якутии, ХМАО и других регионах с суровым климатом, но чаще всего они коммерческие или ведомственные. Напротив, в таких странах как Скандинавия, США и Канада на каждой стоянке есть специально оборудованное место с доступом к сети 220В. Цена электроподогревателя в среднем по России 3500 рублей [3].

Жидкостные предпусковые подогреватели двигателя являются полностью автономными. Они устанавливаются в моторном отсеке автомобиля и могут работать на бензине, дизельном топливе или газе.

Основные компоненты жидкостного подогревателя: электронный блок управления; топливный насос; нагнетатель воздуха в камеру сгорания; «котёл», включающий камеру сгорания; теплообменник; циркуляционный насос, прокачивающий охлаждающую жидкость; реле, включающее вентилятор штатной «печки» для обогрева салона; орган управления подогревателем (таймер, пульт дистанционного управления, GSM-модуль для запуска подогревателя по телефону).

После запуска подогревателя топливный насос подаёт топливо из топливного бака автомобиля в камеру сгорания подогревателя, где топливо смешивается с воздухом и воспламеняется свечой зажигания. В результате сгорания топлива образуется тепло, передающееся через стенки теплообменника охлаждающей жидкости двигателя. Насос подогревателя прока-

чивает эту жидкость по малому контуру системы охлаждения – рубашке блока цилиндров и штатному отопителю салона. При достижении заданной температуры охлаждающей жидкости реле включает вентилятор штатной «печки» для обогрева салона. Но жидкостными подогревателями нельзя пользоваться в гаражах, не имеющих системы вентиляции. Потребление топлива составляет около 0.5л/ч в режиме полной нагрузки.

К преимуществам жидкостных подогревателей относят возможность сразу начать движение, не тратя время на прогрев, в прогретом салоне автомобиля. К недостаткам относится высокая цена жидкостных подогревателей – в России она начинается с отметки 40000 рублей [3]. Также во время работы подогревателя циркуляционный насос и вентилятор салона потребляют электричество от аккумулятора автомобиля, который, в случае слабой батареи, может быстро разрядиться.

Аккумуляторы тепла предназначены для облегчения пуска и ускорения прогрева автомобильных двигателей при низкой температуре воздуха за счет тепла охлаждающей жидкости, находящейся в аккумуляторе тепла.

Принцип работы аккумулятора тепла схож с принципом работы обыкновенного вакуумного термоса с двойной металлической колбой [2]. Во время работы или сразу после остановки двигателя специальная емкость заполняется горячей охлаждающей жидкостью и хранится там до следующего запуска двигателя. Емкость защищена теплоизоляцией, поэтому охлаждающая жидкость довольно долго может оставаться горячей. Перед запуском двигателя происходит активизация системы. Горячая охлаждающая жидкость с помощью электронасоса передается из аккумулятора тепла в рубашку охлаждения двигателя, поднимая его температуру на 15 – 20 градусов от исходной. При этом холодная охлаждающая жидкость из двигателя поступает в аккумулятор тепла, выдавливая горячую охлаждающую жидкость без перемешивания.

Достоинство аккумулятора тепла в том, что он является абсолютно безопасным в эксплуатации и полностью автономен. Средняя цена по России на такой агрегат составляет 11000 рублей [3]. К недостаткам относятся недостаточная температура охлаждающей жидкости перед пуском двигателя и потребность в автономном источнике питания.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Рамблер/авто [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://auto.rambler.ru/>, свободный – (10.03.2021).
- 2 Drive2.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.drive2.ru/>, свободный – (10.03.2021).
- 3 Яндекс Дзен [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zen.yandex.ru/>, свободный – (10.03.2021).

УДК 621.18-182.2

Удовиченко Константин Сергеевич, студент;

Udovichenko Konstantin Sergeevich

Попов Алексей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент;

Porov Alexey Yurievich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ПУТЁМ СЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА В ОБОГАЩЁННОЙ КИСЛОРОДОМ СМЕСИ**

### **REDUCTION OF NITROGEN OXIDE EMISSIONS BY COMBUSTION OF GASEOUS FUEL IN OXYGEN-RICH MIXTURE**

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию зависимости выбросов оксидов азота от концентраций кислорода и азота в подаваемом в котёл на сжигание газообразного топлива окислителя.

**Abstract.** This work is devoted to the study of the dependence of emissions of nitrogen oxides on the concentrations of oxygen and nitrogen in the oxidizer supplied to the boiler for combustion.

**Ключевые слова:** оксиды азота, паровой котёл, топочная камера, сжигание газа.

**Keywords:** nitrogen oxides, steam boiler, combustion chamber, gas combustion.

Одними из наиболее токсичных элементов, содержащихся в продуктах сгорания топлива, являются оксиды азота  $\text{NO}_x$  (главным образом монооксид азота  $\text{NO}$  и, в меньшей степени,  $\text{NO}_2$ ). Более токсичным является  $\text{NO}_2$ , чем  $\text{NO}$ , которого существенно меньше (доля  $\text{NO}_2$  среди  $\text{NO}_x$  составляет не более 1-5 %, остальную часть составляет  $\text{NO}$ ). Однако в атмосфере под действием природных факторов  $\text{NO}$  способен конвертироваться в  $\text{NO}_2$ . Источником оксидов азота является молекулярный азот, который содержится в воздухе. В свою очередь, воздух используется в качестве окислителя при сжигании топлива.

Выбросы оксидов азота предлагается снижать путем уменьшения концентрации азота в подаваемом на сжигание окислителе. Процесс удаления азота из окислителя (воздуха) предполагается осуществлять на газоразделительных установках мембранного типа, короткоциклового безнагревной адсорбции (КБА) и низкотемпературной ректификации (криогенных).

В работе исследовалось сжигание метана в топочной камере парового котла БКЗ-210-140-7, используемого в данный момент на Комсомольской ТЭЦ-2 на четвёртой очереди. Конечно-элементная сетка трёхмерной модели топочной камеры котла БКЗ-210-140-7, сгенерированная в программе ANSYS, представлена на рисунке 1.

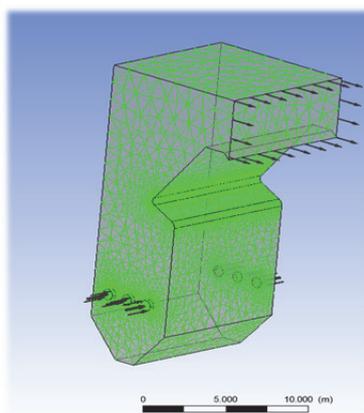


Рисунок 1 – Конечно-элементная сетка трёхмерной модели топочной камеры котла БКЗ-210-140-7

Сначала исследовали процесс сжигания газообразного топлива (метана) в воздухе. Параметры подаваемого на сжигание газа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры подаваемого газа

Характеристика	Значение
Массовая доля метана	1
Температура, °С	25
Давление, МПа	0,1
Общий массовый расход	3,375

В качестве окислителя использовался атмосферный воздух, подогретый в воздухоподогревателе котла до 365 °С. Параметры воздуха указаны в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры подаваемого воздуха

Характеристика	Значение
Массовая доля кислорода	0,21
Массовая доля азота	0,79
Температура, °С	365
Давление, МПа	0,1
Общий массовый расход, кг/с	60

В ходе математического моделирования получили картины распределения температур газов и массовых концентраций монооксида азота по объёму топочной камеры.

На выходе из топочной камеры концентрация оксидов азота выравнивается по сечению газохода, поэтому значение массовой концентрации монооксида снимали на выходе из топочной камеры котла.

В случае частично кислородного режима для снижения адиабатической температуры сгорания топлива подавали газы рециркуляции, которые смешивались с подаваемым на сжигание обогащённым кислородом воздухом. Моделирование процесса сгорания топлива с частично кислородным сжиганием газообразного топлива производилось в программе ANSYS CFX.

Характеристики смеси представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики смеси

Характеристика смеси	Значение
Массовый расход, кг/с	52,9
Температура, °С	37,68
Давление, МПа	0,10
Массовая доля O <sub>2</sub>	0,46
Массовая доля N <sub>2</sub>	0,50
Массовая доля H <sub>2</sub> O	0,02
Массовая доля CO <sub>2</sub>	0,02

Полученные результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты оценки эффективности способа снижения оксидов азота

Массовая доля NO в дымовых газах на выходе из топочной камеры	Сжигание топлива в воздухе	Сжигание топлива в обогащённой кислородом среде и рециркуляцией газов
	$11,54360 \cdot 10^{-8}$	$2,72578 \cdot 10^{-8}$
Снижение выбросов NO, %	76,39	

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Анализ показателей балансов электрической энергии и мощности ЕЭС России за I квартал 2020 года / Системный оператор единой энергетической системы. – М. : ОА «СО ЕЭС», 2020. – 44 с.

2 Зельдович, Я. Б. Окисление азота при горении / Я. Б. Зельдович, П. Я. Садовников, Д. А. Франк-Каменский. – М. : Издательский дом академии наук СССР, 1947. – 147 с.

3 Бойко, Е.А. Котельные установки и парогенераторы (тепловой расчет парового котла): учеб. пособие / Е.А. Бойко, И.С. Деринг, Т.И. Охорзина. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – 224 с.

УДК 621.311.22

Хмелев Андрей Анатольевич, магистрант; Khmelev Andrey Anatolyevich  
 Малыхин Анатолий Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
 Malykhin Anatoliy Alexandrovich  
 Комсомольский-на-Амуре государственный университет

### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЭС С СОКРАЩЕНИЕМ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРУ

### RESEARCH OF METHODS OF OPERATION OF THERMAL POWER PLANTS WITH REDUCED CARBON DIOXIDE EMISSIONS INTO THE ATMOSPHERE

**Аннотация.** В работе освещаются вопросы вредного влияния на природу одного из компонентов дымовых газов, образующихся при сжигании углеводородного топлива – диоксида углерода CO<sub>2</sub>. Указываются основные способы его улавливания при сжигании топлива в энергетических установках тепловых электрических станций.

**Abstract.** The paper highlights the issues of harmful effects on the nature of one of the components of flue gases formed during the combustion of carbon-hydrogen fuel-carbon dioxide CO<sub>2</sub>. The main methods of its capture during fuel combustion in power plants of thermal power plants are indicated.

**Ключевые слова:** тепловые электрические станции, сжигание топлива, диоксид углерода, сокращение выбросов в атмосферу.

**Keywords:** thermal power plants, fuel combustion, carbon dioxide, reduction of air emissions.

В настоящее время все больше внимания уделяется развитием и внедрением технологий по улавливанию, утилизации и хранению углерода. Этим вопросом интересуются многие страны и производства, где происходит сжигание углеводородного топлива. Ведь одним из компонентов дымовых газов является диоксид углерода CO<sub>2</sub>, который относится к парниковым газам.

По данным источника [1], начиная примерно с 1850 года, использование ископаемых видов топлива (угля, нефти и газа) в глобальном масштабе увеличилось, став доминирующим в энергоснабжении. Быстрое увеличение сжигания ископаемого топлива (в том числе сжигание попутного газа) привело к быстрому росту выбросов CO<sub>2</sub> и, соответственно, повышению концентрации парниковых газов, что является одной из причин глобального потепления и изменения климата.

В связи с вышесказанным, все больше стран собираются ввести ограничения на максимально допустимый объем выбросов диоксида углерода. Превышение норм выбросов повлечет наложение штрафов и приведет к необходимости покупать дополнительные квоты на эти выбросы [2]. Сам по себе диоксид углерода или углекислый газ является продуктом полного окисления углерода и представляет из себя бесцветный газ с кисловатым запахом и вкусом.

Рассмотрим основные принципиальные подходы к снижению выбросов диоксида углерода CO<sub>2</sub> [3].

1. Выделение CO<sub>2</sub> из состава дымовых газов после сжигания топлива. При таком способе не требуется коренной реконструкции оборудования тепловых электрических станций при внедрении систем очистки дымовых газов от углекислого газа, что является преимуществом для действующих электростанций. Недостатками такого подхода являются большие размеры оборудования для очистки из-за больших расходов дымовых газов. Также увеличивается аэродинамическое сопротивление выпускного тракта.

2. Удаление диоксида углерода перед сжиганием топлива (идея предложена за рубежом). При таком подходе осуществляется паровоздушно-кислородная конверсия метана под давлением с последующей конверсией оксида углерода CO водяным паром до водорода и диоксида углерода. Далее газ очищается от диоксида углерода и направляется на сжигание.

3. Сжигание топлива в кислороде (система разработана за рубежом). Для реализации такого подхода требуется установка крупных агрегатов для разделения воздуха. Сжигание топлива в чистом кислороде позволяет получить чистый диоксид углерода  $\text{CO}_2$ . Таким образом отпадают необходимость и, соответственно, затраты на его выделение. Однако, затраты на разделение воздуха могут превысить затраты на очистку газа.

Что касается процесса выделения диоксида углерода, то можно представить следующие способы [4].

1. Выделение  $\text{CO}_2$  из дымовых газов в кальциево-карбонатном цикле. Процесс осуществляется в реакторах с кипящим слоем, между которыми перемещается сорбент  $\text{CaO}$ . В одном реакторе при пониженной температуре поглощается  $\text{CO}_2$ , а во втором при высокой температуре разлагается карбонат кальция. Подход ориентирован преимущественно на угольные электростанции с большими выбросами диоксида углерода на единицу производимой мощности. Достоинством способа являются относительная дешевизна, значительное сокращение количества кислорода, требуемого для реакции, а также ускорение процесса поглощения углекислого газа благодаря высокой температуре проведения реакции.

2. Экологически чистое выделение  $\text{CO}_2$  с использованием ферментов. Это способ является одним из наиболее перспективных. Ферменты – это органические вещества белковой природы. Суть процесса заключается в ферментном разделении  $\text{CO}_2$  с помощью карбоангидразы, имитирующей природный фермент человеческих легких, который захватывает и выводит углекислый газ из крови и тканей. Карбоангидраза катализирует химическую реакцию между водой и углекислым газом и водой, преобразуя последний в бикарбонат, который впоследствии может быть переработан в пищевую соду и мел.

3. Использование мембранных систем для захвата  $\text{CO}_2$  до сжигания топлива. Этот подход также перспективен, так как не требует серьезных инвестиций по установке. Суть процесса заключается в осуществлении пропуска через мембрану конденсирующихся паров ( $\text{C}_3+$  углеводородов и тяжелее; ароматических углеводородов; воду). При этом мембрана не пропускает неконденсируемые газы (метан, этан, азот и водород). Такой способ позволяет существенно снизить негативное влияние выбросов углекислого газа на экологию, сократив при этом затраты на электроэнергию.

Выбор того или иного способа снижения выбросов диоксида углерода в атмосферу определяется различными факторами: видами сжигаемого топлива, видом энергетического оборудования, финансовыми возможностями предприятия и др. В любом случае данный вопрос требует решения и является на сегодняшний день весьма актуальным.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Влияние топливно-энергетического комплекса на окружающую среду и здоровье человека / [https://itexn.com/8701\\_vlijanie-toplivno-jenergeticheskogo-kompleksa-na-okruzhajushhuju-sredu-i-zdorove-cheloveka.html](https://itexn.com/8701_vlijanie-toplivno-jenergeticheskogo-kompleksa-na-okruzhajushhuju-sredu-i-zdorove-cheloveka.html) (дата обращения 09.04.2021).

2 Экология или заработок: двуликий тренд по улавливанию CO<sub>2</sub> / <https://oilcapital.ru/article/general/16-03-2021/ekologiya-ili-zarabotok-dvulikiy-trend-po-ulavlivaniyu-so2>, (дата обращения 09.04.2021).

3 Обзор состояния проблемы сокращения выбросов диоксида углерода и развития методов сокращения этих выбросов / <https://pandia.ru/text/78/227/25574.php> (дата обращения 09.04.2021).

4. Технологии улавливания и захоронения углерода / <https://issek.hse.ru/trendletter/news/206229435.html> (дата обращения 08.04.2021).

УДК 629.7.025.35

Цивенко Кирилл Андреевич, студент; Civenko Kirill Andreevich

Кириакиди Сергей Константинович, кандидат технических наук, доцент;

Kiriakidi Sergey Konstantinovich

Воронежский государственный технический университет

## **ЩЕЛЕВОЙ ЗАКРЫЛОК СО СДВИЖНОЙ ПАНЕЛЬЮ САМОЛЕТА КОРОТКОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ**

### **SLOT FLAP WITH SHORT TAKE-OFF AND LANDING AIRCRAFT SLIDING PANEL**

**Аннотация.** Данная работа посвящена вопросу исследования и принципиальной разработки конструктивно-аэродинамической схемы щелевой механизации со сдвижной панелью самолета короткого взлета и посадки.

**Abstract.** This work is devoted to the issue of research and conceptual development of a structural-aerodynamic scheme of slotted mechanization with a sliding panel for a short takeoff and landing aircraft.

**Ключевые слова:** самолет, щелевой закрылок, сдвижная панель, подъемная сила.

**Keywords:** aircraft, slotted flap, sliding panel, lift.

Актуальной задачей совершенствования современного летательного аппарата (ЛА) является улучшение его взлетно-посадочных характеристик. Одним из основных вариантов здесь может быть возможность улучшения механизации крыла. Результатом эффективной механизации является снижение посадочной скорости и скорости отрыва, уменьшение взлетной и посадочной дистанции.

Целью работы является разработка конструктивной схемы щелевого закрылка, имеющего значительные преимущества в сравнении с вариантом традиционного закрылка.

Предложен закрылок, состоящий из двух главных частей – передней и основной по нижней поверхности, которой подвижно, по направляющим, установлены сдвижные панели с размахом, равным размаху закрылка. Пе-

редняя часть закрылка по форме близка к дефлектору, является подвижной и через систему кареток имеет возможность перемещаться при действии общего привода по тем же рельсам, что и основная часть. В свою очередь, основная часть закрылка состоит из основного звена и жестко соединенного с ним дефлектора. Особенностью основного звена является наличие аэродинамического канала с возможностью перетекания потока воздуха с нижней поверхности на верхнюю часть закрылка на взлетно-посадочных режимах при выходе в рабочее положение сдвижной панели закрылка, которая содержит поворотную хвостовую часть.

На крейсерском режиме полета передняя часть закрылка плотно прижата к хвостовой части крыла, вплотную к ней расположен дефлектор основной части закрылка, аэродинамический канал, который сверху перекрыт хвостовой частью крыла, а снизу – передней частью сдвижной панели.

Приводом, переводящим закрылок во взлетно-посадочное положение, является винтовой механизм, который подвижно соединен через промежуточную тягу со складывающейся тягой передней части закрылка и совместно, через жесткую тягу, - со складывающейся тягой основного звена закрылка.

При этом, при работе привода, одновременно по направляющим рельсам выходят в поток все элементы закрылка, и формируются следующие аэродинамические каналы – аэродинамический канал (первый) между передней частью закрылка и хвостовой частью крыла, далее между передней частью закрылка и дефлектором (второй), между дефлектором и основным звеном основной части закрылка (третий). Четвертый канал расположен в центральной части основного звена закрылка и переходит в рабочее положение при следующей последовательности перемещений элементов привода. При переходе в крайнее положение тяга соединения складывающихся тяг раскрывает складывающуюся тягу основного звена закрылка, которая перемещает одновременно сдвижную панель до рабочего положения, с одной стороны, снизу открывая третий аэродинамический канал, а с другой – совместно с поворотной хвостовой частью, содержащей объемный отсек, открывая четвертый аэродинамический канал основного звена закрылка. Кроме того, за счет кинематической связи хвостовой части сдвижной панели с основным звеном закрылка хвостовая часть панели развернута на необходимый угол, увеличивая кривизну крыла взлетно-посадочной конфигурации.

В итоге получен вариант эффективного четырехщелевого закрылка с увеличением площади и кривизны крыла при выходе в поток сдвижной панели с отклоняемой хвостовой частью, что в целом существенно увеличивает циркуляцию скорости вокруг крыла и, как следствие - подъемную силу ЛА на взлетно-посадочных режимах.

Предложенная схема щелевого закрылка может быть использована для более эффективной механизации ЛА по сравнению с традиционным вариантом закрылка.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Аржаников Н.С., Садекова Г.С. Аэродинамика летательных аппаратов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов. – М.: Высш. Шк., 1983.— 359 с, ил.

2 Житомирский Г.И. Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов. - М.: Машиностроение, 1991. – 400 с.

УДК 629.5.01

Цыганкова Надежда Игоревна, магистрант; Tsygankova Nadezhda Igorevna  
Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;  
Burmenskiy Andrey Dmitrievich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ГРУЗОВОГО ПЛАНА КОНТЕЙНЕРОВОЗА

### MODELING THE PROCESS OF FORMATION OF CARGO PLAN FOR CONTAINERSHIP

**Аннотация.** Данная работа посвящена вопросам проверки контейнеровместимости в задачах оптимизационного проектирования контейнеровозов. Приведена обобщенная математическая модель формирования грузового плана, который является основой для проведения проверочных расчетов вместимости контейнеровозов. Рассмотрены особенности отдельных расчетных блоков математической модели расстановки контейнеров.

**Abstract.** This work is devoted to the issues of checking container compatibility in the problems of optimization design of container ships. A generalized mathematical model of the formation of a cargo plan is presented, which is the basis for carrying out verification calculations of the capacity of container ships. The features of individual computational blocks of the mathematical model for the arrangement of containers are considered.

**Ключевые слова:** контейнеровоз, проектирование, математическая модель, вместимость, грузовой план.

**Keywords:** containership, design, mathematical model, capacity, container arrangement.

Современный подход в проектировании судов перспективных типов, к которым, например, относятся контейнеровозы активного ледового плавания, строится на принципах оптимизационного проектирования. Для этого используются специализированные системы исследовательского проектирования, основанные на математических моделях задач экстремального программирования. Данные математические модели обязательно содержат расчетные блоки проверки функциональных качеств исследуемого объекта.

Одним из главных функциональных качеств контейнеровозов, является его контейнеровместимость. Именно она определяет главные разме-

рения судна, а также сильно влияет на параметры устойчивости. Поэтому математическая модель расчета параметров вместимости должна носить достаточно детальный характер.

Параметры вместимости контейнеровоза определяет его грузовой план контейнеровоза, который характеризует количественное распределение контейнеров, как в грузовых секциях трюма (бэй), так и на палубе (на крышках люковых закрытий) судна. Поэтому в математической модели проверки вместимости, должен быть включен расчетный модуль формирования грузового плана

Грузовым планом называется графическое изображение на чертеже судна на расположения контейнеров в судовых грузовых помещениях (рисунок 1).

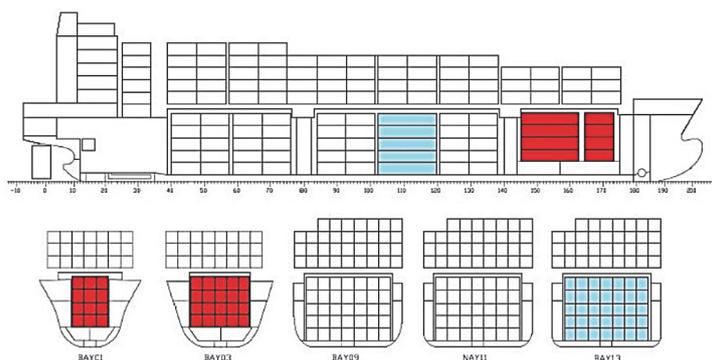


Рисунок 1 – Пример фрагмента грузового плана контейнеровоза

Суть грузового плана заключается в определении для каждого штабеля возможного количества контейнеров по ширине грузового пространства на каждом ярусе штабеля. Условием размещения контейнеров является вычисление и выполнение ограничений математической модели разработки грузового плана.

Основой для построения грузового плана является параметрическая модель корпуса и теоретический чертеж, конструкционные особенности грузовых зон (величины зазоров, практическая шпация, габариты ячеистых конструкций и т.п.) особенности распределения контейнеров по зонам складов, также значения главных оптимизируемых параметров (количество рядов и ярусов контейнеров в трюме)

Разработка грузового плана проводится в процессе выполнения двухэтапной процедуры. На первом этапе выполняется проверка размещения контейнеров в трюмной, а на втором – палубной грузовых зонах.

Обобщенная математическая модель разработки грузового плана в виде блок-схемы приведена на рисунке 2.

Расчет количества контейнеров в трюмной грузовой зоне начинается с процедуры определения абсцисс торцов штабелей контейнеров. Следует отметить, что абсциссы определяются для наиболее удаленных от миделевого сечения торцов. Определение абсцисс проводится на основе количества штабелей контейнеров в трюме, полученного в результате совместного решения уравнений вместимости и длины судна, а также с учетом принятых в расчете архитектурных особенностей расстановки контейнеров в грузовых ячейках (бэях).

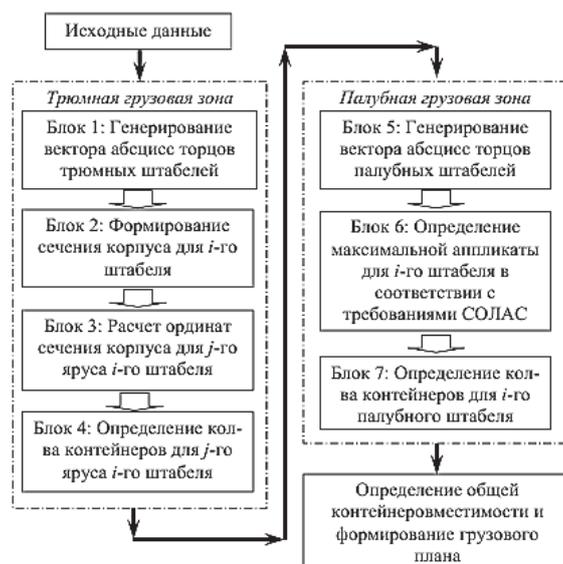


Рисунок 2 – Алгоритм разработки грузового плана

Далее, на основе рассчитанных абсцисс, формируется вектор ординат сечения корпуса в плоскости торца расчетного штабеля. Определение ординат сечения проводится с помощью интерполяции ординат теоретического чертежа по методу Лагранжа.

На следующем шаге определяются аппликаты ярусов контейнеров расчетного штабеля и соответствующие им ординаты рассматриваемого сечения корпуса.

Определение возможного количества контейнеров на рассматриваемом ярусе проводится на основе ограничения, что ордината боковой стенки крайнего контейнера яруса будет меньше ординаты сечения корпуса на этом ярусе на заданную технологическую величину. При этом должно учитываться также условие четности/нечетности размещения контейнеров в трюмах. Данные процедуры проводятся для всех ярусов всех трюмных штабелей.

После расстановки контейнеров в трюме, выполняется аналогичная процедура расстановки контейнеров в палубной грузовой зоне. Для расчета количества контейнеров в палубной грузовой зоне, также проводится генерирование абсцисс сечений по условиям размещений на крышках люков и в зоне машинного отделения.

Так как количество рядов контейнеров каждого яруса палубных штабелей является величиной заданной, то процедура расстановки контейнеров на палубной грузовой зоне заключается в определении количества ярусов контейнеров в каждом палубном штабеле.

Количество ярусов в палубных штабелях определяется с учетом требований СОЛАС об обеспечении безопасности мореплавания. То есть, загруженные в палубную грузовую зону контейнеры, не должны мешать обзору для управления судном. При проверке размещения контейнеров на палубе должно выполняться условие: обзор поверхности моря с места управления судном не должен быть затенен впереди носовой оконечности на расстоянии более чем две длины судна или 500 м, что меньше, независимо от осадки судна, дифферента и палубного груза (рисунок 3).



Рисунок 3 – Ограничение ярусности палубных штабелей

После выполнения всех процедур формируется таблица распределения контейнеров по штабелям и ярусам в трюме и на палубе, которая содержит информацию о координатах центров тяжести каждого контейнера загруженного на судно, а также их массе.

Сформированный грузовой план применяется для определения аппликаты центра тяжести груза при различных вариантах загрузки и активно используется в расчетах остойчивости.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Тарануха, А. Н. Безлюковые контейнеровозы / А. Н. Тарануха, А. Д. Бурменский. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 249 с.

2 Закирьянова, И. А. Learn SOLAS 74 & MARPOL 73/78 – Морские конвенции: СОЛАС 74 и МАРПОЛ 73/78: учеб. пособие / И. А. Закирьянова. – Москва: ИНФРА-М, 2017. – 266 с. // Znanium.com : электронно-библиотечная система. – URL: <http://znanium.com/catalog/product/872828> (дата обращения: 10.04.2021). – Режим доступа: по подписке.

УДК 621.43

Чепурнов Павел Александрович, студент; Chepurnov Pavel Alexandrovich  
Хвостиков Александр Станиславович, кандидат технических наук, доцент;  
Khvostikov Alexander Stanislavovich  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

#### **ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОСЕРВИСА ПО РЕМОНТУ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ**

#### **AUTOSERVICE ORGANIZATION FOR REPAIR OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES OF AUTOMOBILE**

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию вопросов организации работы автосервиса по ремонту двигателей внутреннего сгорания. Рассмотрены различные факторы, обосновывающие необходимость развития автомобильных сервисов в России. Предложена материальная база участка, позволяющая поднять эффективность этих предприятий. Подобранные необходимые оборудование и инструмент для этих целей.

**Abstract.** This work is devoted to the study of the organization of the work of the car service for the repair of internal combustion engines. Various factors justifying the need for the development of automotive services in Russia are considered. The material base of the site is proposed, which allows to increase the efficiency of these enterprises. The necessary equipment and tools for this purpose have been selected.

**Ключевые слова:** автосервис, двигатель внутреннего сгорания, оборудование, инструмент.

**Keywords:** car service, internal combustion engines, equipment, tool.

Экономическое значение автосервисных предприятий для коммерческого транспорта и автомобилей населения огромно. Невозможно представить функционирование автомобиля без оказания качественных услуг по его обслуживанию. Для личных автомобилей количество заездов на предприятия автосервиса составляет примерно от 2 до 4 раз в год. При этом, по мере старения это число увеличивается [1]. Средний возраст автомобилей в России колеблется в районе 13-14 лет [2]. Присутствие автомобилей с таким сроком эксплуатации сильно усложняет работу по поддержанию работоспособности: отсутствие новых автомобилей, комплектующих изделий и материалов, увеличение трудоемкости и цены ремонта. Например, затраты на техническое обслуживание и ремонт некоммерческих автомобилей, изменяется относительно издержек за весь период эксплуатации: 1-2 года – 10%, 3-5 лет – 70%, 6-8 лет – 139%, 9-16 лет – 145%. Высокий рост численности автопарка привел к тому, что средняя обеспеченность автотранспортных предприятий производственными площадями находится на уровне 50-60%, постами технического обслуживания и текущего ремонта – 60-70%, а обеспеченность автосервисов механизированным оборудованием не выше 35% [3]. Эти факторы приводят к значительным простоям транспортных средств в автосервисах, и, следовательно, к увеличению стоимости эксплуатации. Поэтому необходимо организовывать и создавать новые автотранспортные предприятия, а также совершенствовать работу старых предприятий для развития автомобильной отрасли.

При организации работы автосервиса по обслуживанию и ремонту двигателей внутреннего сгорания автомобилей, необходимо подобрать соответствующее помещение, которое отвечает всем законодательным нормам, требованиям научно-технического прогресса и располагается возле ключевых автодорожных узлов. Рабочие места и производственные участки должно быть обеспечены высокопроизводительным оборудованием и инструментом.

На основе анализа работ по обслуживанию двигателей моторный участок предприятия по ремонту автотранспорта должен иметь следующие производственные посты: мойки и очистки, дефектации и диагностики, разборки, ремонта, сборки.

На участках мойки решаются задачи по удалению загрязнений, обезжириванию и консервации деталей и узлов двигателя, без этого сложно выполнить качественную дефектацию и диагностику системы двигателя, уменьшается культура труда и производительность. Применяются следующие виды моечного оборудования: струйные, щеточные и струйно-щеточные, оборудование погружной и ультразвуковой очистки. Достоинствами первых трех видов является универсальность и простота конструкции, вследствие чего они наиболее часто используются. Их главный недостаток – низкое качество мойки, поэтому лучше использовать ультразвуковую очистку. Этот способ самый эффективный и быстрый. При использовании моечного оборудования необходимо позаботиться о создании системы очистных устройств.

На участках диагностики и дефектации определяются поломки и неисправности двигателя, нуждающиеся в устранении, используются различные стенды и приборы такие как мотор-тестеры, сканеры, которые позволяют считывать диагностические параметры с электронного блока управления двигателя. С помощью пневмотестера определяют утечку воздуха через зазоры между деталями, при помощи компрессометра – давление конца такта сжатия, при помощи расходомеров разных типов – расход топлива, при помощи газоанализаторов – качество отработавших газов. Находят применение наборы для проверки свечей зажигания, электрооборудования, уровня давления и загрязнения масла, давления впрыска топлива. Зная эти параметры и показатели, можно оценить износ деталей двигателя и дать точную оценку его состоянию, определить место поломки, что уменьшит трудоемкость работ, проводимых над автомобилем.

Ремонтный участок по количеству выполняемых работ является самым трудоемким, на нем используется различное оборудование, восстанавливающее работоспособность деталей и узлов двигателя. Например, с помощью сварочного оборудования, таких как аппараты для контактной сварки, воздушно-плазменной резки, сварочные полуавтоматы можно устранять трещины и отверстия блока цилиндров. Для ремонта головки блока цилиндров и блока цилиндров используют станки для расточки и хонингования гильз двигателя, оборудование для шлифования поверхности, обработки клапанов, седел, восстановления втулок. При восстановлении работоспособности шатунов пользуются стендами проверки геометрии шатуна, занимаются шлифовкой и расточкой отверстий. Ремонт коленчатых и распределительных валов проводят на станках для их шлифования, восстановления и балансировки. Это оборудование в значительной степени позволяет повысить качество ремонта и его результативность. Ко всему этому нужно обеспечить предприятие оборудованием для перемещения двигателей и его узлов между участками. Вдобавок автосервис должен обладать складским помещением для хранения деталей и материалов, необходимых для ремонта.

При использовании квалифицированным персоналом такого оборудования можно добиться высокой эффективности работы автотранспортных предприятий. Это позволит увеличить средний срок работоспособного состояния автомобилей, что приведет к развитию автосервисной отрасли экономики.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Малкин, В.С. Техническая эксплуатация автомобилей. Теоретические и практические аспекты: учебное пособие для студ. вузов - 2-е изд. стер. / В. С. Малкин. - М. : Академия, 2009. - 288 с.

2 Средний возраст легковых автомобилей в России [Электронный ресурс] // autostat.ru: информ.-справочный портал М., URL: <https://www.autostat.ru/tags/360/> (дата обращения: 14.03.2021).

3 Масуев, М.А. Проектирование предприятий автомобильного транспорта: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / М. А. Масуев. - М.: Издательский центр «Академия», 2007. - 224 с.

4 Бондаренко, Е. В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Е. В. Бондаренко, Р. С. Фаскиев. - М.: Издательский центр «Академия», 2011. - 304 с.

5 Проектирование авторемонтных предприятий: учебное пособие / Л. В. Дехтеринский [и др.]. - М. : Транспорт, 1981. - 218 с.

УДК 656.073.235

Шамшура Юрий Денисович, студент; Shamshura Yury Denisovich

Гунькова Ольга Владимировна, старший преподаватель;

Gunkova Olga Vladimirovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ОСОБЕННОСТИ КОНТЕЙНЕРНОГО РЫНКА В 2020 ГОДУ

### FEATURES OF THE CONTAINER MARKET IN 2020

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию контейнерных перевозок России в 2020 году.

**Abstract.** This paper is devoted to the study of container transportation in Russia in 2020.

**Ключевые слова:** контейнер, транспортировка, экспорт, импорт.

**Keywords:** container, transportation, export, import.

В современном мире грузоперевозки достаточно хорошо распространены. Большое количество транспортных компаний, помимо основных услуг, предлагают своим клиентам также услуги по контейнерной перевозке.

Главными преимуществами транспортировки грузов в контейнерах являются:

- универсальность, достаточно легко разместить различные грузы в объеме, предусмотренном конструкцией контейнера, что позволяет значительно снизить общие транспортные расходы;

- возможность грузоперевозки в мультимодальном режиме.

Величина грузоперевозок контейнеров в Российской Федерации увеличивается каждый год. По результатам года предполагается, что повышение контейнеризации в стране будет составлять 11 %. Направления экспорта и транзита контейнерного рынка последнее время находятся на прежнем уровне.

В I квартале 2020 года перевозка контейнеров увеличилась на 9 % в сравнении с предыдущим годом. В это время Китай начал вводить ограничения из-за нового вируса Covid-19, что оказало влияние на приемку товара.

II квартал показал повышение в области контейнерной грузоперевозки на 6 % по сравнению с 2019 годом. Подъем экономики был под серьезной угрозой вируса Covid-19. По прогнозам специалистов различных стран, на весь год, экономика принимала отрицательные значения. Область контейнерных грузоперевозок России с апреля начала восстановление, но не ушла к негативным показателям – тем временем импорт снизился на 7 % – поддержание рынка осуществили транзитные перевозки Китай – Европа.

В III квартале наблюдалось повышение объема перевозок на 13 % по сравнению с предыдущим годом. Ограничительные меры, связанные с пандемией, начали сокращаться. С сентября объемы импорта России стали расти, так как население страны стало больше покупать разные товары на онлайн площадках.

Последний квартал 2020 года так же показал увеличение контейнерных перевозок, это связано с тем, что во время второй волны вируса страны не стали применять серьезные карантинные ограничения.

В конце 2020 года увеличились тарифы на транспортировку контейнеров из Китая. Это связано с недостаточным количеством контейнеров в данной стране. Неравномерность торговых потоков всегда была характерна для направлений из Китая в США и Европу. Из КНР вывозится гораздо больше контейнеров, чем ввозится из стран Европы и США. Большая часть пустых контейнеров скопилась в Северной Америке из-за ограничений, связанных с пандемией в середине года. Ставки на контейнерные перевозки из Китая в Россию за несколько месяцев возросли в десятикратном размере.

Особенностью контейнерных перевозок России в 2020 году стало увеличение транзита контейнеров через порты Дальнего Востока и Транссибирскую магистраль на направлении Азия – Дальний Восток России – Европа. Объем транзита за 2020 год составил 8000 контейнеров.

Вводимые ограничения в течение года в морских портах, связанные с новой вирусной инфекцией, привели к увеличению на 14 % внешнеторговых контейнерных отправок в Китай через сухопутные пограничные переходы. Впервые отправители грузов северно-западных регионов напрямую отправляли контейнерные поезда по железной дороге.

Карантинные ограничения 2020 года сильно повлияли на экономику всех стран. Сложно делать прогнозы на 2021 год из-за неопределенности рынка потребления. Ожидается спрос на российские товары в связи с ростом экономики всех стран. Уровень контейнеризации в России не будет падать, так как много новых производителей товаров переходят на перевозку грузов в контейнерах.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 INFRANEWS : Исследовательское агентство : сайт. – Москва, 2021 – . – Обновляется в течение суток. – URL: <http://infranews.ru> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

2 EASTRUSSIA : Информационно-аналитическое агентство «Восток России» : сайт. – Хабаровск, 2021 – . – Обновляется в течение суток. – URL: <https://www.eastrussia.ru> (дата обращения: 14.04.2021).

УДК 621.45.032

Шарафутдинов Рамис Равилевич, студент; Sharafutdinov Ramis Ravilevich

Королькова Екатерина Владимировна, студентка;

Korolkova Ekaterina Vladimirovna

Александров Юрий Борисович, кандидат химических наук, доцент;

Aleksandrov Yurii Borisovich

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева-КАИ

#### ОБЗОР РАБОТ В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИФфуЗОРОВ КАМЕР СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

#### REVIEW OF RESEARCH IN GAS TURBINE ENGINES COMBUSTION CAMERAS DIFFUSERS FIELD

**Аннотация.** В данной статье проводится обзор работ в области исследований диффузоров камер сгорания.

**Abstract.** This article provides an overview of the research in the field of diffusers of the main combustion chambers.

**Ключевые слова:** диффузор, разделительный элемент, отсос потока, вдув струи, расчетная формула.

**Keywords:** diffuser, separation element, flow suction, jet injection, calculation formula.

Диффузор является важной составляющей турбомашин. В диффузоре газотурбинного двигателя (ГТД) происходит основное преобразование кинетической энергии потока в потенциальную энергию давления. Эффективность работы диффузора определяется снижением скорости потока и потерями давления в нем. Также с конструктивной точки зрения

длина диффузора должна быть минимально возможной, что зачастую противоречит требованию к низким потерям давления. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что исследования течения потоков в диффузорах является актуальной темой для исследований.

Существуют геометрический и аэродинамический способы повышения эффективности диффузоров. Одним из геометрических способов является установка разделительных элементов в проточную часть диффузора. Такой способ представлен в патенте коллектива авторов Пьессерг Кристофер, Готье Клод, Тушо Стефан, Кайре Ален, Дагене Люк [1].

Разделительный элемент из тонкого листа, соединенный рычагами со стенками диффузора, служит для разделения потока на два диффузионных потока. Угол расширения каждого из потоков приблизительно равен  $12-13^\circ$ , что является наиболее оптимальным углом раскрытия для уменьшения потерь. Такой диффузор позволяет потоку воздуха, выходящему из компрессора, замедлиться на коротком расстоянии, обеспечивая стабильность и устойчивость потока, не требуя увеличения габаритов и веса двигателя. В своей диссертации Веретенников С.В. [2] проводит исследование влияния отсоса потока и вдува струи на эффективность кольцевого отрывного диффузора. По итогам экспериментов он делает вывод, что применение вдува и отсоса потока при некоторых степенях расширения и при некотором определенном расходе воздуха (для вдува) позволяет уменьшить потери в диффузоре.

Одним из наиболее передовых способов повышения эффективности диффузоров описан в патенте ученых из Ставропольского высшего авиационного инженерного училища ПВО им. маршала авиации В.А. Судца [3]. В патенте представлено описание диффузора с регулируемым углом раскрытия и управления отсосом пограничного слоя. Данный диффузор содержит корпус с расположенными в нем телескопическими кольцами, соединенными между собой фиксаторами и установленными с возможностью изменения формы диффузорного канала в зависимости от режима работы, принимая форму либо изогradientного, либо канала с внезапным расширением. Такая схема диффузора позволяет управлять каналом путем изменения угла его раскрытия.

Несмотря на существующие способы оптимизации процессов, происходящих в диффузорах, остается нерешенным вопрос об отсутствии точных расчетных формул для расчета характеристик диффузоров, о чем упоминается и в диссертации Осипова Евгения Владимировича [4]. В связи с этим был проведен краткий обзор аналитических выражений для описания характеристик диффузора.

Формулы по расчетам диффузоров встречаются еще в справочниках по гидравлическим сопротивлениям Идельчика И.Е. [5] 60-70-х годов XX века. В этих справочниках коэффициент сопротивления диффузора  $\xi_d$

условно делится на коэффициент сопротивления трения  $\xi_{\text{тр}}$  и коэффициент сопротивления расширения  $\xi_{\text{расш}}$  и вычисляется согласно формуле

$$\xi_{\text{д}} = \xi_{\text{тр}} + \xi_{\text{расш}}. \quad (1)$$

Коэффициент расширения  $\xi_{\text{расш}}$  вычисляется по формуле

$$\xi_{\text{расш}} = 3,2k * \text{tg}[\alpha/2] * \sqrt[4]{\text{tg}[\alpha/2]} * \left(1 - \frac{1}{n_1}\right)^2, \quad (2)$$

где  $\alpha$  – угол раскрытия диффузора;  $n_1$  – степень расширения диффузора;  $k$  – коэффициент, подбираемый в зависимости от угла раскрытия диффузора.

Коэффициент потерь на трение в канале диффузора круглого сечения определяется по формуле

$$\xi_{\text{тр}} = \frac{\lambda}{8 * \sin[\alpha/2]} * \left(1 - \frac{1}{n_1^2}\right). \quad (3)$$

Применительно к диффузорам, в камерах сгорания, на основе уточнения одномерной модели по данным трехмерного расчета для диффузора с внутренней конической и наружной цилиндрической оболочкой, в диссертации Сенюшкина Н.С. [6] коэффициент потерь было предложено считать по формуле

$$\begin{aligned} \xi_{\text{д}} = & \frac{0,01}{k_a * 8 \sin \frac{\alpha_{\text{пр}}}{2}} \left(1 - \frac{1}{n_{\text{д}}^2}\right) + \frac{2}{k_a} (\tan \alpha_{\text{пр}})^{1,25k_b} \left(1 - \frac{1}{n_{\text{д}}}\right)^2 + \frac{0,66 \sin^2 \psi}{k_a} \\ & + \left(1 - \frac{1}{n_{\text{д}}}\right)^2 \frac{\tan 2\psi}{k_a}, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $k_a$  – коэффициент, равный отношению суммарного коэффициента потерь, рассчитанного по базовой методике, к среднему по диапазону скоростей коэффициенту, полученному из 3D-расчета;  $k_b$  – коэффициент, полученный в результате решения уравнения (4) при известном  $k_a$ ;  $\alpha_{\text{пр}}$  – приведенный угол раскрытия диффузора;  $n_{\text{д}}$  – степень расширения;  $\psi$  – угол поворота потока.

Таким образом, проводится много исследований в области изучения процессов в диффузорах камер сгорания и влияния разных конструкций на их эффективность, однако отсутствие точных расчетных формул характеристик диффузоров не позволяет определить все возможные способы улучшения конструкции диффузоров. Также отсутствие расчетных формул является преградой для создания программ для предварительного расчета характеристик будущего двигателя. Современное состояние вопроса показывает, что существует тенденция использования численных методов с созданием расчетных сеток в рамках двух- или трехмерного численного расчета и корректировки нуль- или одномерных расчетов диффузоров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пьессерг Кристофер, Готье Клод, Тушо Стефан, Кайре Алэн, Дагене Люк Патент на изобретение № 2005141123 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup>F23R 3/00. Диффузор для кольцевой камеры сгорания, в частности,

для турбинного двигателя самолета, а так же камера сгорания и авиационный турбовинтовой двигатель, содержащие такой диффузор. Заявитель: Chekma (FR); заявл. 27.12.05; опубл. 10.07.07, Бюл.№19.

2 Веретенников, С.В. Снижение гидравлических потерь в отрывном диффузоре камеры сгорания газотурбинного двигателя путем управления пограничным слоем: дис.: 20.04.08/Сергей Владимирович Веретенников.- Рыбинск 2008, 138с.

3 Буга А.Л., Васильцов И.А., Пахольченко А.А., Ковалев В.Д. Патент на изобретение № 2159898 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F23R 3/26. Диффузор основной камеры сгорания авиационного газотурбинного двигателя. Заявитель: Ставропольское высшее авиационное инженерное училище ПВО им. маршала авиации В.А.Судца; заявл. 10.01.1996; опубл. 27.11.2000.

4 Осипов, Е.В. Методы совершенствования газодинамических характеристик турбин ГТД при различных схемах подвода газа: дис. канд. тех. наук: 05.07.05/ Евгений Владимирович Осипов.- Уфа 2010.-177с.:ил.

5 Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1975.-559 с.

6 Сенюшкин, Н.С. Метод проектирования форсажных камер для начальных стадий разработки ВРД: дис. канд. тех. наук: 05.07.05/Сенюшкин Николай Сергеевич.-Уфа, 2009.-152 с.: ил.

УДК 621.22

Якушев Олег Павлович, студент, Yakushev Oleg Pavlovich

Бобков Александр Викторович, доктор технических наук, профессор,

Bobkov Alexander Viktorovich

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СТЕНД ВИЗУАЛИЗАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ В МАЛОРАЗМЕРНЫХ КОЛЁСАХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ**

### **BENCH OF VISUALIZATION TESTS FOR RESEARCH OF CURRENTS IN SMALL-SIZED WHEELS OF CENTRIFUGAL PUMPS**

**Аннотация.** рассмотрен вариант схемы испытательного стенда для визуализации линий тока в малоразмерных колёсах центробежных насосов. Полученная визуализация может быть использована при экспериментальных исследованиях в удобном для зрительного наблюдения и анализа.

**Abstract.** A variant of the test stand scheme is considered to visualize current lines in small-sized centrifugal pumps. The resulting visualization can be used in experimental studies in observation and analysis.

**Ключевые слова:** стенд визуализационных испытаний, визуализация, линии тока, малый центробежный насос, центробежное колесо, течение, жидкость.

**Keywords:** bench of visualization tests, visualization, streamlines, small-sized centrifugal pump, centrifugal wheel, current, liquid.

Визуализация играет немаловажную роль в научно-исследовательской работе. Она даёт возможность получить качественное понимание явлений.

В настоящее время существуют различные способы, которые позволяют визуализировать течения жидкостей или газов. Благодаря им можно наблюдать:

- линии тока (ЛТ);
- вихри;
- скачки уплотнения;
- зоны отрыва пограничного слоя;
- состояние потока.

При визуализации ЛТ используются методы, основанные на введении в поток окрашенной жидкости или трассирующих частиц, а также основанные на нанесении на поверхность омываемого тела плёнок или капель окрашенной жидкости.

Распространены следующие способы генерирования трассирующих струек, которые визуализируют ЛТ:

1. Ввод жидкой краски из автономного резервуара [1]:

Позволяет применять концентрированные красители, обеспечивающие повышенную контрастность ЛТ. Недостатком является сложность тракта подвода красителя, содержащего узлы уплотнения и обусловленные этим ограничения на угловую частоту вращения.

2. Нанесение смываемого индикаторного покрытия на омываемую поверхность каналов рабочего колеса (РК) [1]:

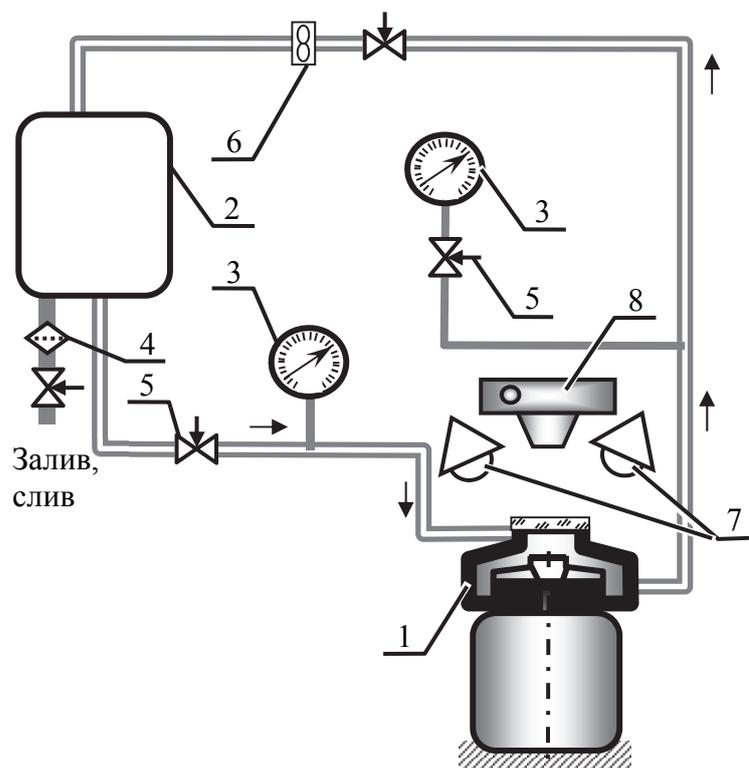
Сложность метода возникает при подборе индикаторного покрытия, состав должен обеспечить в процессе смыва чёткую картинку течения. Позволяет получить представление только о поверхностных ЛТ.

3. Ввод окрашенной жидкости из контейнера, прикреплённого к РК [2]:

К РК крепят контейнер с гранулами. Тракт подачи отсутствует. В данном методе возникают ограничения на применение красителей, нерастворимых в рабочей жидкости. Здесь процесс генерирования красящих струек зависит от:

- стабильности поддержания угловой частоты вращения;
- давления в боковой пазухе;
- расхода рабочей жидкости.

Далее на рисунке 1 представлена схема стенда, который предназначен для визуального исследования течения среды в межлопаточных каналах малого центробежного насоса (МЦН).



1 – МЦН; 2 – расходный бак; 3 – манометр; 4 – фильтр; 5 – вентиль; 6 – датчик расхода жидкости; 7 – лампа подсветки; 8 – фотоаппарат  
 Рисунок 1 – Схема визуализационного стенда для испытаний МЦН

Результат испытания фиксируется фотоаппаратом 8. На рисунке 2 представлена полученная визуализация ЛТ.

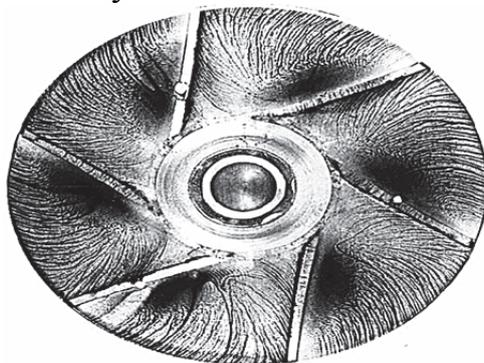


Рисунок 2 – Визуализация ЛТ

Полученная визуализация может быть использована при экспериментальных исследованиях в удобном для зрительного наблюдения и анализа.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 С.Н. Шкарбуль, В.С. Вальчук. Анализ пространственного пограничного слоя в центробежном колесе турбомшины // Энергомашиностроение. 1977. № 1.С. 14-16.

2 А.с. № 1257288. Модельная гидромашина / Бобков А.В., Горностаев В.И., Краев М.В. и др. Оpubл. в Б.И. №34, 1986.

**СЕКЦИЯ**  
**КАДАСТРЫ**  
**И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

УДК 351.777.61

Абдрахманова Диляра Маратовна, студентка;

Abdrakhmanova Diliara Maratovna

Ждакаева Мария Васильевна, старший преподаватель;

Zhdakaev Mariya Vasilevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ НЕНАДЛЕЖАЩИМ ОБРАЗОМ**

### **PREVENTING THE IMPROPER DISPOSAL OF HAZARDOUS WASTE**

**Аннотация.** Данная работа посвящена предотвращению утилизации опасных отходов (ОО) ненадлежащим образом.

**Abstract.** This work is devoted to the prevention of the improper disposal of hazardous waste (OO).

**Ключевые слова:** метод, отходы, утилизация.

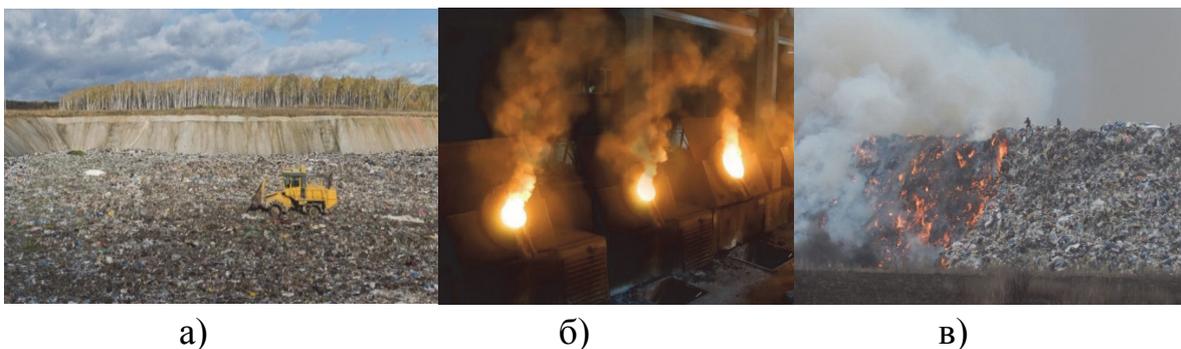
**Keywords:** methods, waste, recycling.

Целью научной публикации является рассмотрение способа предотвращения утилизации опасных отходов ненадлежащим образом. Для достижения этой цели мы поставим перед собой основные задачи: определим, что такое опасные отходы, причислим методы утилизации, сформируем основные направления обучения персонала.

Опасные отходы - это все остатки и отходы, образующиеся в результате промышленной, сельскохозяйственной или человеческой деятельности, которую люди выполняют в своей повседневной жизни и представляют угрозу для окружающей среды. Эти опасные отходы необходимо утилизировать строго согласно санитарным правилам и спискам, так как в развитых странах к тем, кто нарушает эти правила в течение длительного времени, применяются строгие штрафы. По степени опасности различают 4 класса отходов – чрезвычайно опасные, высоко опасные, умеренно опасные, малоопасные. [1]

Рассмотрим основные методы утилизации отходов.

Метод захоронения твердых отходов представлен на рисунке 1а. Этот метод заключается в закапывании твердых отходов в землю. Если процедура проводится на свалках, предназначенных для этой цели, вдали от жилых мест, рекреационных зон, медицинских учреждений или любых скоплений людей в целях защиты окружающей среды, поскольку эти мусорные свалки требуют особых условий, предусмотренных специальным нормативным законодательством. [2]



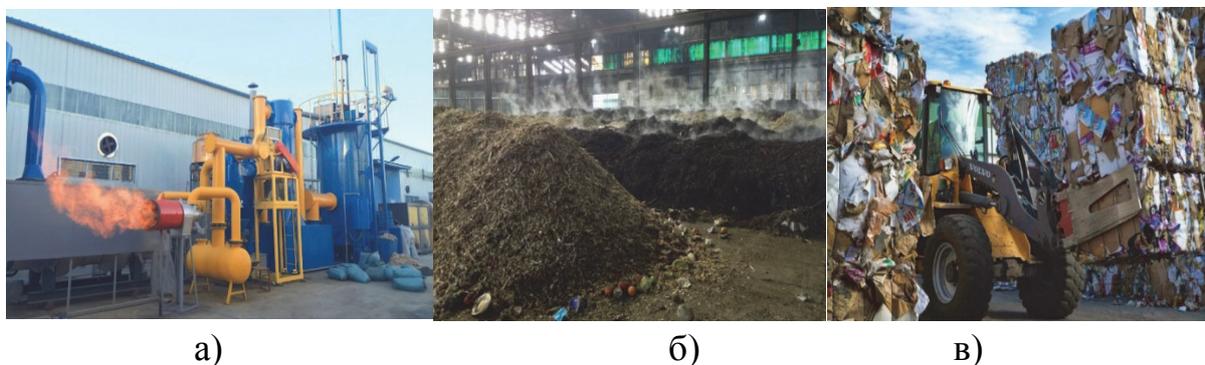
а) метод захоронения; б) метод термической обработки; в) метод термической обработки

Метод термической обработки (рисунок 1б) считается одним из современных и экологически чистых методов избавления от бытовых отходов, так как это осуществляется несколькими способами. [3]

Простое сжигание мусора (рисунок 1в) уничтожает огромное количество отходов за один раз путем их сжигания, а оставшаяся зола не гниет и не токсична, поэтому нет необходимости искать места, предназначенные для захоронения.

Следует отметить, что дым от горения часто содержит токсичные вещества, а это увеличивает риск загрязнения озонового слоя и увеличивает вероятность образования дыр. [4]

Метод плазменной обработки основан на газификации мусора при высоких температурах плавления. (Рисунок 2а) [5]



а) метод плазменной обработки; б) метод компостирования; в) брикетирование

Метод компостирования используется для анализа органической части бытовых отходов, поскольку бактерии, потребляющие отходы, остаются в них на всю жизнь. (Рисунок 2б) Стоит отметить, что каждый вид бактерий уничтожает примерно тридцать процентов отходов, так как этот процент зависит от местоположения. И в этом случае необходимо наличие дренажной системы от излишней влажности. [6]

Брикетирование - это один из новых способов переработки отходов, однако он широко используется в операциях по удалению отходов (рисунок 2в).

Вначале отходы поступают из брикетов на свалку, предназначенную для этой цели, а затем они обрабатываются для других промышленных целей, либо захоронены или искажены вышеупомянутыми методами.

Основные преимущества этого метода

- Легкость работы.
- Снижена вероятность возгорания отходов.[7]

Сотрудники, работающие в сфере обращения с опасными отходами, обязаны проходить обучение в рамках программы «обеспечения экологической безопасности при обращении с опасными отходами» в объеме 112 часов, в целях организации производственного контроля за обращением с отходами на предприятии.

Многие учебные центры, имеющие лицензию на этот вид обучения и согласованные программы, проводят обучение по обращению с отходами I – IV класса опасности. Обучение проводится с соблюдением всех норм законодательства Российской Федерации и международного права в области охраны окружающей среды.

Лица, успешно освоившие Программу, получают четкую ценностную ориентацию на сохранение биосферы, отдельных экосистем и здоровья человека.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Нормативные документы по утилизации // TETRONIKS.RU ежед. интернет-изд.1992. URL: <http://tetroniks.ru/services/normativnye-dokumenty-po-utilizatsii/?s=15> (Дата обращения: 10.02.2020).

2 Захоронение отходов // MUSORNIY.RU ежед. интернет-изд. 2004. URL: <https://musorniy.ru/zahoronenie-othodov/> (Дата обращения: 10.02.2020)

3 Термическая обработка отходов // STUDOPEDIA.RU ежед. интернет-изд. 2000. URL: [https://studopedia.ru/8\\_101933\\_polozhitelnoe-vliyanie-pererabotki-tekstilnih-othodov.html](https://studopedia.ru/8_101933_polozhitelnoe-vliyanie-pererabotki-tekstilnih-othodov.html) (Дата обращения: 10.02.2020)

4 Метод простого сжигания мусора // PROMZN.RU ежед. интернет-изд. 2003. URL: <https://promzn.ru/utilizatsiya-i-pererabotka/bytovyh-othodov.html> (Дата обращения: 10.02.2020)

5 Метод плазменной обработки мусора // PROMZN.RU ежед. интернет-изд. 2003. URL: <https://promzn.ru/utilizatsiya-i-pererabotka/musora-plazmennym-metodom.html> (Дата обращения: 10.02.2020)

6 Метод компостирования // NATURE-TIME.RU ежед. интернет-изд. 2010. URL: <https://nature-time.ru/2014/05/kak-osushhestvlyatsya-kompostirovanie-othodov/> (Дата обращения: 10.02.2020)

7 Метод брикетирования // FINDPATENT.RU ежед. интернет-изд. 2010. URL: <https://findpatent.ru/patent/218/2182233.html> (Дата обращения: 10.02.2020)

УДК 349.417/418 (07)

Абрамова Полина Ильинична, студентка; Abramova Polina Ilinichna

Коротеева Любовь Ивановна, кандидат технических наук, доцент;

Koroteyeva Lubov Ivanovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ТЕХНОЛОГИЯ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ ПО ИСПРАВЛЕНИЮ РЕЕСТРОВЫХ ОШИБОК ПРИ ОФОРМЛЕНИИ МЕЖЕВОГО ПЛАНА**

### **THE TECHNOLOGY OF CADASTRE WORKS FOR CORRECTING REGISTER ERRORS WHEN REGISTRATION OF THE INTERMEDIATE PLAN**

**Аннотация.** В данной работе выполнен анализ реестровых ошибок при оформлении межевого плана и рассмотрен алгоритм исправления таких ошибок.

**Abstract.** In this paper, an analysis of registry errors in the preparation of a landline plan is carried out and an algorithm for correcting such errors is considered.

**Ключевые слова:** реестровая ошибка, земельный участок, границы, Единый государственный реестр недвижимости.

**Keywords:** registry error, land plot, boundaries, Unified State Register of Real Estate.

Факт полной и точной информации о недвижимом имуществе, это одно из главных условий гарантии для правообладателей по отношению к объекту владения и как следствие основой для создания налогооблагаемой базы муниципальных образований. Продуктивность управления муниципальными территориями определяется качественной информацией Единого государственно реестра недвижимости. Тем не менее по ряду различных причин сведения в Едином государственном реестре недвижимости имеют возможность оказаться недостоверными. Вследствие этого, выявление и устранение недостоверной информации является актуальной научной и практической задачей. Для процесса решения данного вопроса необходимо теоретически и практически изучить возникновение и механизм исправления реестровых ошибок.

Статус достоверных сведений, которые содержатся в Едином государственном реестре недвижимости, был установлен на основании Федерального Закон № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости» вступивший в редакцию 1 января 2017 года [1].

Как показывает практика сведения о земельных участках, предоставленные в ЕГРН, не всегда оказываются в полном объеме достоверными. Это происходит вследствие переноса сведений об уже учтённых земельных участках с их установленными границами, в результате перехода Ро-

среестра на ведение ЕГРН. И как следствие ответственность за возникшие ошибки должно нести новое ведомство

Выделяют два вида ошибок, содержащихся в ЕГРН (рисунок 1).

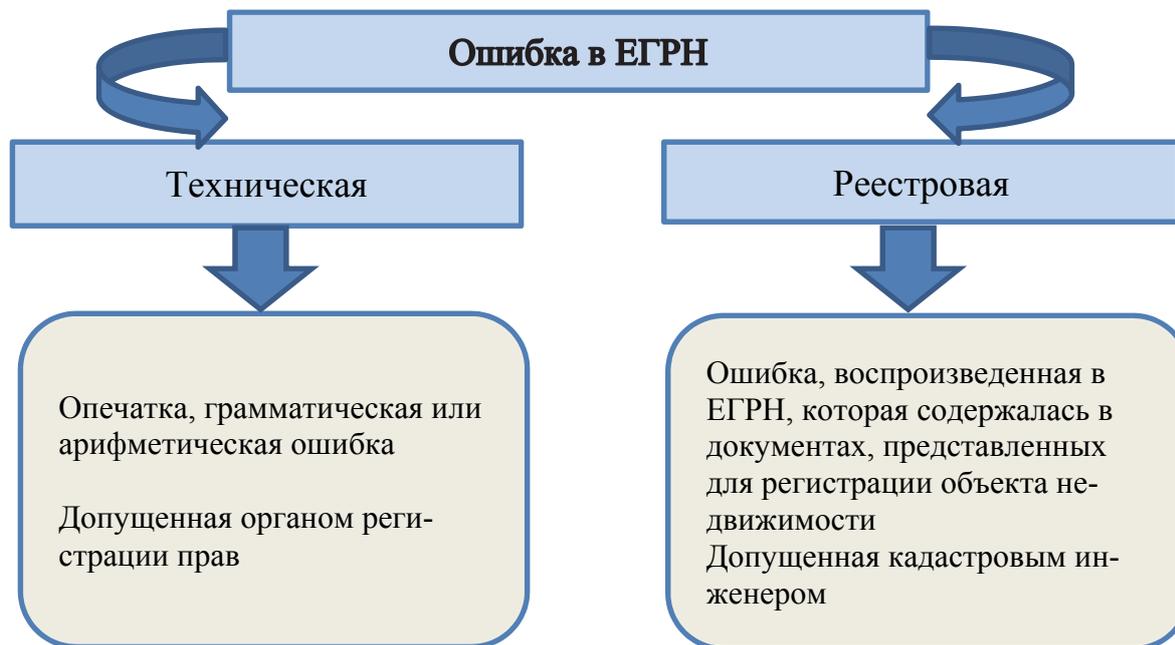


Рисунок 1- Виды ошибок, содержащиеся в ЕГРН

Если ошибки являются техническими, то они исправляются без судебных разбирательств по указанному сроку не более трех рабочих дней. Если речь идет об исправлении реестровых ошибок, связанных с расхождением координат ранее учтенных и образуемых участков, то такая ошибки относятся к сложным, так как в этом случае границы одного земельного участка могут накладываться на смежные с ним [2].

Реестровая ошибка, по уточнению местоположения границ, относится к наиболее распространенной. Присутствие такой ошибки значительным образом влияет на осуществление различных действий с недвижимостью.

Рассмотрим данную ошибку на примере земельного участка с кадастровым номером 27:10:0010212:382, расположенного в Хабаровском крае, р-н Николаевский, рп. Лазарев, ул. Портовая уч.22А. Ошибка местоположения земельного участка исправляется в связи с тем, что контур сооружения, которое расположено на земельном участке, выходит за его границы. Расположенные сооружения на данном участке, были построены в 1953 году, для изготовления технического плана на это сооружение, для установления его границ, в 2019 году была проведена геодезическая съемка. По материалам геодезической съемки было установлено, что при постановке на учет земельного участка кадастровым инженером была допущена ошибка в определении местоположения участка, а именно: границы существующего сооружения пересекли земельный участок.

На основании вышеуказанного, изготовить технический план, на данное сооружение, не представляется возможным без исправления ошибки. В процессе работы уточнены границы земельного участка, для устранения пересечения с вновь установленными границами.

Порядок исправления реестровой ошибки представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Схема исправления реестровой ошибки

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 О государственной регистрации недвижимости [Электронный ресурс] : федер. закон от 13 июля 2015 г. № 218-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант плюс».

2 Антипов, И.Т. О некоторых результатах выявления реестровых ошибок, препятствующих государственной регистрации прав / И.Т. Антипов, К.М. Антонович, Г.Г. Асташенков, В.В. Вылегжанина, И.А. Гиниятов // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Том 23, № 2. – С. 143-152.

3 О кадастровой деятельности [Электронный ресурс]: федер. закон от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

4 Порядок изменения в едином государственном реестре недвижимости сведений о местоположении границ земельного участка при исправлении реестровой ошибки [Электронный ресурс] : приказ Минэкономразвития России от 16 дек. 2015 г. № 943 в редакции приказа Минэкономразвития России от 27 окт. 2016 № 679. Доступ из справ.-правовой системы «Консультант Плюс».

5 Ключниченко, В. Н. Анализ зарубежных и Российской кадастровых систем [Электронный ресурс] / В. Н. Ключниченко, Н. Д. Лебедев, Н. В. Каверин. ; Интерэкспо Гео-Сибирь, 2019. № 2. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-zarubezhnyh-i-rossiyskoy-kadastryh-sistem> (дата обращения: 01.04.2021).

УДК 528.4

Верниковский Михаил Александрович, студент;

Vernikovskiy Mikhail Alexandrovich

Никифорова Ольга Ивановна, ст. преподаватель; Nikiforova Olga Ivanovna

Попов Геннадий Васильевич, ст. преподаватель;

Popov Gennady Vasilyevich

Сибирский государственный университет путей сообщения

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ В ЗАМКНУТОМ ТЕОДОЛИТНОМ ХОДЕ**

### **AUTOMATION OF PROCESSING OF MEASUREMENT RESULTS IN A CLOSED THEODOLITE COURSE**

**Аннотация.** При выполнении данной работы была создана программа, позволяющая автоматизировать обработку геодезических измерений при построении замкнутого теодолитного хода, полученных в результате полевых работ на основе классического метода.

**Abstract.** In the course of this work, a program was created that allows automating the processing of geodetic measurements in the construction of a closed theodolite course obtained as a result of field work based on the classical method.

**Ключевые слова:** замкнутый теодолитный ход, уравнивание, координаты теодолитного хода, VBA для MS Excel.

**Keywords:** closed theodolite course, equalization, coordinates of theodolite course VBA for MS Excel.

Одной из задач летней геодезической практики студентов первого курса строительных специальностей является создание геодезического съемочного обоснования, в частности, рекогносцировка местности, закрепление вершин теодолитного хода, измерение углов и длин линий теодолитного хода. Данные, полученные в результате полевых работ, заносятся в ведомость обработки теодолитного хода в виде таблицы и являются основой для камеральной обработки.

В ходе выполнения камеральных работ вычисляются координаты  $X$ ,  $Y$  пунктов, которые служат плановой основой для съёмки местности. Все расчеты производятся с помощью инженерного калькулятора. Расчет ведомости координат вершин теодолитного хода, т.н. уравнивание теодолитного хода, оказалось сложным и трудоемким процессом, что привело к мысли автоматизировать эти расчеты.

Основная цель уравнивания теодолитного хода состоит в оценке точности выполненных полевых измерений. Вычисленные невязки сравнивают с допустимыми невязками, и если их значения соответствуют нормативным требованиям, они распределяются между пунктами для определения исправленных значений и вычисления координат точек теодолитного хода.

Для решения поставленной задачи была создана программа проверки расчетов замкнутого теодолитного хода на языке VBA для MS Excel. Программа выполняет расчет замкнутого теодолитного хода на основе алгоритма классического метода, подробно описанного в учебно-методическом пособии [1] и позволяет вычислить координаты от пяти до 14 пунктов теодолитного хода.

Исходными данными для программы являются: измеренные горизонтальные углы и горизонтальные проложения, значение исходного дирекционного угла, координаты первой точки.

Интерфейс программы представлен тремя кнопками: «Ведомость» - создает таблицу ведомости на заданное количество пунктов; «ГХ» - производит расчет координат вершин теодолитного хода; «График» - создает плановое положение теодолитного хода по вычисленным координатам пунктов.

Предусмотрены два способа ввода исходных данных: с клавиатуры и считывание данных с листа Excel из заранее подготовленной таблицы (рисунок 1).

Во время ввода значений углов программа суммирует их значения, находит практическую сумму измеренных горизонтальных углов  $\sum\beta_{п}$ , сравнивает значения  $\sum\beta_{п}$  и  $\sum\beta_{т}$  и, если эти значения будут расходиться более чем на  $1'$ , программа сообщит об ошибке и после проверки ввод необходимо повторить заново.

После ввода данных, программа запросит точность теодолита и выведет вычисленные значения теоретической суммы углов замкнутого многоугольника  $\sum\beta_{т}$ , практическую сумму измеренных горизонтальных углов  $\sum\beta_{п}$ , угловую невязку  $f_{\beta}$  и допустимую невязку  $f_{\beta доп}$  (рисунок 2).

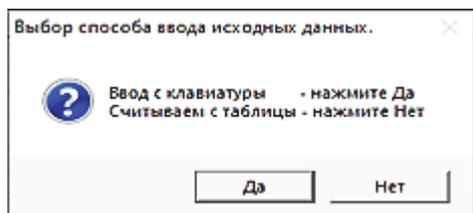


Рисунок 1- Выбор способа ввода исходных данных

bt =	540	
bp =	539	58
невязка	fb =	-2
	fbд =	2,2361

Рисунок 2 - Вычисленные значения невязок

Программа предусматривает знак практической невязки: при отрицательном значении невязка будет суммироваться, а при положительном – вычитаться. Если распределенная невязка окажется не равной 0, то процесс распределения начнется заново. Далее идет расчет и вывод в ведомость значений дирекционных углов  $\alpha$ , периметра, вычисленных приращений и их суммы, абсолютной невязки. Затем проверяется величина относительной невязки и определение точности данного теодолита. Если значение относительной невязки окажется грубее  $1/1000$ , программа предупредит о неточности вводимых значений теодолитного хода и спросит о продолжении камеральной обработки (рисунок 3).

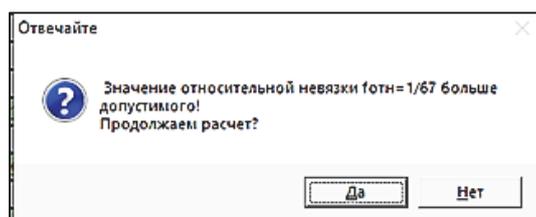


Рисунок 3- Сообщение о неточности значений теодолитного хода

Если значение относительной невязки окажется в пределах допустимого, программа рассчитает поправки к приращениям, исправленные приращения, сделает проверку исправленных приращений (если проверка не пройдет, программа сообщит об этом), вычислит координаты и сделает проверку на совпадение первой координаты.

Результатом работы программы является полностью обработанная ведомость координат теодолитного хода (рисунок 4).

№	А	В	С	Д	Е	Г	Н	И	К	Л	М	О	Р	Q	
1	Кол-во углов n=		5	Ведомость			ТХ		График						
2	Горизонтальные углы														
3	№ вершин	Измеренные	V <sub>в</sub>	Исправленные	Дирекционные углы α	Горизонтальные приращения ΔX <sup>изп</sup>	Вычисленные приращения ΔX <sup>выч</sup>	Поправки к приращениям V <sub>x</sub>	Исправленные приращения ΔX <sup>исп</sup>	Координаты X	Y				
4		градус	минута	градус	минута	градус	минута	м	м	м	м	м	м	м	
5	5														
6						45	2								
7	1	129	16.5	0.5	129	17							1 000.00	1 000.00	
8							95	45	123.53	-12.38	122.91	-0.06	0.00	-12.44	122.91
9	2	123	7	0	123	7							987.56	1 122.91	
10							152	38	234.20	-207.99	107.66	-0.12	0.00	-208.11	107.66
11	3	103	16	0	103	16							779.46	1 230.56	
12							229	22	342.52	-223.05	-259.94	-0.17	0.00	-223.22	-259.94
13	4	87	19.5	0.5	87	20							556.23	970.62	
14							322	2	295.62	233.06	-181.87	-0.15	0.00	232.91	-181.87
15	5	96	59	1	97	0							789.14	788.75	
16							45	2	298.58	211.01	211.25	-0.15	0.00	210.86	211.25
17	1												1 000.00	1 000.00	
18															
19	bt=	540							fk=	0.64					
20	bp=	539	58						fy=	0.01			fk=	0.00	
21	fv=	-2							fy=	0.00			fk=	0.00	
22	fv=	2.2361							fp=	0.64					
23									fv=	1/2012					

Рисунок 4 - Готовая ведомость координат пунктов замкнутого теодолитного хода

Отладка программы производилась для замкнутых теодолитных ходов (ЗТХ) с пятью, шестью и 14 пунктами.

Обработка ведомости ЗТХ «вручную» и с использованием программы производится на основе одного алгоритма. В первом случае, необходимо отметить ряд существенных недостатков: ошибки в вычислениях, затраты большого количества времени, результаты в бумажном варианте, невнимательность. Вторым способом задача обработки измерений стала менее трудоемкой. Расчеты производятся практически мгновенно, влияние человеческого фактора сведено к минимуму.

Выводы: Программа данного функционала позволяет менее трудоемко, более точно и значительно быстрее производить обработку ведомости ЗТХ и минимизирует влияние человеческого фактора. Она полезна для студентов и преподавателей, т. к. позволяет быстро сделать проверку вычислений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Камеральная обработка материалов геодезических измерений: учеб.-метод. пособие/Астраханцев В. Д., Жидов В. М., Лыско О. Н. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2017. – 72 с.

УДК: 622.162.4

Воложанин Сергей Николаевич, студент; Volozhanin Sergey Nikolaevich

Младова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Mladova Tatyana Aleksandrovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ПРОХОДЧИКА

### ASSESSMENT OF THE PROFESSIONAL RISKS OF THE SINKER

**Аннотация.** Данная работа посвящена анализу специальной оценки условий труда и профессиональных рисков проходчика участка буровзрывных работ.

**Abstract.** This work is devoted to the analysis of a special assessment of the working conditions and professional risks of the sinker of the drilling and blasting site.

**Ключевые слова:** проходчик, оценка риска, буровзрывные работы.

**Keywords:** sinker, risk assessment, drilling and blasting.

Для оценки профессиональных рисков необходимо провести анализ специальной оценки условий труда проходчика участка буровзрывных работ. Основной функцией производства является бесперебойное обеспечение оловянным концентратом. На участке расходным материалом является: буровая сталь, коронка, взрывчатые материалы, дизельное топливо.

В процессе работы на проходчика действуют вредные и опасные факторы: освещенность, тяжесть труда, шум, локальная вибрация, АПФД.

Источниками шума являются перфоратор ПП63-В2, погрузочно-доставочная машина, работа насоса К-30, работа вентилятора. В соответствии с Правилами безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых, уровень воздействия шума в штольне установлен вредный класс 3.4 [4]. Оценка условий труда по тяжести трудового процесса соответствует классу 3.1. На исследуемых участках пыль (гранит, шамот, слюда-сырец, углеродная пыль) образуется при работе перфоратором. Оценка условий труда по запыленности устанавливает вредный класс условий труда 3.3. Оценка условий труда по локальной вибрации вредный класс 3.3 [1].

Таким образом, 80 % производственных факторов, выявленных на рабочем месте проходчика, не соответствуют требованиям нормативных документов, итоговая оценка условий труда на рабочем месте проходчика 3.4, вредные [2].

При оценке профессионального риска и ущерба здоровью установлено, что Индекс профзаболеваний находится в диапазоне от 0,5 до 1, что соответствует очень высокому (непереносимому) риску и работы проходчику нельзя начинать или продолжать до снижения риска.

Расчет риска заболеваний от воздействия шума показал, что безопасная сменная доза шума превышена в 500 раз. Существует большая вероятность развития тугоухости. Вероятность развития вибрационной болезни при уровне локальной вибрации 134 дБ достигает 28 %. Риск заболеваний от воздействия аэрозолей может привести к заболеванию лёгких с вероятностью 30 %. Локальная мышечная нагрузка проходчика рудника составляет 20 %. Региональные и общие мышечные нагрузки проходчика рудника составляют 28 %, что является предельными показателями тяжести трудового процесса класса 3.1 [3].

На руднике обязательно использование следующих средств индивидуальной защиты: защитные противозумные наушники «СОМЗ-5 ШТУРМ» с креплением на каску, противоаэрозольная фильтрующая Полумаска ЗМ 8112, очки "Люцерна" ЛЮКС, Костюм "Шахтер" КОС с СОП тип А, Нитриловые перчатки Ампаро Вибростат 03. Также рекомендуется обязательное посещение в процессе рабочей смены комнаты приёма пищи и отдыха.

Необходимо продолжать мероприятия, направленные на улучшение условий труда проходчиков рудника с учётом прогресса Российского рынка средств индивидуальной защиты и инструментов, основываясь на законодательства Российской Федерации в области добычи полезных ископаемых, а также проработать мероприятия, направленные на заключение договоров с санаториями и профилакториями, расположенными на Дальнем Востоке, на улучшение и укрепление здоровья проходчиков и всех работников организации по направлениям профзаболеваний в горно-добывающей промышленности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Методика проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению: Приказом Минтруда России от 24.01.2014 № 33н.

2 Профессиональный риск. Справочник. Под редакцией Н. Ф. Измерова и Э. И. Денисова. – М.: Социздат, 2011. – 267 с.

3 Р 2.2.1766-03. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно-методические основы, принципы и критерии оценки / утв. Гл. государственным санитарным врачом РФ 24 июня 2003 г.

4 Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.12.2013 № 599 "Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых" (с изменениями на 21 ноября 2018 года).

УДК 581.9 (571.6)

Загородников Сергей Валерьевич, студент; Zagorodnikov Sergey Valeryevith  
Кукушкин Игорь Анатольевич, кандидат географических наук, доцент;  
Kukushkin Igor Anatolyevith  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НИЖНЕМ ПРИАМУРЬЕ МЕСТНЫХ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### GEOECOLOGICAL ASPECTS OF THE USE OF LOCAL ABRASIVE MATERIALS IN THE LOWER AMUR REGION

**Аннотация.** Территория Нижнего Приамурья богата различными видами полезных ископаемых, в том числе горными породами, которые могут быть использованы в качестве абразивных и облицовочных материалов. Разработка подобных месторождений даст возможность избавиться от необходимости импорта данной продукции, а также позволит переключить деятельность горнодобывающих предприятий на добычу экологически более безопасного сырья.

**Abstract.** The territory of Lower Priamurya is rich in various types of minerals, including rocks, which can be used as abrasive and cladding materials. The development of such fields will provide an opportunity to get rid of the need to import these products, as well as allow to switch the activities of mining enterprises to the extraction of environmentally safer raw materials.

**Ключевые слова:** Нижнее Приамурье, полезные ископаемые, разработка месторождений, экологически безопасное сырьё, антропогенный рельеф, восстановление биоценозов.

**Keywords:** Lower Amurje, minerals, development of deposits, friendly raw materials. anthropogenic relief, restoration of biocenoses.

Нож был постоянным спутником человека в ведении хозяйства, с каменного века до наших дней. Каменный нож из обсидиана или кварца был твёрдым, но хрупким и был заменён бронзовым, железным и стальным. Различные стали имеют разное назначение и свойства, но могут быть использованы только после заточки и правки режущей кромки до соответствующих запросов владельца. Природные материалы в виде горных пород, например, песчаников и кварцитов веками решали проблему «точильных камней», а для правки использовались различные «тонкие материалы»: сланцы, роговики, яшмы, халцедоны и т.д.

Технический прогресс уже в начале 20-го века потеснил «старый быт» в области искусства доводить режущую грань до микронного совершенства. В связи с распространением моды на «опасное» бритьё, бритва из качественной стали приводилась в рабочее состояние только с использованием «тонких технологий»: заточки на мелкокристаллическом корундовом бруске и правки на кожаном ремне обработанном «пастой ГОИ», т.е. оксидом хрома. С открытием эпоксидных смол, которые можно «начинять» алмазной пылью, появились и алмазные бруски, которые и поныне стяжают пальму первенства в заточном искусстве.

Изготовление качественных брусков для заточки и правки в СССР было национальным достоянием: приезжающие к нам в 70-е годы туристы интересовались приобретением фотоаппаратов – «Зенит», часов – «Командирские» и брусков из г. Ворсма. Это было качество! И сейчас старые «советские» бруски продают по цене в 5-10 раз дороже новых! А всё потому, что место на прилавках занял «электрокорунд» однотипной зернистости, слоющийся, крошащийся и не дешёвый (ведь его делают в КНР, а потом везут через границу!). Конечно, и в наше время можно отыскать в интернете и заказать много чего качественного и полезного, но цена на эту категорию товаров общедоступной не является и тогда остаётся только себе под ноги... посмотреть! Ведь веками без этого обходились и на сенокосе, и в парикмахерской! Сравним то, чем можем мы одарить себя щедростью ма-тушки-природы и возможностями современной технологии.

Первое требование: зернистость брусков из природных материалов должна допускать возможность заточки, правки и доводки (у «ножеманов» есть термин «суперфиниш», т.е. лезвие режет отдельный волос, ленту на лету, пеньковый канат в одно движение). У нас в «меню выбора для любителей ножей» из г. Комсомольск-на-Амуре горные породы «Пиванской геологической свиты - ПГС» и гранитоидная «рять» хр. Мяо-Чан – авангарда Хингано-Буреинского нагорья. «ходить» никуда не надо – весь материал имеется в городе, надо только научиться его использовать! Карьер «Амурсталевакской сопки» даёт нам песчаник и аспидный (глинистый) сланец представители ПГС, любая галька с берега р. Силинка или из котлована, где что-то строят или ремонтируют, при обработке окажется гранитом Роял-Вайт (он же Мансуровский гранит) или Севосай. Давайте посмотрим на рис. 1. Сверху – видим образцы гальки, преобразённые в уже названные образцы гранитов. Ниже и слева можно увидеть Солнце в песчаной буре – эффект отражения электрической лампочки от обработанного аспидного сланца – «водного камня». Справа роговик – «Аризонский сланец». В таблице 1. Указаны свойства основных абразивов, которые доступны в черте города. Необходимо знать, как подготовить абразив к непосредственному использованию в работе.

Легче всего обрабатываются гранитоиды, причём эффект можно получить и не имея никакого оборудования – просто берём два образца гальки и выбираем самые ровные грани или ребро. Взяв образцы в разные руки, взаимодействуем ими одновременно тренируя усилие сжатия рук. Светло-серый порошок собираем подстелив бумагу – он может быть полезен для полировки. Итог работы смотрите на рис 1, вверху справа.

Таблица 1. Местные горные породы, использованные для заточки ножей

Название горной породы	Активные минералы основного состава	Твёрдость шк. Мооса	Зернистость в микр.	Вид использования
Песчаник; кварцит	Кварц, корунд	5,5 – 6,5	40 – 100	Заточка
Аспидный сланец	Опал, кварц, корунд	5-6	0,5-0,1	Доводка
Гранит	Кварц, корунд	6-7	3-1	Правка
Гранодиорит	Кварц, корунд	6-7	3-1	Правка
Диорит	Кварц, корунд	6-7	3-0,5	Правка
Роговик	Опал, кварц, корунд	5,5-6,5	1-0,5	Доводка



Рисунок 1 - Образцы местных пород доступные для получения абразивов

Сложнее всего подготовить к работе «аспидный сланец», так как для этого потребуется заточить и выправить лезвие и лишь затем взяться за доводку. Неровные поверхности лезвия будут просто царапать сланец. В Средней Азии сланец варят в котлах с бараниной, мы предлагаем просто смазать его куриным жиром и начинать доводку. На поверхности возникнет блестящая «патины», от которой свет отражается будто от воды. Абразив - готов и не надо что-то закупать в Японии! Роговик – «Аризонский сланец» в наш город поступает по железной дороге с БАМ, так как возить его выгодно – тяжёлый груз тянет вагоны вниз к городу, сокращая расходы на топливо. При раскалывании даёт ровные поверхности, которые легко обработать. Служит дольше чем «аспидный сланец». Используя таблицу 1 и зная, что твёрдость бытовых сталей колеблется в пределах 5,5 – 6,4 легко определить, что все ножевые изделия, которые мы можем использовать поддаются обработке природными материалами.

Наше исследование позволяет сделать следующие выводы:

1. «Зёрна» природных абразивов состоят из различных минералов, значительная часть которых твёрже сталей и образуют прочный монолит, в отличие от слабо сцепленных частиц корунда в коммерческих абразивах. Использование местных горных пород более эффективно, что отмечено по результатам воздействия на лезвия различных сталей, к тому же природные абразивы слабо изнашиваются и не образуют «лодочек». Отпадает необходимость в «пасте ГОИ» вызывающей дерматит и дыхательную аллергию из-за воздействия оксида хрома.

2. На территории Хабаровского края имеются крупные месторождения гранитоидов и диоритов: Ульбинское – гранодиориты и Тудурское – диориты и роговики. Добыча данного сырья, для производства абразивных и облицовочных материалов могла бы существенно укрепить местные бюджеты, при этом добыча и обработка сырья не приводила бы к химическому загрязнению окружающей среды.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Геология СССР. Под ред. А.В. Сидоренко. Т. XIX. Хабаровский край и Амурская область. Полезные ископаемые. Ред. Тома В.В. Онихимовский. М., «Недра». 1976. 271 с. С ил. (М-во геологии СССР. М-во геологии РСФСР. Дальневост. территориальное геол. упр.).

2 Григорович М.Б., Шальных В.С. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней (ювелирных, поделочных, декоративно-облицовочных). Выпуск 23. Яшмы и роговики. М.: Минест. Геологии СССР. Всесоюзное промышленное объединение «Союзкварцсамоцветы». 1978. 64 с.

3 Онихимовский В.В., Беломестных Ю.С. Полезные ископаемые Хабаровского края (Перспективные для освоения месторождения и проявления). -Хабаровск: Комитет по геологии и использованию недр Российской Федерации. Дальневосточный комитет по геологии и использованию недр. Научно-технический центр «Дальгеоцентр». Приамурское географическое общество, 1996. 483 с. 29 иллюстраций.

4 Техноэкополис Комсомольск-Амурск-Солнечный – полюс роста на Дальнем Востоке России. Ответственный редактор: доктор биологических наук Зайдфудим П.Х. М.: Государственный комитет Российской Федерации по вопросам развития Севера. Администрация города Комсомольска-на-Амуре. Институт проблем управления Российской академии наук. Дальневосточный научно-исследовательский институт рынка министерства экономики Российской Федерации. 1996. 101 с. С ил.

УДК 581.9 (571.6)

Коробкова Юлия Андреевна, студентка, Korobkova Uliya Andreevna  
Кукушкин Игорь Анатольевич, кандидат географических наук, доцент;  
Kukushkin Igor Anatolyevith  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ОЦЕНКА УГРОЗЫ ИНВАЗИИ ПАРАГОНИМОЗА В НИЖНЕМ ПРИАМУРЬЕ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА**

### **ASSESSMENT OF THE THREAT OF INFESTATION OF PARAGONYMOSIS IN THE LOWER AMUR REGION IN THE CONDITIONS OF A WARMING CLIMATE**

Аннотация. Общее потепление климата определяет угрозу изменения термических условий антропогенных водоёмов Нижнего Приамурья, в том числе полосы БАМ. Здесь, в отработанных карьерах, было сформировано большое число озёр, которые вполне могут стать источником распространения опасного заболевания - парагонимоза. Имеется информация о попытках разведения моллюсков, которые являются промежуточными "хозяевами" данного паразита. Проведённые нами исследования не выявили наличия реальной угрозы, однако подтвердили её вероятную возможность в связи с наличием экологической ниши обитания данных организмов.

**Abstract.** The general warming of the climate determines the threat of changes in the thermal conditions of the man-made reservoirs of Lower Amurya, including the BAM strips. Here, in the spent quarries, a large number of lakes were formed, which may well become a source of the spread of a dangerous disease - paragonymosis. There is information about attempts to breed molluscs, which are intermediate "hosts" of this parasite. Our studies have not revealed the existence of a real threat, but have confirmed its likely possibility due to the presence of ecological niche habitat of these organisms.

**Ключевые слова:** общее потепление климата, антропогенные водоёмы Нижнего Приамурья, парагонимоз, паразиты.

**Keywords:** general warming of the climate, man-made reservoirs of Lower Amurya, paragonymosis, parasite.

В летне-осенние сезоны 2018 – 2020 гг. нами проводились исследования термического режима антропогенных озёр полосы БАМ, а также содержания кислорода в водной поверхности как природных, так и искусственно созданных водоёмов. Поводом для проведения гидробиологических изысканий стали сообщения о необычном поведении раков в искусственных и пойменных озёрах вдоль дистанции ст. Постышево – ст. Джамку в 2017 г, которое выражалось в открытом выходе нескольких беспозвоночных на мелководья, вплоть до обнажения большей части головогруды, а также беспорядочном замедленном движении конечностей раков и попытках их «приподняться» из воды. На движения людей раки не реагировали и вскоре погибали.

Подобное поведение раков может быть объяснимо воздействием ряда факторов: дефицитом содержания кислорода в воде, повышением температуры воды до критических пределов пребывания животных в водной массе, появлением в воде токсичных веществ, заболеванием раков, при котором проявляются подобные поведенческие реакции, в том числе возможное заражение парагонимозом.

Последнее предположение может быть обосновано сочетанием следующих факторов, воздействующих на геоэкологическую обстановку:

1. Общее потепление климата оказывает воздействие на все компоненты природных комплексов, в том числе на внутренние воды;

2. В последние годы, в водоёмах бассейна р. Амур заметно увеличилось количество моллюсков и ракообразных, что объяснимо деятельностью гастарбайтеров, направленной на ввоз раков и ракоразведение. Дело в том, что в странах Дальнего Востока, существует устойчивое убеждение, что поедание живых моллюсков и раков существенно повышает мужскую потенцию и способствует её сохранению как в зрелом, так и в старческом возрасте. Были отмечены случаи попыток ввоза в Нижнее Приамурье беспозвоночных, обитающих на более южных территориях, а также выявлены случаи ракоразведения в местных водоёмах.

3. Изменения в геоэкологической ситуации территории, связанные с вырубкой лесов и формированием переходных растительных формаций, способствуют продвижению видов в более северные районы Приамурья.

Парагонимусы (*P. westermanni*,) живут в легких диких животных (особенно кабанов), домашних кошек, собак и человека. При кашле яйца паразита с капельками мокроты попадают в окружающую среду, либо проглоченная мокрота попадает в пищеварительный тракт. В ходе жизнедеятельности яйца выделяются в окружающую среду вместе с калом.

Яйца попадают в воду и цикл развития начинается: из яиц образуются мирацидии (личинки), которые внедряется в улитку (*Thiaridae* или *Pleuroceridae* - первый промежуточный хозяин), где развиваются до церкариев способных самостоятельно передвигаться в воде и попадать в организм второго промежуточного хозяина, которым являются раки *Cambaroides schrenckii koshewnikowi* и *Astacus leptodactylus* Esch, которые либо глотают церкариев, либо поедают зараженных улиток.

В жабрах, печени или мышцах раков церкарии образуют капсулы - цисты и через два месяца преобразуются в метацеркарий. Окончательный хозяин – животное или человек, съедает такого рака, в тонком кишечнике паразит выходит из цисты, проникает, разрывая стенку кишечника, в брюшину и субперитонеальные ткани, далее через диафрагму – в плевральную полость и достигает лёгочной паренхимы, головного мозга, кожи, сердца. Активно питаясь, созревает во взрослую особь всего за два месяца. Взрослый червь (глист) способен паразитировать до 20 лет.

Кроме этого, метацеркарии могут, выйдя из тонкого кишечника внедриться в мышечную ткань и на многие месяцы приостановить дальнейшее развитие. Если человек поедает строганину из мяса кабана, личинки попадут в кишечник и прорвав его двинутся в лёгкие, где приступят к производству, созреванию и выделению яиц. Парагонимоз опасное и плохо излечимое заболевание, причём Приморский край находится в пределах территории – естественного очага заболевания.

Проведённые нами исследования позволили получить следующие результаты:

1. Необычного поведения раков в период проведения исследования нами не было выявлено и новых сообщений об их подобном поведении не поступало. Возможно, подобное явление могло быть результатом загрязнения водоёмов, глушения рыбы и т.д. В тоже время, в пределах полосы исследования, были выявлены моллюски и раки, которые могли бы стать промежуточными хозяевами опасных паразитов. Появление многочисленных переходных растительных формаций: ольховых, берёзово-осиных и берёзово-ивовых, способствовало значительному увеличению числа млекопитающих, посещающих водоёмы – потенциальные источники опасного заболевания.

2. В ходе проведения гидрологических исследований, нами было выявлено три типа озёр, имеющих различный генезис и лимнообразующие показатели состояния водных масс: естественные озёра речных пойм, проточные антропогенные озёра, антропогенные озёра, не связанные с речной сетью. Во всех водоёмах содержание кислорода достаточное для полного обеспечения потребностей гидробионтов. Температурный режим естественных водоёмов малоблагоприятен для обитания паразитов на стадии

мирацидий и церкарий, но в основном приемлем для гидробионтов – их промежуточных хозяев. Наиболее пригодными для развития опасных глистов являются искусственные изолированные водоёмы, гидрологические показатели которых соответствуют экологическим потребностям как паразитов, так и их хозяев.

3. Следовательно, в полосе БАМ существует ограниченная угроза появления и распространения опасного заболевания – парагонимоза и необходимо контролировать случаи заболевания населения имеющие симптомы близкие к диагностическим для данного вида глистов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Березина Н.А. Практикум по гидробиологии. М.: Агропром издат, 1989. -208 с.: ил.

2 Близняк Е.В. Водные исследования: Учебное пособие для высших учебных заведений: М.: Издательство Министерства речного флота СССР. – изд. 5 переработанное и дополненное, 1952. – 652 с.

3 Махинов А.Н., Паневина Г.Н. Физическая география Хабаровского края: Учебное пособие для учащихся общеобразовательных учреждений Хабаровского края. – Хабаровск: Издательский дом «Приамурские ведомости», 2003. – 160 с.: ил.

4 Перельштейн Н.Н. Парагонимоз у детей в Приморском крае: Здоровье детей Дальнего Востока (медико-географический и медицинские аспекты) Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1985. - С. 88 – 89.

5 Суханова Г.И. Парагонимоз в Приморском крае – причина эозинофильных реакций крофи. – Терапевт. Архив, 1981, № 3, с. 57 – 60.

УДК 331.363.2

Коробкова Юлия Андреевна, студентка; Korobkova Yulia Andreevna

Ждакаева Мария Васильевна, старший преподаватель;

Zhdakaev Mariya Vasilevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ПОДГОТОВКА ПЕРСОНАЛА АММИАЧНО-ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

## EMERGENCY RESPONSE TRAINING OF THE PERSONNEL OF THE AMMONIA REFRIGERATION UNIT

**Аннотация.** Данная работа посвящена подготовке и проверке знаний персонала аммиачно-холодильной установки в области промышленной безопасности для предупреждения аварийной ситуации и инцидентов.

**Abstract.** This work is devoted to the training and testing of the knowledge of the personnel of the ammonia refrigeration unit in the field of industrial safety for the prevention of emergencies and incidents.

**Ключевые слова:** подготовка, работа, аварии, персонал, объект, производственных.

**Keywords:** preparation, work, accidents, personnel, facility, production.

Целью научной публикации является рассмотрение противоаварийной подготовки персонала аммиачно-холодильной установки.

Подготовка кадров в сфере охраны труда и промышленной безопасности, выявить медицинские противопоказания для допуска к работе на установке – это необходимые задачи, определенные нами для достижения поставленной цели.

Рассматриваемая аммиачно-холодильная установка (или АХУ) – это холодильная установка, в которой в качестве хладагента используется аммиак, он является основным источником холодоснабжения различных форм производственных объектов, в том числе – предприятий перерабатывающей промышленности, относится к I классу ОПО.

В свою очередь ОПО или опасный производственный объект в широком смысле – это производственный объект, в процессе эксплуатации которого могут возникать аварийные ситуации или инциденты [1].

Свою трудовую деятельность на АХУ осуществляют начальник компрессионного цеха, машинист и слесарь.

Начальник компрессионного цеха как руководитель ОПО должен проходить специальную подготовку в сфере охраны труда в пределах служебных обязанностей поступления на работу в течение первого месяца, а далее – по мере необходимости, но не реже одного раза в 3 года [2].

Слесарь и машинист как представители рабочих профессий обучаются безопасными способами выполнения работ в период первого месяца после приема на работу, с последующей стажировкой на месте работника, после сдачи экзаменов, а процесс работы – сопровождается периодическим обучением в сфере охраны труда и контроль знаний требований охраны труда [2].

Так как аммиачно-холодильная установка относится к ОПО, то помимо обучения в области охраны труда, персоналу следует пройти подготовку в области промышленной безопасности.

Подготовка для работников, в том числе руководителей обязана проводиться для подтверждения квалификации и знаний требований по промышленной безопасности не реже 1 раза в 5 лет, а также для получения дополнительного профессионального образования в области промышленной безопасности и прохождения аттестации [1].

Но прежде чем работники получают доступ к установке, они должны пройти обязательное медицинское обследование на отсутствие каких-либо противопоказаний, которыми являются: врождённые пороки; повреждение и заболевания ЦНС; заболевания, сопровождающиеся расстройствами сознания; психические заболевания с тяжелыми проявлениями; алкоголизм, токсикомания, наркомания и т.д. [3].

С целью предупреждения происшествий на ОПО разрабатывается план мер по локализации и ликвидации последствий аварии и организуется противоаварийная подготовка (тренировки).

Противоаварийная подготовка (тренировки) персонала - одна из обязательных форм работы с персоналом, периодической проверки знаний персонала производственных и противоаварийных инструкций, режимов работы оборудования, проверки способности персонала самостоятельно, быстро и правильно ориентироваться при возникновении аварийного положения [4]

Для составления подобных тренировок разрабатываются методические рекомендации по проведению противоаварийных тренировок, которые носят рекомендательный характер. Обучение по реагированию при аварийных ситуациях ориентирована на решение конкретных задач [5]:

- это проверка умения работников самим на основе коллективных действий предотвращать процесс развития аварий и технологических нарушений, наилучшим образом обеспечивать их устранение;

- обеспечения развития или возобновления навыков принятия быстрых и правильных решений и действий в сложной режимно-динамической среде в обстановке, где время ограничено для решения организационно-управленческих задач;

- определение надлежащих организационно-технических действий и рекомендаций, ориентированных на улучшение работы персонала и повышение безопасности работы оборудования.

Противоаварийная подготовка происходит в виде имитации опасных и аварийных ситуаций на производственном объекте, с последующим быстрым принятием необходимых действий по поиску и устранению аварии. В конце подготовки происходит оценивание результатов этой деятельности.

Участниками данной подготовки являются начальник цеха (руководитель), персонал проходящий тренировку и контролирующие тренировку лица.

Задача комплекса мероприятий по поиску места аварии и устранению ее последствий заключается в том, что предприятие, эксплуатирующее опасные производственные объекты, гарантирует готовность принятия необходимых мер по устранению последствий аварий на таких объектах [6].

Образ действий предполагает: вероятные сценарии возникновения и протекания аварий; налаживание взаимодействия, формирования состава, размещение вооружённых сил и порядок для поддержания постоянной подготовленности сил и средств; создание системы управления, связи и уведомления при появлении аварии на предприятии, а также принятие своевременных мер при получении сигнала об аварии на предприятии; выполнение работ персоналом и аварийно-спасательными службами по поиску и устранению инцидентов; осуществление деятельности, нацеленной на поддержание охраны здоровья населения; создание материально-

технического, инженерно-технического и финансового обеспечения поиска и устранения аварий на данном объекте [6].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов".

2 Постановление Минтруда России, Минобразования России от 13.01.2003 N 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций».

3 Приказ Минздравсоцразвития России от 12.04.2011 N 302н (ред. от 06.02.2018) "Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда" (Зарегистрировано в Минюсте России 21.10.2011 N 22111).

4 Противоаварийная тренировка [Электронный ресурс]. // URL: <https://www.ngpedia.ru/id523804p1.html> (дата обращения: 08.02.2021).

5 Методические рекомендации по проведению противоаварийных тренировок: Рабочая группа по вопросам работы с персоналом и подготовке кадров в электроэнергетике СНГ / Москва, 2019. – 38 с.

6 Постановление Правительства РФ от 26.08.2013 N 730 "Об утверждении Положения о разработке планов мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварий на опасных производственных объектах".

УДК 33.332

Кулигина Екатерина Андреевна, студент; Kuligina Ekaterina Andreevna  
Шматков Руслан Николаевич, заместитель декана, кандидат физико-математических наук, доцент; Shmatkov Ruslan Nikolaevich  
Сибирский государственный университет путей сообщения

#### **ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ**

#### **ECONOMIC REGULATION OF ENVIRONMENTAL SAFETY IN THE NOVOSIBIRSK REGION**

**Аннотация.** В статье анализируется обеспечение экологической города Новосибирска. Характер современного технологического и социально-экономического развития способствует росту экологических рисков, то есть ведет к загрязнению окружающей среды. Для решения данной проблемы разрабатываются и реализуются государственные программы, кото-

рые подробно изложены в ежегодном государственном докладе состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области.

**Abstract.** The article analyzes the environmental protection of the city of Novosibirsk. The nature of modern technological and socio-economic development contributes to the growth of environmental risks, that is, leads to environmental pollution. To solve this problem, State programs are being developed and implemented, which are detailed in the annual state report on the state and environmental protection of the Novosibirsk region.

**Ключевые слова:** экономика, экология, государственная программа, бюджет.

**Keywords:** economy, ecology, state program, budget.

Обеспечение экологической безопасности многофункционального города, каким является Новосибирск – сложнейшая задача. Характер текущего технологического и социально-экономического развития способствует росту экологических рисков, то есть ведет к загрязнению окружающей среды и негативно влияет на здоровье всего населения.

При формировании города Новосибирска экологические риски практически не учитывались. В результате вредные для здоровья промышленные предприятия оказались в центральной части города, к тому же занимая наиболее ценные земли. Недостаточный контроль и регулирование состояния природной и техногенной среды города предопределяет высокий уровень ее загрязнения химическими и радиоактивными веществами, неконтролируемыми электромагнитными полями и шумом.

Далее статистические данные основаны на «Государственном докладе состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2019 году». Для улучшения состояния экологии в Новосибирской области была разработана государственная программа «Развитие системы обращения с отходами производства и потребления в Новосибирской области в 2015-2020 годах».

В 2019 году общий объем финансирования программы составил 82,1 млн. рублей, в том числе средства областного бюджета Новосибирской области – 75,4 млн. рублей. Здесь стоит отметить, что бюджет Новосибирской области в 2019 году составлял 42 млрд 960 млн рублей. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что на развитие программы экологии было выделено менее 1 % бюджета Новосибирской области.

По мероприятию «актуализация территориальной схемы обращения с отходами» в 2019 году дважды проведена актуализация территориальной схемы, утвержденная постановлением Правительства Новосибирской области от 25.07.20219 № 284-П. Внесение изменений и корректировки осуществлялись в соответствии с контрактом от 22.08.2019. На реализацию данных мероприятий направлено 8 990,0 тыс.рублей за счет областного бюджета Новосибирской области.

В рамках реализации федерального проекта «Формирование комфортной городской среды» к 2024 году предусмотрено повышение индекса качества городской среды на 30%, сокращение в соответствии с этим индексом количества городов с неблагоприятной средой в два раза.



Рисунок 1 - Планируемые показатели федерального проекта «Формирование комфортной городской среды»

В перечень индикаторов входят показатели: «уровень озеленения» и «состояние зеленых насаждений». Для расчета упомянутых показателей еще не выработано единой методики, поэтому анализ и обобщение опыта, выбор программного обеспечения представляет собой актуальную и своевременную задачу.

Таким образом, проанализировав «Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2019 году», можно судить о том, что на экологическую безопасность выделяется сравнительно небольшая сумма областного бюджета. Тем не менее, разрабатываются и реализуются проекты, направленные на улучшение ситуации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Министерство природных ресурсов и экологии Новосибирской области «О состоянии и об охране окружающей среды Новосибирской области в 2019 году». – Новосиб, 2020. – 159 с.

2 Сухова И. Н. «Анализ экологической безопасности города Новосибирска». – Новосиб.: журнал «Интерэкспо Гео-Сибирь», 2012.

УДК 331.453

Куликова Анна Николаевна, студентка; Kulikova Anna Nikolaevna

Ждакаева Мария Васильевна, старший преподаватель;

Zhdakaeva Mariya Vasilevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПЕРСОНАЛА ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ЭФФЕКТИВНЫМИ СРЕДСТВАМИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ (СИЗ)**

### **A COMPREHENSIVE APPROACH TO PROVIDING STAFF OF HARMFUL AND DANGEROUS INDUSTRIES WITH EFFECTIVE PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT (PPE)**

**Аннотация.** В данной работе рассмотрен принцип обеспечения персонала лакокрасочного цеха и строительного-монтажного участка эффективными СИЗ. Приведено описание окрасочных и строительного-монтажных работ, исследуемого контингента и условий труда. Установлены необходимые СИЗ по отраслевым нормам, и оценена достаточность имеющихся СИЗ. Проведена оценка эффективности выбора и применения средств защиты органов дыхания и слуха.

**Abstract.** In this paper, the principle of providing staff of the paint shop and the construction and installation site with effective PPE is considered. The description of painting and construction and installation works, the studied contingent and working conditions is given. The necessary PPE was established according to industry standards, and the sufficiency of the available PPE was assessed. The effectiveness of the choice and use of respiratory and hearing protection products was evaluated.

**Ключевые слова:** средства индивидуальной защиты (СИЗ), вредные и опасные факторы производственной среды, эффективность выбора и применения средств защиты, лакокрасочный цех, строительный-монтажный участок, монтажник, маляр.

**Keywords:** personal protective equipment (PPE), harmful and dangerous factors of the working environment, effectiveness of the choice and use of protective equipment, paint shop, construction and installation site, installer, painter.

Работы, выполняемые в лакокрасочном цехе и на строительном-монтажном участке, относятся к работам с вредными и опасными условиями труда. Окрасочные работы в подавляющем большинстве случаев являются конечными операциями технологического процесса и завершают цикл изготовления промышленных изделий. [1]

Строительные-монтажные работы включают в себя комплекс работ, выполняемых на строительной площадке при возведении зданий и сооружений. Конечным результатом строительных-монтажных работ является готовое здание или сооружение, введенное в эксплуатацию. [2]

Характерными профессиями для работ данного цеха и участка являются маляр и монтажник. Во время выполнения работ на персонал действуют вредные и опасные факторы производственной среды, которые могут привести к появлению заболеваний и травм. (табл.1)

Таблица 1 – Факторы производственной среды и риски

Профессия	Вредные и опасные факторы производственной среды	Риски
Маляр	Краски, лаки (химический фактор); работа с электрическими приборами (физический фактор); работа на высоте и физические перегрузки, связанные с работой в неудобной позе, повторяющимися движениями, поднятием тяжестей [3].	Профессиональные заболевания – интоксикация организма, бронхит и бронхиальная астма, аллергические реакции, дерматологические проблемы (контактный дерматит, экзема), рак лёгкого и рак мочевого пузыря, заболевания костно-мышечной системы (растяжения, защемления и др.); при работе с легковоспламеняющимися веществами (лаки, краски) и электрическим краскопультом или близком расположении электрического оборудования возможны ожоги и поражение электрическим током, а при работе на высоте – риск падения, что может привести к травмам или даже к летальному исходу.
Монтажник	Загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны, шум и вибрация от оборудования, работа на высоте, обрушение незакрепленных элементов конструкций зданий и сооружений, падение вышерасположенных материалов, инструмента, а также физические перегрузки (статические и динамические) и нервно-психические (монотонность труда, эмоциональные перегрузки) [2].	Профессиональные заболевания – нейросенсорная тугоухость, вибрационная болезнь, болезни периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата (моно- и полиневропатии, в т.ч. компрессионные и вегетативно-сенсорные нейропатии, шейные и пояснично-крестцовые радикулопатии, хронические миофиброзы, эпикондилезы плеча, плечелопаточные периартрозы, бурситы, асептические остеонекрозы), координаторные неврозы, острые и хронические интоксикации, болезни кожи (эпидермоз, контактный дерматит, экзема), пневмокониозы, хронический бронхит (обструктивный (астматический), пылевой, токсико-пылевой), аллергические (конъюнктивит, ринит, ринофарингит, экзогенный аллергический альвеолит) и онкологические заболевания профессиональной природы (опухоли органов дыхания и рак желудка). Также при монтажных работах возможны травмы или даже летальный исход из-за падения с высоты, обрушения конструкций или падения инструментов и материалов.

Весь персонал должен быть обеспечен СИЗ в соответствии с нормами, чтоб снизить влияние вредных и опасных производственных факторов. Проверим эффективность выбора и применения выданных СИЗ таких, как маска ППМ-88 для маляра и наушники противозумные для монтажника [4, 5]. Оценка эффективности выбора и применения средств защиты органов дыхания и слуха выполняется согласно исходным данным (таблица 2).

Таблица 2 – Исходные данные для оценки

Профессия	Вид СИЗ	Сведения для оценки выбора СИЗ					Сведения для оценки применения СИЗ				
		Запись в личной карточке учета СИЗ о наличии, Вф	Соответствие защитных свойствах СИЗ уровню воздействию фактора, Вк	Качество прилегания, Ву	Удобство применения, Ву	Отраслевое соответствие защитных свойствах СИЗ уровню воздействию фактора, Во	Срок носки СИЗ факт/ Срок носки по ТОН, Пв	Наличие протокола испытаний СИЗ, Пи	Требуемый запас на складе, Хранение и ремонт СИЗ, Пнз	Обучение персонала, По	Установленные профзаболевания, Ппз
Монтажник	Наушники противошумные	В наличии	+	не оценивается	не оценивается	нет стандарта	до износа/до износа	+	имеется	проведено	-
Маляр	Маска ППМ-88	В наличии	-	Плотно прилегает	удобно	+	18 мес/12 мес	+	отсутствует	проведено	хронический бронхит

Балльная оценка по каждому показателю эффективности выбора и применения СИЗ равна произведению удельного веса показателя (В) на результат оценки показателя (Р). Если оценка показателя положительная,  $P = 1$  баллу, если оценка показателя отрицательная,  $P = 0$  баллов. Удельный вес, как и весь порядок оценки эффективности СИЗ, регламентирован Приказом Минтруда России от 5 декабря 2014 года № 976н [6].

Оценка эффективности выбора и применения средств защиты органов дыхания и слуха показала, что наушники противозвучные обеспечивают эффективную защиту работников от шума на рабочем месте, а маска ППМ-88 недостаточна эффективна для защиты органов дыхания от воздействия различных веществ, содержащихся в краске, лаке.

Чтобы решить проблему несоответствия имеющихся сведений определенным нормам, необходимо обеспечить персонал средствами индиви-

дуальной защиты в соответствии с нормативными требованиями о выдаче СИЗ, проверять СИЗ на наличие требуемой формы подтверждения соответствия (сертификат или декларация), также для повышения степени защищенности здоровья работников от вредных и опасных факторов производственной среды обязательно проводить оценку эффективности СИЗ, что позволит в будущем выбирать более эффективные СИЗ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Технология лакокрасочных материалов и покрытий. Проектирование производств [Электронный ресурс]. // URL: <https://docplayer.ru/73713313-Tehnologiya-lakokrasochnyh-materialov-i-prokrytiy-proektirovanie-proizvodstv.html> (дата обращения: 05.01.2021).

2 Виды работ, выполняемых строительными организациями [Электронный ресурс]. 2017 4 августа. // URL: <http://digest.wizardsoft.ru/consultation/consult-smeta/vidy-rabot-vypolnyaemykh-stroitelnyimi-organizatsiyami> (дата обращения: 05.01.2021).

3 Маляры: вредные производственные факторы [Электронный ресурс]. 2019 23 июля. // URL: <https://profmedlab.ru/profosmotr/malyary/> (дата обращения: 08.01.2021).

4 Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам сквозных профессий и должностей всех видов экономической деятельности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением : [Электронный ресурс] : приказ Минтруда РФ от 9 декабря 2014 г. N 997Н. Доступ из справ.-правовой системы «Контур.Норматив».

5 Об утверждении типовых норм бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам, занятым на строительных, строительномонтажных и ремонтно-строительных работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением : [Электронный ресурс] : приказ Минздравсоцразвития РФ от 16 июля 2007 г. N 477. Доступ из справ.-правовой системы «Контур. Норматив».

6 Об утверждении Методики снижения класса (подкласса) условий труда при применении работниками, занятыми на рабочих местах с вредными условиями труда, эффективных средств индивидуальной защиты, прошедших обязательную сертификацию в порядке, установленном соответствующим техническим регламентом: [Электронный ресурс]: приказ Минтруда России от 5 декабря 2014 г. № 976н. Доступ из справ.-правовой системы «Контур. Норматив».

УДК 658.51

Курьс Анастасия Олеговна, студентка; Kurys Anastasia Olegovna

Ждакаева Мария Васильевна, старший преподаватель;

Zhdakaev Mariya Vasilevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ**

### **LABOR PROTECTION MANAGEMENT SYSTEM IN THE PANDEMIC PERIOD**

**Аннотация.** В статье рассмотрена ситуация с распространением в 2020 году короновирусной инфекции. Предложен механизм по реализации традиционных аспектов системы управления охраной труда руководителем предприятия в период неблагоприятной санитарно – эпидемиологической обстановки.

**Abstract.** The article examines the situation with the spread of coronavirus infection in 2020. A mechanism is proposed for the implementation of traditional aspects of the occupational safety management system by the head of the enterprise during an unfavorable sanitary and epidemiological situation.

**Ключевые слова:** условия труда, охрана труда, короновирусная инфекция, система управления охраной труда, персонал.

**Keywords:** working conditions, labor protection, coronavirus infection, labor protection management system, personnel.

Целью данной работы является мониторинг системы управления охраной труда в период сложной эпидемиологической ситуации.

Анализ системы управления охраной труда в период пандемии является актуальным в связи с тем, что по всему миру распространяется короновирусная инфекция. Данная проблема является крайне актуальной из –за того, что большое количество предприятий вынуждены менять специфику своей работы для безопасных условий труда для сотрудников. [1]

Основной обязанностью работодателя на сегодняшний день является создание безопасных условий труда для работающего персонала. Изменения, вызванные короновирусной инфекцией, не смотря на непростые условия обязывает работодателей соблюдать все возможные нормы и требования по организации трудового процесса своих сотрудников.

Для того чтобы обеспечить безопасные условия труда должны быть предприняты меры в условиях пандемии, которые поспособствуют значительному приостановлению распространения короновирусной инфекции. Работодатель обязан для своего производства подобрать мероприятия, способствующие снижению распространения вируса среди работающего персонала. Связано это с тем, что каждое предприятие имеет свою специфику работы и разные условия трудового процесса. [2]

В период пандемии могут быть применены следующие меры:

1. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты, а также наличие гигиенических средств, к ним относятся антисептики различного вида и одноразовые медицинские маски;

2. Проведение регулярного контроля за состоянием здоровья работников (измерение температуры);

3. Запрет на проведение массовых мероприятий с большим скоплением людей;

4. Жесткий контроль за исполнением мер, направленных на снижения коронавирусной инфекции;

5. Оперативно реагировать на подозрение у сотрудника вируса и своевременно изолировать его от большого количества других сотрудников;

6. По возможности перевести большую часть сотрудников на удаленный режим работы с учетом производственных особенностей.

Если производство продолжает работать в обычном режиме, то руководитель обязан обеспечить своих сотрудников всеми возможными мерами безопасности для максимальной защищенности сотрудников.

Так же в связи со сложившейся неблагоприятной эпидемиологической ситуацией без изменений на законодательном уровне не остались методы проведения медицинских осмотров, а также проведения инструктажей и обучения по охране труда. [3]

В соответствии с Трудовым кодексом проведение обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров является обязательным пунктом для осуществления безопасных условий труда на рабочем месте. В связи с тем, что по всем субъектам Российской Федерации распространяется коронавирусная инфекция и введены ограничения было принято решение временно приостановить проведение обязательных медицинских осмотров за исключением некоторых категорий сотрудников, трудовая деятельность которых связана:

- С производством, хранением и транспортировкой пищевых продуктов и питьевой воды;
- С воспитанием и обучением детей;
- С бытовым и коммунальным обслуживанием населения.

Следовательно, если вышеперечисленная категория работников не прошла обязательные медицинские осмотры в период действия ограничений, вызванных вспышкой коронавирусной инфекцией, это не является нарушением. Хотя стоит отметить, такое право действует сроком до 6 месяцев. После – медосмотр провести жизненно необходимо.

Одним из основных мероприятий по предотвращению распространения вируса на производстве должно стать информирование работников о правилах противоэпидемиологического режима. Для достижения поставленной цели на производстве специалисту по охране необходимо разработать отдельную инструкцию по охране труда. Ситуация, которая на сегодняшний день существует в мире относится к категории нештатных, по-

этому в таких условиях для сотрудников необходимо проводить внеплановые инструктажи для предотвращения распространения вируса.

Охрана труда – сфера, которая подстраивается под внесенные изменения в законодательство. Потому что защита здоровья персонала – основа для качественной и эффективной работы на предприятии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ
- 2 Профилактика развития инфекционных заболеваний у персонала / Гаврилова М.В. Материалы 18-й Междунар. науч-практ. конф. по проблемам экологии и безопасности / Комсомольск-на-Амуре, 5 июня 2020 г. / редкол.: И. П. Степанова (отв. ред.), Г. Е. Никифорова (зам. отв. ред.). – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2020. – С. 187-188
- 3 Совершенствование риск-ориентированных подходов в системах оценки и управления риском / Шимф Н.А., Степанова И.П. 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. 3. С. 85-86.

УДК 614.8

Неведомский Артур Денисович, студент гр. 7КЗб-1;

Nevedomsky Artur Denisovich

Муллер Нина Васильевна, кандидат технических наук, доцент;

Muller Nina Vasilevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

### COMPLEX INJURY PREVENTION SYSTEM BASED ON OIL AND GAS INDUSTRY

**Аннотация.** Данная работа посвящена комплексным методам, применяемым на на нефтегазодобывающем производстве, на примере одной из компаний на Сахалине. Внесены предложения по снижению травматизма помимо основных применяемых на практике методов.

**Abstract.** This work is devoted to complex methods used in oil and gas production, using the example of one of the companies in Sakhalin. Proposals have been made to reduce injuries in addition to the main methods used in practice.

**Ключевые слова:** травматизм, безопасность, персонал, предупреждение.

**Keywords:** injuries, safety, personnel, prevention.

Эффективность методов и средств предотвращения несчастных случаев на нефтегазодобывающем производстве, на примере одной из компаний на Сахалине, достигается путем комплексного сочетания трех типов мероприятий:

Технических (объекты и оборудование):

- проектирование технологических процессов таким образом, чтобы устранить факторы опасности;
- проектирование с целью сведения к минимуму сил энергии;
- обеспечение физического разделения / изоляции;
- автоматизированные средства управления и защитное оборудование.

Организационных:

- порядок производства работ / методы работ (использование и следование стандартам, процедурам, инструкциям при выполнении работ, АБР);
- предупредительные устройства, ярлыки, цветовая маркировка;
- постоянное обучение персонала в области ОТ и ТБ;
- заполнение карт ««Повышаем уровень безопасности»»;
- оценка риска перед началом работы;
- поощрение работников за соблюдение требований и проявленную инициативу в области безопасности.

Индивидуальных – использование требуемых СИЗ [1].

Также в исследуемой компании и ее подрядных организациях применяется интересный опыт по существующей системе поощрения работников за безопасное и проактивное поведение в области безопасности. В компании существуют такие номинации в области охраны труда (ОТ) и техники безопасности (ТБ), как «Отличник ОТ и ТБ», «Лучшая карта - повышаем уровень безопасности», «Лучший аудитор нарядов-допусков». Любой работник может быть номинирован и награжден. Награждение происходит на ежемесячной основе на ежемесячном собрании по ТБ, проводимое с участием руководителя предприятия. Цель данных номинаций выявить хорошие примеры безопасного поведения и помощи другим работникам, повысить уровень культуры безопасности и мотивировать работников участвовать в программах повышения уровня безопасности объектов.

В компании разработано руководство по использованию СИЗ, в котором перечислены обязательные для применения типы СИЗ, данное руководство является обязательным для выполнения всеми работниками на производстве.

В зависимости от выполняемых работ дополнительные СИЗ могут меняться, а основные СИЗ неизменны и являются условием нахождения работника на производственной площадке. Постоянный контроль за использованием СИЗ вырабатывает у всех работников стойкую привычку к использованию СИЗ.

В исследуемой компании уровень травматизма является достаточно низким по сравнению с большинством предприятий данной отрасли (показатели травматизма предприятия значительно ниже среднеотраслевых по-

казателей). Однако все еще есть необходимость в улучшении ситуации. Не смотря на все усилия, прилагаемые руководством и работниками компании на предотвращение происшествий, работники производственных площадок по-прежнему получают травмы, которые очень редко, но бывают достаточно тяжелыми.

В качестве предложений по улучшению ситуации можно внести следующие предложения:

Необходимо больше работать с людьми, потому что 99 % происшествий происходит именно по вине человека.

В частности необходимо больше внимания уделять обучению персонала в области распознавания опасностей и безопасного ведения работ. Обучение – это первый и самый простой способ предотвращения травматизма, т.к. большая часть происшествий, приводящих к травмам, происходит именно из-за отсутствия знаний.

Часто происшествия происходят по халатности, т.е. человек знает, как нужно сделать правильно и безопасно, но делает по-своему, потому что так проще и/или быстрее. В таких случаях необходимо мотивировать, поощряя за безопасное поведение, а порой наказывать работников, применяя дисциплинарные меры, вплоть до удаления с площадки (после нескольких предупреждений).

Необходимо воспитывать в работниках осознание обязательность соучастия каждого в безопасной работе, внушать всем и каждому, что если работник видит небезопасное поведение коллеги, то необходимо подойти и остановить небезопасное действие, проводить разъяснительные беседы.

На собраниях донести до работников необходимость докладывать обо всех случаях небезопасной работы, происшествиях, опасностях, необходимости устранять опасность, если это возможно, на месте, либо изолировать небезопасный участок от других работников (например, огородить лентой). Данный процесс воспитания культуры безопасности и соучастия может оказаться довольно длительным и сложным, так как часто такая идея идет в разрез с российским менталитетом.

Больше внимания следует уделять работникам именно подрядных организаций, так как большее число травм по статистике происходило именно среди подрядчиков, уровень культуры безопасности у которых ниже, чем у работников исследуемой компании.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) /С.В. Белов– М.: Издательство Юрайт, 2010. – 671 с.

УДК 614.8

Неведомский Артур Денисович, студент гр 7КЗб-1;

Nevedomsky Artur Denisovich

Муллер Нина Васильевна, кандидат технических наук, доцент;

Muller Nina Vasilevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ НА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЯХ

### ORGANIZATIONAL METHODS FOR ENSURING SAFETY AT OIL PRODUCTION COMPANIES

**Аннотация.** Данная работа посвящена методам обеспечения безопасности персонала, применяемых на нефтедобывающих предприятиях. Используемые карты безопасности призваны контролировать и обеспечивать безопасность на всех этапах производимых работ от начала до конца осуществляемой работы.

**Abstract.** This work is devoted to methods of ensuring the safety of personnel used in oil producing enterprises. The safety maps used are designed to monitor and ensure safety at all stages of the work performed from the beginning to the end of the work.

**Ключевые слова:** безопасность, карты, персонал, травматизм.

**Keywords:** safety, cards, personnel, injuries.

В нефтедобывающих компаниях используются различные инструменты в области обеспечения безопасности персонала [1], одним из которых является применение карт различной направленности: карты «Повышаем уровень безопасности» (рис. 1), карты-памятки «Оценка риска перед началом работ» (рис. 2), карты «Анализ безопасности работ (АБР)» (рис. 3) и т.д. Рассмотрим более подробно применяемые виды карт, целью которых является снижение рисков травматизма и аварий на каждом этапе технологического процесса.

The image shows two safety cards side-by-side. The left card is red and titled 'ПОВЫШАЕМ УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ' (We raise the level of safety). It includes a logo for 'УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ' and several checkboxes for safety conditions: 'Опасная ситуация без последствий', 'Опасность', and 'Неисполнение за соблюдением правил техники безопасности'. It also has fields for 'Осуждение ситуации с формулой работоспособности', 'Если «да»: полностью / частично / замечания', 'Дата:', 'Место:', 'События:', 'Работник ОНП/Подразделение:', 'Описание/вид работ/виды/виды/сопутствующие:', 'ПОЧЕМУ (Причина происшествия):', and 'ФИО, и подпись руководителя:'. The right card is blue and titled 'Основная причина' (Main cause). It has sections for 'Личностный фактор' (Personal factor) with checkboxes for 'Недостаток навыков или знаний', 'Соблюдение ТБ занимает больше времени (использую метод)', 'Необходимость правильной практики приветствуется или не применяется (оборудование)', and 'Раньше это не приводило к происшествию (предостережение)'. It also has a section for 'Производственный фактор' (Production factor) with checkboxes for 'Не соответствующие показатели или стандарты', 'Неправильное информирование о процедурах и стандартах', and 'Неподходящие инструменты или оборудование'. Below these are fields for 'Неисполнение обязанности', 'Срок выполнения', 'Ответственный', and 'Выполнено?'.

Рисунок 1 – Карта «Повышаем уровень безопасности» [2]

Карты «Повышаем уровень безопасности» используется для того, чтобы:

- Сообщить о ситуации, условии или действии, которые могут привести к нежелательным последствиям, если их не устранить в ближайшее время;
- Составить первоначальное сообщение о происшествии без последствий (в данном случае необходимо более подробное рассмотрение данного происшествия при участии отдела ТБ и Руководства);
- Сообщить о наблюдении за небезопасным действием, беседе/обсуждении и предотвращении возможных происшествий.

Карта-памятка «Оценка риска перед началом работы» выполняется в отношении любых работ и не требует документального оформления, является ознакомительной.

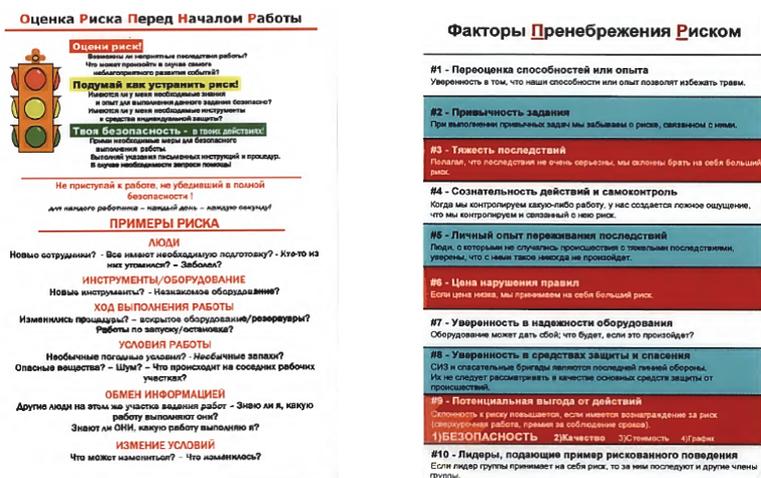


Рисунок 2 – Карта-памятка «Оценка риска перед началом работ» [2]

Карта «Анализ безопасности работ (АБР)» - это инструмент для тщательного изучения и регистрации каждого крупного рабочего задания с помощью которого определяются основные этапы выполнения работ или задания, определяют возможные риски на каждом этапе, определяют наиболее эффективные меры предупреждения выявленных рисков или снижения их степени, четко распределяют и координируют обязанности между собой.

Существуют два вида АБР:

Стандартный АБР – заранее подготовленный для типовых видов работ. В нем перечисляются характерные виды опасности и приводится опыт выполнения аналогичных работ в прошлом, включается в архив как исходный материал для оперативных АБР.

Оперативный АБР составляется рабочей бригадой непосредственно перед началом работ. В нем перечисляются конкретные виды опасности, характерные для данного рабочего участка и времени выполнения задания.

Руководитель работ составляет оперативный АБР, перечисляет основные виды деятельности при выполнении задания (подготовка бригады, выполнение задания (основные шаги), мобилизация на рабочем участке, уборка участка, оценка и подготовка участка, возвращение систем в исходное состояние).

Контролер проверяет составленный АБР, чтобы убедиться, что документ в полной мере отражает основные моменты, связанные с работой. Каждый член бригады перед началом работы знакомится с АБР, участвует в его обсуждении. Распределяются функции или обязанности по обеспечению безопасности (назначенные лица). По прибытии бригады на площадку необходимо подтвердить указанные в АБР условия работы до начала их выполнения, а при возникновении новых рисков дополнить АБР и расписать меры по их снижению.

Оформление карты «Анализ безопасности работ» является обязательным условием для каждого вида работ, выполняемых в производственной зоне, которые требуют наличия наряда-допуска. Для действий, не связанных с производственной зоной и повышенными рисками, проводится только оценка риска перед началом работы. Три основных раздела АБР: страница проверки АБР (титульная страница, условия работ); страница оценки видов опасности при работе (перечень опасностей); страница предупреждения или снижения опасности (последовательность действий, виды опасности, меры предосторожности, назначенные лица).

Страница предупреждения/снижения опасности является основным инструментом АБР после начала работы и включает последовательность действий: описание этапов работы; сопутствующие опасности; меры предотвращения данных опасностей; ответственные лица за каждую превентивную меру по устранению опасностей. На регулярной основе проводятся проверки заполненных АБР, данные проверок анализируются, выявляются недостатки и принимаются меры для дальнейшего совершенствования методики АБР.

ENL РИП	JOB SAFETY ANALYSIS - REVIEW FORM АНАЛИЗ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТ - ФОРМА ОБЗОРА		Rev. 30 Aug 2010 Rev. 30 августа 2010
Facility / Объект:	Location within Site / Участок на объекте:		Permit No. / Тип наряда-допуска:
Task Description (include Equipment Numbers as Pertinent) / Описание задачи (с указанием № оборудования):			Specify Worst Case Scenario to be discussed / Указать наихудший вариант развития событий для обсуждения:
<b>REQUIRED REFERENCES / НЕОБХОДИМЫЕ СПРАВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</b>		<b>JSA REVIEW / ОБЗОР АБР</b>	
Have the relevant Procedures, Standards, Guidelines, or Safe Work Practices been reviewed? / Проверены ли соответствующие инструкции, стандарты, руководящие или типовые безопасные процедуры для работ? Add to Job Procedures / Инструкция (перечислить, или описать):		<input type="checkbox"/> Yes / Да <input type="checkbox"/> No / Нет <input type="checkbox"/> Not applicable / Не применимо	Permit confirmation by the Task Leader of site conditions. I agree the attached JSA identifies the significant Task Steps, Hazards, and Controls. / Подтверждаю, что в данном АБР учтены основные этапы задания, существенные опасные факторы и меры безопасности, при условии последнего осмотра места работ исполнителем работ. JSA Reviewer (Signature or Stamp) / АБР проверил (подпись/отпечаток, ответственный лиц): Name / Signature - ФИО / Подпись: _____ Company / Организация: _____
<b>RISK ASSESSMENT / ОЦЕНКА РИСКОВ</b>		<b>WORK SITE VERIFICATION / ОСМОТР РАБОЧЕГО МЕСТА</b>	
Must existing Procedures or Work Practices be modified to perform the work? (MOC required) / При выполнении задачи необходимо отклонение от действующих инструкций или типовых работ (требуется согласование изменений МСО)?		<input type="checkbox"/> Yes / Да <input type="checkbox"/> No / Нет	The work team has assessed the worksite conditions and confirms: • The JSA addresses the applicable hazards and necessary controls. • The team has identified measures (controls) required to do the job safely. • Others that could be affected by the work have been informed. • Energy isolation (if applicable) has been VERIFIED and DEMONSTRATED.
Even after mitigation, are there any hazards that continue to present a potentially significant risk? (Evaluate based on Risk Assessment protocol) / Несмотря на принятые превентивные меры, остаются ли опасные факторы с высоким уровнем риска (требуется оценка риска на основе протокола)?		<input type="checkbox"/> Yes / Да <input type="checkbox"/> No / Нет	Бригада оценила место проведения работ и убедилась в том, что: • АБР включает соответствующие опасные факторы и необходимые меры безопасности. • Бригада достаточно информирована и обучена для безопасного выполнения задания. • Лица, на которых может повлиять проведение работ, уведомлены. • Структуры и отапливаемые электропроводки (провода, движущиеся части) ПРОВЕРЕНЫ и ПОКАЗАНЫ.
IF "YES" TO EITHER QUESTION ABOVE, STOP THE WORK, REFORM MOC OR RISK ASSESSMENT, AND RETURN TO THE JSA LEADER FOR REVIEW AND APPROVAL. / В СЛУЧАЕ ОТВЕТА "ДА" НА ОДНО ИЗ ДВУХ ВОПРОСОВ, ПРЕКРАТИТЕ РАБОТУ, ПРОВЕДИТЕ СДЕЛКУ ИЛИ ОЦЕНКУ РИСКОВ ИЛИ ОБНОВИТЕ МЕРЫ ПРЕДОСТОРОЖНОСТИ В ДАННОМ АБР.		Team leader / Permit Holder : Мастер / Ответственный исполнитель работ Name / Signature - ФИО / Подпись: _____ Company / Организация: _____	
<b>PRE-REQUIRED DURING THIS TASK</b> / СДЕЛКА ИЛИ РИСКОВАЯ ОЦЕНКА ДО НАЧАЛА РАБОТЫ		<b>COMPLETE THE SECTION BELOW EVERY DAY PRIOR TO BEGINNING OF WORK</b> / НАЗЕМЬ ОЗНАКОМЛЕНИЕ ЗАПОЛНЯТЬ КАЖДЫЙ ДЕНЬ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ	
<input type="checkbox"/> HARD HAT / КАСКА <input type="checkbox"/> SAFETY GLASSES / ЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ <input type="checkbox"/> SAFETY SHOES - ЗАЩИТНЫЕ БОТИНКИ <input type="checkbox"/> HEARING PROTECTION / ЗАЩИТА СЛУХА <input type="checkbox"/> SINGLE VERMIL / ВИДИЛИМЫЙ <input type="checkbox"/> LOSS OF VISION / ЗАЩИТА <input type="checkbox"/> RESPIRATOR / ТУМ / ВРЕЩУ / ДЫХАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ <input type="checkbox"/> OTHER MASK / ПЬЕЗАЩИТНАЯ МАСКА <input type="checkbox"/> SOVA / РАДИОЧЕЛОВЕК / ДАТЧИТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ <input type="checkbox"/> FALL PROTECTION / СТАБИЛИЗАЦИЯ ТЯЖЕЛОГО <input type="checkbox"/> FALL RESTRAINT / УХВАТЫВАЮЩАЯ ПРИБОР <input type="checkbox"/> LIFE VEST / СПАСАТЕЛЬНЫЙ ЖИЛЕТ <input type="checkbox"/> WORK REST / СОПРЯЖЕННЫЙ ЖИЛЕТ <input type="checkbox"/> FLAME RESISTANT CLOTHING / ОГНЕЗАЩИТНАЯ ОДЕЖДА		<input type="checkbox"/> SAFETY GLASSES / ЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ <input type="checkbox"/> FACE SHIELD / ЗАЩИТНЫЙ ЩИТ ДЛЯ ЛИЦА <input type="checkbox"/> GOGGLES / ОБОИЩАЮЩИЕ ЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ <input type="checkbox"/> GLOVES / ПЕРЧАТКИ <input type="checkbox"/> CLOTHING / ОДЕЖДА <input type="checkbox"/> HEARING PROTECTION / ПЕРЧАТКИ УДРОГОРОННЫЕ <input type="checkbox"/> CHEMICAL RESISTANT / ЗАЩИТНЫЕ ОДЕЖДА <input type="checkbox"/> OTHER RESPIRATOR / ДРУГОЙ ВИД ПЕРЧАТОК (УКАЗАТЬ) <input type="checkbox"/> OTHER PPE (SPECIFY / ДРУГОЙ ВИД ПЕРЧАТОК (УКАЗАТЬ) <input type="checkbox"/> CHEMICAL SUIT / КОСТЮМ НЕОПАСНОСТИ <input type="checkbox"/> LIFELINE / ВЕРТУХ КИВАЩИЙ <input type="checkbox"/> POOL, WEATHER SEAR / ВРЕЩУ / СПАСИТЕЛЬНЫЙ ДИП НЕОПАСНОСТИ ГОРЮЩИХ КОСМОСОВ (УКАЗАТЬ) <input type="checkbox"/> OTHER PPE (SPECIFY / ДРУГОЕ ОДЕЖДА)	
<input type="checkbox"/> HAZARDOUS MATERIALS / ОПАСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ <input type="checkbox"/> HIGH VOLTAGE / ВЫСОКОЕ НАПЯЕНИЕ <input type="checkbox"/> TOXIC / ТОКСИЧНОСТЬ <input type="checkbox"/> CORROSIVE / КОРРОЗИОННОСТЬ <input type="checkbox"/> RADIATION / РАДИОАКТИВНОСТЬ <input type="checkbox"/> FALL FROM HEIGHT / ПАДЕНИЕ С ВЫСОТЫ <input type="checkbox"/> TRIPPING / ПОСКОЛ <input type="checkbox"/> SLIPPING / ПОСКОЛ <input type="checkbox"/> CLIPPING / ПОСКОЛ <input type="checkbox"/> COLLISION / СТОЛКНОВЕНИЕ <input type="checkbox"/> MOVING OBJECTS / ДВИЖУЩИЕСЯ ПРЕДМЕТЫ <input type="checkbox"/> UNSTABLE SURFACES / НЕУСТОЙЧИВЫЕ ПОВЕРХНОСТИ <input type="checkbox"/> UNSTABLE LOADS / НЕУСТОЙЧИВЫЕ НАГРУЗКИ <input type="checkbox"/> UNSTABLE EQUIPMENT / НЕУСТОЙЧИВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ <input type="checkbox"/> UNSTABLE STRUCTURES / НЕУСТОЙЧИВЫЕ СТРУКТУРЫ <input type="checkbox"/> UNSTABLE TERRAIN / НЕУСТОЙЧИВАЯ ТЕРРИТОРИЯ <input type="checkbox"/> UNSTABLE WEATHER / НЕУСТОЙЧИВАЯ ПОГОДА <input type="checkbox"/> UNSTABLE LIGHTING / НЕУСТОЙЧИВОЕ ОСВЕЩЕНИЕ <input type="checkbox"/> UNSTABLE SOUND / НЕУСТОЙЧИВЫЙ ЗВУК <input type="checkbox"/> UNSTABLE VIBRATION / НЕУСТОЙЧИВЫЕ КОЛЕСА <input type="checkbox"/> UNSTABLE TEMPERATURE / НЕУСТОЙЧИВАЯ ТЕМПЕРАТУРА <input type="checkbox"/> UNSTABLE HUMIDITY / НЕУСТОЙЧИВАЯ ВЛАЖНОСТЬ <input type="checkbox"/> UNSTABLE AIR QUALITY / НЕУСТОЙЧИВОЕ КАЧЕСТВО ВОЗДУХА <input type="checkbox"/> UNSTABLE AIR PRESSURE / НЕУСТОЙЧИВОЕ ДАВЛЕНИЕ <input type="checkbox"/> UNSTABLE AIR CURRENTS / НЕУСТОЙЧИВЫЕ ПОТОКИ ВОЗДУХА <input type="checkbox"/> UNSTABLE AIR QUALITY / НЕУСТОЙЧИВОЕ КАЧЕСТВО ВОЗДУХА <input type="checkbox"/> UNSTABLE AIR PRESSURE / НЕУСТОЙЧИВОЕ ДАВЛЕНИЕ <input type="checkbox"/> UNSTABLE AIR CURRENTS / НЕУСТОЙЧИВЫЕ ПОТОКИ ВОЗДУХА		<b>WORK TEAM DECLARATION:</b> I acknowledge that I have reviewed the attached JSA, I understand my roles and responsibilities, and I will comply with the instructions for the task. / <b>ПОДПИСЬ ОБ ОЗНАКОМЛЕНИИ С АБР:</b> Подтверждаю, что я ознакомился(лась) с АБР, понимаю свои обязанности и буду соблюдать инструкции для выполнения задания. Name (print) / Ф.И.О. (печатными буквами): _____ Name (print) / Ф.И.О. (печатными буквами): _____	

Рисунок 3 - Форма Анализа безопасности работ [2]

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность) /С.В. Белов– М.: Издательство Юрайт, 2010. – 671 с.

2 Локальные нормативные акты работодателя [принят 16 сентября 2013 года]. – Курьильски, 2013. – 48 с.

УДК 658.5.012.7

Онохова Валерия Викторовна, студент; Onokhova Valeriya Victorovna

Ждакаева Мария Васильевна, старший преподаватель;

Zhdakaeva Maria Vasilevna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ЗА БЕЗОПАСНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ РАБОТ**

### **INTRODUCTION OF MODERN TECHNOLOGIES FOR MONITORING THE SAFE PRODUCTION OF WORKS**

**Аннотация.** Данная работа посвящена выявлению факторов риска производственного процесса методами информационных технологий.

**Abstract.** This work is devoted to the identification of risk factors in the production process using information technology methods.

**Ключевые слова:** безопасность, технологии, контроль, риск, меры, труд.

**Keywords:** security, technology, control, risk, measures, labor.

В наше время высокие технологии стремительно развиваются. Появляются совершенно новые технологии, помогающие усовершенствовать безопасность деятельности на производственных участках.

Внедрение современных технологий контроля над безопасным производством работ позволит руководителям организации, предприятий машиностроительной, транспортной, строительной и т.п. отраслей, а так же органов государственного управления реализовать право контингента на безопасный труд.

Целью данной работы является рассмотреть на примере предприятий, какие современные технологии помогут им усовершенствовать контроль над производственными рисками.

Для этого необходимо выбрать несколько участков и рассмотреть, какие опасности воздействуют на работников, и как они могут обезопасить себя с помощью современных технологий. В своем исследовании я рассмотрела несколько производственных участков: транспортный и строительно-монтажный. Деятельность транспортного участка связана с использованием внутрипроизводственных транспортных средств: тележек, подъемников, погрузчиков, а также перемещением грузов между цехами, участками и рабочими местами. Деятельность строительно-монтажного участка заключается в выполнении строительных (возведение зданий и сооружений), монтажных и отделочных работ на объектах.

В зависимости от работ для выполнения применяются: ручные (электрические и пневматические) и малогабаритные строительно-отделочные машины; пиротехнические, измерительные и ручные инструменты; вибраторы; электросиловое оборудование, необходимые кабели и проводники;

грузоподъемные устройства малых размеров; защитные приспособления для обеспечения охраны труда и техники безопасности.

Система жизнеобеспечения для каждого участка должны соответствовать нормативным документам [1].

Для проведения исследования мною были рассмотрен рабочий персонал и описан характер их трудовой деятельности.

Так же для полного понимания всех опасностей на данных участках мною были исследованы все возможные вредные и опасные производственные факторы.

Наиболее частые случаи нарушения требований при выполнении работ на заданные отраслях общие, такие как: несоблюдение правил дорожного движения там, где есть движение автотранспорта (например, внутри-заводские территории); выполнение несвойственной работы; невыполнение предписаний, приказов, распоряжений по охране труда; нарушение правил эксплуатации или неисправность машин, механизмов, электрооборудования; неосторожные действия исполнителей работ; отсутствие механизации выполняемых работ; опасный или неправильный прием труда; работа в опасной зоне; работа на неисправном оборудовании; пренебрежение использования средств индивидуальной защиты (СИЗ).

Таблица 1 – Описание объекта исследования

	Транспортный участок	Строительно-монтажный участок	
	Водитель грузового автомобиля	Монтажник по монтажу ЖБК	Штукатур-маляр
Контингент	Мужчины	Мужчины	Мужчины/женщины
Характер трудовой деятельности	Сменная, с возможными командировками	Сменная	Сменная
Индивидуальные способности	Выносливость, физическая сила, мгновенная реакция, отсутствие проблем со слухом и зрением, внимательность, концентрация, пространственное воображение, эмоциональная устойчивость, развитое наглядно-образное мышление, дисциплинированность, самообладание.	Выносливость, отсутствие страха высоты, физическая сила, умение ориентироваться в пространстве, отсутствие нарушений в координации движений, точный глазомер и пространственное воображение, умение перераспределять внимание.	Хорошая физическая форма, отсутствие проблем со зрением, выносливость, аккуратность, ответственность, сосредоточенность, быстрая реакция, скрупулезность, развита мелкая моторика, отсутствие боязни высоты, отличная координация, трудолюбие, хорошая память.
Противопоказания	Заболевания позвоночника, язвенная болезнь, дальтонизм, эпилепсия, монокулярное зрение и нарушения вестибулярного аппарата.	Заболевания сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, органов пищеварения, почек и мочевых путей, опорно-двигательного аппарата, нервной системы, зрения, слуха, дерматит.	Заболевания дыхательной, сердечно-сосудистой системы или нервной, аллергия на химические вещества.

Таблица 2-Установленные вредные и опасные производственные факторы

Транспортный участок	Строительно-монтажный участок
<ul style="list-style-type: none"> <li>• повышенная загазованности и запыленность воздуха рабочей зоны</li> <li>• недостаточная (повышенная) освещенность рабочей зоны (места)</li> <li>• повышенный уровень шума на рабочем месте</li> <li>• повышенная (пониженная) температура воздуха рабочей зоны</li> <li>• подвижные части производственного оборудования</li> <li>• повышенная (пониженная) влажность воздуха</li> <li>• токсические воздействия этилированного бензина, паров электролита.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• работы на высоте</li> <li>• движущиеся машины и механизмы</li> <li>• падающие с высоты предметы/части разрушающихся конструкций</li> <li>• повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны</li> <li>• повышенная (пониженная) температура поверхностей оборудования (материалов)</li> <li>• повышенная (пониженная) температура воздуха рабочей зоны</li> <li>• повышенный уровень шума на рабочем месте</li> <li>• повышенный уровень вибрации</li> <li>• повышенная (пониженная) влажность воздуха</li> <li>• недостаточная освещенность рабочей зоны</li> </ul>

Основными мерами для соблюдения контроля над безопасным производством работ является: осмотр участков и рабочих мест для проверки всех мер безопасности; установка путей и порядка движения транспорта и пешеходов, исключение, по возможности, перекрестных и встречных маршрутов; наличие мест безопасного нахождения рабочих в процессе выполнения технологических операций и на время их перерыва; проведение инструктажей с рабочими о безопасных методах производства работ и правилах использования СИЗ, указание способов и приемов работы; контроль над исполнением рабочими требований инструкций, технологических документов, предписаний, приказов, распоряжений по безопасному производству работ, использованию СИЗ. Методами современной деятельности по контролю за безопасным производством работ являются мобильные приложения («Охота на риски», «Я-Инспектор»), с помощью которых, каждый в пару кликов может сообщить в службу охраны труда, о тех ситуациях, где что-то может пойти не так, что поможет выявить и ликвидировать риски на производстве или довести их до допустимого уровня [2]. Так же Ростехнадзор запустил телеграмма бота предназначенного для проверки знаний в области промышленной безопасности. Бот @RTN\_TestBot, который был разработан и запущен для специалистов в сфере промышленной безопасности предприятий. При этом данные тесты будут полезны для широкого круга пользователей, стремящихся получить представление в этой области. [3].

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. СНиП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве».

2 Геймификацию в охрану труда [Электронный ресурс]. 2020. 2 сентября. // URL: <https://ohranatruda.ru/news/901/588791/> (дата обращения: 09.01.2021).

3 Телеграм-бот от Ростехнадзора [Электронный ресурс]. 2020. 18 сентября. // URL: <https://ohranatruda.ru/news/901/588924/> (дата обращения: 09.01.2021).

УДК 581.9 (571.6)

Онохова Валерия Викторовна, студентка; Abramenko Valeriya Viktorovna  
Кукушкин Игорь Анатольевич, кандидат географических наук, доцент;  
Kukushkin Igor Anatolyevith  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

**ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ФОРМ  
СКЛОНОВОГО РЕЛЬЕФА, КОТОРЫЕ ФОРМИРУЮТСЯ  
В НИЖНЕМ ПРИАМУРЬЕ, ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ  
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПОЖАРОВ**

**PROBLEMS OF STUDY AND RECLAMATION OF THE FORMS  
OF SLOPE RELIEF, WHICH ARE FORMED IN THE LOWER AMUR  
REGION, UNDER THE INFLUENCE OF ECONOMIC ACTIVITY  
AND FIRES**

**Аннотация.** Более половины земель в мире, возможно, перешагнули порог, угрожающий долгосрочному устойчивому развитию, сообщают исследователи. В данной статье рассмотрены проблемы изучения и рекультивации форм склонового рельефа, которые формируются в Нижнем Приамурье, под воздействием хозяйственной деятельности и пожаров. Отмечены основные особенности естественного процесса восстановления биоценозов и направления рекультивации участков естественных склонов и антропогенного рельефа.

**Abstract.** More than half of the world's land may have passed the threshold that threatens long-term sustainable development, researchers report. This article explores the problems of studying and reclamation of the forms of slope relief, which are formed in the Lower Amur region, under the influence of economic and fires. The main features of the natural process of biocenose recovery and the direction of reclamation of natural slopes and man-made terrain are noted.

**Ключевые слова:** долгосрочное устойчивое развитие, Нижнее Приамурье, антропогенный рельеф, восстановление биоценозов.

**Keywords:** long-term sustainable development, Lower Amur region, forms of slope relief, natural process of biocenose recovery.

Изучение проблем рекультивации антропогенных ландшафтов, возникающих в процессе добычи полезных ископаемых, актуально в связи с их широким распространением в Нижнем Приамурье, на территориях активной добычи олова, золота, меди, угля, строительных материалов и других полезных ископаемых. При этом формируются антропогенные формы рельефа: отвалы, хвостохранилища, карьеры, намывные аллювиальные отложения в долинах горных рек.

Пирогенное воздействие значительно расширяет площадь склоновых обнажений – антропогенных курумов, поверхность которых идентична

слагающему составу склонов техногенного генезиса. В данных бедлендах, дальнейшая эволюция определена литоморфологическим конфигуратором, т.е. последовательность формирования фитоценозов зависит от размерности обломочного материала и особенностей его склонового перемещения. При этом, важное значение имеют и другие геоэкологические факторы: угол наклона склона, его экспозиция, режим выпадения осадков в различные сезоны года, особенности воздействия экзогенных процессов и характер залегания обломочных и коренных пород.

Воздействие экзогенных процессов определяет интенсивность преобразования склона и возможность формирования биоценозов, для которых необходимо наличие устойчивой поверхности и питательной среды, содержащей воду, минеральные и органические соединения. Роль гипергенеза определена измельчением обломков горных пород и изменением минерального состава их поверхности, процесс денудации подразделяет поверхность склона на образующие его массы элювия, коллювия, делювия и пролювия, а аккумуляция, способствует накоплению рыхлой литогенной основы для развития растений.

Изучение склоновых обнажений, расположенных в пределах горно-таёжного высотного пояса, необходимо как в аспектах их рекультивации и возвращения в фонд земель пригодных для ведения охоты и рыболовства, использования фиторесурсов и развития туризма, так и для обеспечения безопасной жизнедеятельности местного и периодически прибывающего населения. Активные денудационные процессы на поверхности каменистых склонов вызывают опасные природные явления: обвалы и оползни, сели, сход солифлюкционных террас и т.д.

Наиболее ярким примером воздействия склоновых процессов на населённый пункт, с выносом в пределы жилых комплексов огромной массы искусственно созданных рыхлых отложений, стал сход водно-грязевого потока (селя) в пгт. Горный, 11-13 августа 2011г. Необычайно сильный ливень сформировал мощный плоскостной сток вод, который привёл в движение обломки горных пород, сброшенные в отвалы, а также значительную часть отходов процесса обогащения – «хвостов», сброшенных для временного хранения в хвостохранилище, расположенное на склоне выше посёлка. Движение селя привело к сбросу перенесённого им обломочного материала на главных улицах, частичному разрушению некоторых зданий и нанесению значительного материального и морального ущерба жителям.

Заинтересованность ведущих стран АТР – Китай, Республика Корея, Япония, в развитии железнодорожных магистралей АЧС России, ещё один фактор, определяющий необходимость изучения геоэкологических аспектов возникновения и динамики антропогенного склонового рельефа, так как на вновь осваиваемых территориях, с началом хозяйственной деятельности, неизбежно будут формироваться аналогичные преобразования облика склонов гор и речных долин.

Объектами нашего исследования были антропогенные формы рельефа в посёлках Солнечного района Хабаровского края: Горный, Джамку, Эанга -Мерек и природный объект – оз. Амут, который был переведён в статус «памятника природы», т.е. является охраняемой территорией. Основные исследования были проведены в окрестностях пгт. Горный, где площадь антропогенного рельефа, сформированного добычей полезных ископаемых наиболее обширна, а его формы наиболее разнообразны. В пгт. Джамку исследовался доломитовый карьер и пирогенные склоны, ст. Эанга – «Авангард» русловые отложения и склоны, оз. Амут – отвалы шахты и пирогенные каменистые склоны – курумы. Анализ собранной информации позволил сделать следующие выводы:

1. Отвалы горных пород, по структуре залегающего на поверхности обломочного материала, являются формой антропогенного рельефа наиболее неблагоприятной для рекультивации и последующего восстановления зонального облика биогеоценозов, так как в их составе значительно преобладают подвижные коллювиальные массы, а химическом составе поверхности обнажённых пород имеются элементы и соединения, которые, при значительном содержании, оказывают неблагоприятное воздействие на растения. В тёплое время года, поверхность склонов отвалов прогревается до температур значительно выше  $35 - 40^{\circ} \text{C}$ , что происходит одновременно с быстрым обезвоживанием их поверхности из-за стока и испарения атмосферной влаги, а в совокупности является определяющим фактором отсутствия фитоценозов.

2. В естественных условиях курумы возникают как результат длительного преобразования склонов воздействием денудации и обычно охватывают лишь их небольшую, часто линейную часть, что способствует возобновлению растительного покрова за счёт вегетационного размножения растений. В условиях антропогенного рельефа данный процесс не протекает или сильно замедлен, так как фитоценозы не имеют «опорных точек» вегетативного распространения данных фаций. Рекультивация данных склонов может проходить аналогично тому, как зарастают естественные курумы, имеющие значительную площадь поверхности, т.е. от синузий низших растений (накипные лишайники, кустистые лишайники, мхи) к высшим растениям (литофиты и ксерофитные осоки, разнотравье и кустарнички, кустарники и деревья). В результате данного направления фитоэволюции антропогенных склонов возникает почвогрунтовый покров позволяющий идентифицировать переход образующих фаций в последовательности типичной для рекультивации преобразованных склонов: производные (антропогенно изменённые), серийные фации, условнокоренные, мнимокоренные, коренные (в данном случае -зональные высотнопоясные), т.е. имеющие общий облик с естественными ландшафтами.

3. По типологии оценки преобразования горных территорий воздействием антропогенного фактора, геоэкологическая ситуация в исследованных нами территориях формирования антропогенного рельефа соответствует критерию средне нарушенных поверхностей склонов, водоразделов и речных долин. Индикаторами данного уровня антропогенных преобразований является сохранение естественной основы вмещающей среды, но непрерывное возрастание площади изменённых поверхностей, при наличии глубоких преобразований (карьеры, отвалы, хвостохранилища) и объектов постоянного использования (дорог, линий электропередач). В связи с этим, работы по рекультивации изменённых лесных территорий и поддержания их естественной устойчивости являются базовой опорой процесса восстановления каменистых склонов.

Разумеется, в данной статье раскрыты не все аспекты изменения геоэкологической обстановки в горных территориях Нижнего Приамурья, и мы предполагаем проведение дальнейших научных исследований и публикацию новых научных трудов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Кукушкин И.А. Об антропогенных воздействиях на природные ландшафты в районе Солнечного горно-обогатительного комбината // Вопросы географии и геоморфологии советского Дальнего Востока: Сб. науч. тр. – Владивосток: Изд-во Дальневосточного ун-та, 1991. – С. 82 - 87.

2 Мильков Ф.Н. Учение об антропогенных ландшафтах: вопросы теории, терминологии и преподавания в высшей школе // Вестник Воронежского Государственного университета, серия география и геоэкология, 2004, № 1. С. 19 – 23.

3 Плюснин В.М. Ландшафтный анализ горных территорий (на примере Прибайкалья). /Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора географических наук, Иркутск. Институт географии СО РАН, 2000. – 40 с.

4 Снытко В.А. Миграция микроэлементов в почвах и растительности в условиях южной тайги Средней Сибири // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока: Сб. науч. тр. - Иркутск: Изд-во Института географии Сибири и Дальнего Востока, АН СССР, 1964. – С. 48 – 53.

5 Снытко В.А. О пространственно-временных моделях природных режимов геосистем // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока: Сб. науч. тр. – Иркутск: Изд-во Института географии Сибири и Дальнего Востока, АН СССР, 1974. – С. 12 – 18.

УДК 504.75.05

Резниченко Елизавета Евгеньевна, студент;

Reznichenko Elizaveta Evgenievna

Ждакаева Мария Васильевна, старший преподаватель.

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

### ENVIRONMENTAL SAFETY OF A HAZARDOUS PRODUCTION FACILITY

**Аннотация.** Данная работа посвящена исследованию процесса работы по обеспечению экологической безопасности опасных объектов производства. Важные задачи - минимизация уровня аварийности на предприятии. Ее значимость обусловлена комплексным характером последствий возможных нарушений в этой области.

**Abstract.** This work is devoted to the study of the process of work to ensure the environmental safety of hazardous production facilities. Important tasks are to minimize the level of accidents at the enterprise. Its significance is due to the complex nature of the consequences of possible violations in this area.

**Ключевые слова:** окружающая среда, опасный производственный объект, промышленная безопасность, промышленные отходы.

**Keywords:** environment, hazardous production facility, industrial safety, industrial waste.

Опасный производственный объект (ОПО) – это объект (предприятие или учреждение), на котором проходит переработка, прием и транспортировка опасных веществ [1]. К таким объектам относятся: горючие, токсичные, легковоспламеняющиеся и ядовитые вещества.

В Российской Федерации классификация ОПО идет в зависимости от степени возможного причиненного вреда (рисунок 1). Это необходимо, чтобы избежать крупных производственных аварий, отравления окружающей среды, распространения вирусных инфекций среди населения [2].



Рисунок 1 – Классификация ОПО

В процессе производства на горнообогатительных и металлургических предприятиях образуется большое количество отработанного сырья (производстве отходы руд и горных пород называются хвостами), из кото-

рого извлечены основные элементы. Для их складирования около предприятия организуется строительство хвостохранилища (рисунок 2).

Появляются большие объемы отходов обогащения при добыче и переработке полезных ископаемых, хранение которых требует выделения значительных площадей, что приводит к изменению рельефа района размещения хранилища отходов.



Рисунок 2 – Хвостохранилище

Более 100 миллиардов тонн – общее количество перемещенной на планете горной массы. Важной проблемой является сохранение природной экосистемы от загрязнений промышленных технологий. Одно из решений – четкое регулирование природных ландшафтов в окрестностях хвостохранилищ.

Одна из самых острых проблем сейчас является утилизация и захоронение промышленных отходов. Так, для большого количества организаций сейчас трудна сортировка отходов: отсутствие механизмов сортировки, нехватка мест размещения контейнеров для разных видов отходов. Также самая высокая загрязненность воздуха в городах. От видов работающих заводов зависит химический состав примесей.

Промышленные отходы создают смеси с кислородом (при выбросе пара и газа) или аэрозоли (при выбросе жидких и твердых частиц). Бывают несколько видов аэрозолей: дым, пыль, туман.

Радиоактивная пыль, приводящая к значительному ухудшению состояния атмосферы — самая опасная форма выбросов. При производстве чугуна, горения каменного угля и цемента выделяется больше 150 млн тонн пыли в год.

Отходы, которые содержат техногенные радионуклиды, относятся к радиоактивным отходам, если сумма отношений удельных активностей (для газообразных отходов сумма отношений объемных активностей) техногенных радионуклидов в отходах к их предельным значениям.

В соответствии со Ст. 11 ФЗ № 116-ФЗ [1], эксплуатирующее опасные производственные объекты, должны проводить производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности.

Реализация производственного контроля на предприятии прилагается документально в Положении о производственном контроле (внутреннем документе предприятия, разработанный службой главного инженера предприятия, и утвержденный руководителем) [3].

Далее для организаций, которые зарегистрировали ОПО, обязательным является иметь в своем штате квалифицированный персонал, своевременно прошедший подготовку по промышленной и экологической безопасности.

В зависимости от сферы деятельности предприятия, сотрудники должны пройти:

1. Обучение и подготовку по экологической безопасности в соответствии со статьей 73 Закона № 7-ФЗ [4];
2. Обучение по обращению с отходами I–IV классов опасности в соответствии со статьей 15 Закона № 89-ФЗ [5];
3. Инструктажи.

В целях поддержания уровня квалификации и подтверждения знания требований промышленной безопасности, работники обязаны не реже одного раза в пять лет получать дополнительное профессиональное образование в области промышленной безопасности и проходить аттестацию в области промышленной безопасности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Федеральный закон № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения 21.03.2021);

2 Опасные производственные объекты [Электронный ресурс]// <https://ohranatryda.ru> (дата обращения 21.03.2021);

3 Правила организации и осуществления производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности [Электронный ресурс]: Пост. Правительства Р.Ф. от 18.12.2020 № 2168. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»;

4 Федерального закона от 10 января 2002 года №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (далее — №7-ФЗ) [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»;

5 Федерального закона от 24.06.1998 №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» (далее — №89-ФЗ) [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

УДК 678:613. 6.02

Сальникова Марина Владимировна, студент;

Salnikova Marina Vladimirovna

Младова Татьяна Александровна, кандидат технических наук, доцент;

Mladova Tatyana Aleksandrovna

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА И ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ПЕРСОНАЛА ЦЕХА РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

### **ANALYSIS OF WORKING CONDITIONS AND ASSESSMENT OF PROFESSIONAL RISKS OF THE PERSONNEL OF THE RUBBER PRODUCTS SHOP**

**Аннотация.** Данная работа посвящена анализу вредных и опасных производственных факторов и оценке профессиональных рисков на производственном участке по обработке резинотехнических изделий.

**Abstract.** This work is devoted to the analysis of harmful and dangerous production factors and the assessment of professional risks at the production site for the processing of rubber products.

**Ключевые слова:** профессиональный риск, оценка риска, условия труда.

**Keywords:** occupational risk, risk assessment, working conditions.

В работе рассматривался персонал на участке по обработке резинотехнических изделий. На данном участке работают 16 человек – операторы станков с ЧПУ. Анализ распределения персонала показал, что на участке работают все мужчины, наибольшее количество работников попадают в возрастную категорию 25 - 35 лет и имеют стаж 10 -15 лет.

На рабочие места исследуемой профессии действуют факторы: химический, шум, аэрозоли ПДФ, тяжесть трудового процесса. С учетом специфики технологического процесса на операторов станков с ЧПУ действуют вредные вещества: масла минеральные, вулканизационные раздражающие газы, резиновая смесь, ангидрид сернистый, олово диоксид, оксид углерода. По результатам анализа рабочие места данной профессии по химическому фактору относятся к вредному классу 3.3. Уровень шума от станков достигает 96 дБА, что соответствует классу условий труда 3.3. Класс условий труда по световой среде на рабочем месте – 3.2. При расчете полученная величина пылевой нагрузки (ПН) превышает контрольную в 3,1 раза, класс условий труда – в 3,2. По тяжести трудового процесса фактический уровень не соответствует гигиеническим нормативам по параметру неудобной рабочей позы, класс условий труда 3.1 [1]. Таким образом, условия труда оператора станков с ЧПУ являются вредными, итоговая оценка – класс 3.4. Для снижения воздействия вредных факторов необхо-

димо, в первую очередь, произвести оценку профессионального риска и предложить мероприятия по снижению классов тяжести условий труда.

В работе проведена оценка риска (Руководство 2.2.1766-03 «Об оценке профессиональных рисков»), в соответствии с которым работающие в классе условий труда 3.4 - высокий (непереносимый) риск, требуются меры по снижению риска [3]. Расчет профессионального риска у работника с уровнем шума 96 дБА и стажем работы 15 лет показал, что возможная потеря слуха I степени 37 %, II степени – 3 % [2]. Произведен расчет возможного сокращения жизни при воздействии данных химических веществ. У оператора станков с ЧПУ при работе в условиях воздействия химического фактора в классе 3.3 через каждые 5 лет продолжительность жизни предположительно будет сокращаться на 93 дня. Определена вероятность развития варикозного расширения вен. По времени пребывания в ортостатическом положении трудовую деятельность оператора с ЧПУ оценивают по категории III, так как в среднем в 65 % от смены они находятся в положении «стоя». Вероятность развития варикозного расширения вен составляет 25 - 34 % [2].

В работе предложены мероприятия по снижению воздействия вредных факторов. Для снижения воздействия неблагоприятных факторов шума рассмотрены средства индивидуальной защиты – против шумные вкладыши и против шумные наушники. Универсальные защитные очки с панорамным увеличенным защитным стеклом из оптически прозрачного материала, с твердым покрытием для защиты от истирания и царапин, являются надежной защитой глаз от попадания металлической пыли, стружки. Защитный крем оберегает кожу при попеременном воздействии производственных факторов и химических веществ. Он образует воздухопроницаемый защитный слой на коже, препятствует проникновению вредных веществ.

Мероприятия направленные на нормализацию параметров тяжести трудового процесса: гимнастика, дыхательные упражнения, гигиена.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Методика проведения специальной оценки условий труда, Классификатора вредных и (или) опасных производственных факторов, формы отчета о проведении специальной оценки условий труда и инструкции по ее заполнению: Приказом Минтруда России от 24.01.2014 № 33н.

2 Профессиональный риск. Справочник. Под редакцией Н. Ф. Измерова и Э. И. Денисова. – М.: Социздат, 2011. – 267 с.

3 Р 2.2.1766-03. Гигиена труда. Руководство по оценке профессионального риска для здоровья работников. Организационно–методические основы, принципы и критерии оценки / утв. главным государственным санитарным врачом РФ 24 июня 2003 г.

УДК 712.413

Шевченко Татьяна Викторовна, магистр; Schevchenko Tatiana Viktorovna  
Чудинова Наталья Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент;  
Chudinova Natalia Gennadievna  
Комсомольский-на-Амуре государственный университет

## **МЕХАНИЗМЫ АКТИВИЗАЦИИ ЗЕЛЕННОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В УПРАВЛЕНИИ СОЦИАЛЬНО- ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ТЕРРИТОРИИ**

### **MECHANISMS OF ACTIVATION OF GREEN IMPROVEMENT OF THE URBAN ENVIRONMENT IN THE MANAGEMENT OF SOCIO-ECONOMIC DEVELOPMENT OF THE TERRITORY**

**Аннотация.** В статье рассматривается механизм управления процессом озеленения как важной составляющей социально-экономического развития города. Дается анализ зеленого благоустройства города Комсомольска-на-Амуре.

**Abstract.** The article considers the mechanism of greening process management as an important component of the socio-economic development of the city. The analysis of the green improvement of the city of Komsomolsk-on-Amur is given.

**Ключевые слова:** благоустройство, городская среда, территория, зеленые насаждения.

**Keywords:** landscaping, urban environment, territory, green spaces.

Социально-экономическое развитие территории происходит по многим направлениям и преследует своей целью решение разноплановых задач в различных областях жизни общества, вот некоторые из них: повышение доходов населения, улучшение качества здравоохранения, питания, улучшение экологического каркаса, в конечном итоге, повышение качества жизни населения. А зеленое убранство города становится специфическим объектом управления развитием территории, являясь одной из главных социально-экономической составляющей развития, оказывающей благоприятное влияние, как на внешний вид города, так и на психологическое состояние проживающего населения.

Разработка механизма управления процессом озеленения выступает одним из важных условий устойчивого развития города. На рисунке 1 предложен вариант комплексного подхода к проблеме активизации зеленого благоустройства городской среды. Предлагаемая схема учитывает условия экономического развития территории и опирается на суждение что зеленые насаждения – это, не только природный ресурс, который поддерживает комфортные условия проживания в городской среде, но и экономический ресурс, повышающий привлекательность территории и способный при правильном подходе приносить доход в муниципальный бюджет. То

есть, это ресурс, требующий правильного управления и контроля на уровне администраций муниципалитетов за развитием и эксплуатацией озелененных территорий /1/.



Рисунок 1 - Комплексный подход к проблеме активизации зеленого благоустройства городской среды

Казалось бы, что вполне очевидной должна являться задача администраций, вкладываться в благоустройство территорий, в том числе озеленения, улучшая экологию городов и поселений и стремясь к рациональному использованию и воспроизводству «зеленого каркаса» территории.

В Комсомольске-на-Амуре на протяжении ряда лет проводятся вырубки насаждений, на месте зеленых островков появляются заасфальтированные автомобильные стоянки, растут торговые центры. Примером могут служить территории в центре города: сквер по пр. Мира у Центрального универмага и стадиона Авангард, сквер у швейной фабрики, зеленая зона на пересечении пр. Ленина и ул. Кирова и другие территории. У администрации, как правило не находится средств на проведение благоустройства. Под «благовидными» предложениями участки отдаются предпринимателям под различного вида застройку.

Скоро начнется строительство корпуса технического университета в яблоневом сквере, что предполагает вырубку цветущих деревьев, а это место полюбилось многим комсомольчанам. Здесь назначаются свидания, гуляют с колясками мамы, отдыхают в тени пожилые пары.

Но есть и положительные примеры. Комсомольск является участником федеральной программы по благоустройству общественных пространств и нужно отдать должное, что все же медленно, но скверы благоустраиваются. Вот и в этом году, как указывается в одном из новостных пабликов с

ссылкой на администрацию города, в Комсомольске-на-Амуре начнётся благоустройство ещё 19 общественных территорий, одна из которых – сквер у здания Росреестра на Молодогвардейской 19. Деньги на этот объект нашлись после проведения аукционов по всем территориям, попавшим в федеральную программу благоустройства общественных пространств – это сквер на Пирогова-Вокзальной, сквер на Магистральном шоссе №27/3, сквер у школы №29 на Амурстали, пешеходная зона в парке Судостроителей, сквер у Нарсуда.

Сейчас администрация озабочена проблемой поиска подрядчика, на благоустройство данного сквера. Контрактом предусматривается валка деревьев, корчёвка пней, погрузка и вывоз всего срубленного. Всё. Ничего высаживать по этому контракту не предполагается. Пока. Озеленение этой территории будет проведено, когда появятся средства.

Кроме того, как публикует «Komsagram», ссылаясь на пресс-службу администрации г. Комсомольска-на-Амуре, в грядущем году будет снесено 67 ветхих и аварийных деревьев. Все они были определены по результатам обследований комиссией, состоящей из специалистов отдела по охране окружающей среды и природных ресурсов управления дорожной деятельности и внешнего благоустройства.

В своей работе члены комиссии руководствуются постановлением главы города от 2002 года «О мерах по сохранению и развитию зеленого фонда», Правилами создания, содержания и охраны зеленого фонда Комсомольска-на-Амуре от 2002 года, а также Правилами благоустройства города от 2013 года.

Как правило, проблема зеленого благоустройства, возникает в уменьшении площади зеленого каркаса города, плохом состоянии имеющихся деревьев и кустарников, разбазаривании средств, выделяемых на озеленение. Все это приводит к существенным сбоям в управлении социально-экономическим развитием территории и снижению эффективности работ по озеленению.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Эколого-экономический механизм управления озеленением городов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://dislib.ru/ekonomika/4854-1-ekologo-ekonomicheskij-mehanizm-upravleniya-ozeleneniem-krupnih-gorodov.php>, Свободный, Загл. с экрана. Яз. Рус (дата обращения 17.03.2021).

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>СЕКЦИЯ МАШИНОСТРОЕНИЕ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>3</b>
<b>Абдулов М. М., Башков О. В.</b> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА СТАЛИ С ПОВЫШЕННЫМ МОДУЛЕМ УПРУГОСТИ КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	4
<b>Барановский К. А., Бахматов П. В.</b> ИЗГОТОВЛЕНИЕ АВТОМОТИЗИРОВАННОЙ ТЕЛЕЖКИ С ПОДЪЁМНОЙ ПЛАТФОРМОЙ.....	6
<b>Безнос Р. М., Бахматов П. В.</b> СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ РЕБРИСТЫХ ПАНЕЛЕЙ.....	8
<b>Бей Д. В., Духовников К. П., Шакирова О. Г.</b> УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ.....	10
<b>Брянский А. А., Башков О. В., Проценко А. Е., Малышева Д. П.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ НАКОПЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ В СТЕКЛОПЛАСТИКЕ ПРИ ИСПЫТАНИИ ИЗГИБОМ И РАСТЯЖЕНИЕМ.....	12
<b>Гаимназаров К. Г., Усмонов Ш. Н.</b> ВЫРАЩИВАНИЕ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО СЛОЯ ТВЕРДОГО РАСТВОРА (GaAs) <sub>1-x</sub> (ZnSe) <sub>x</sub> ИЗ ОЛОВЯННОГО РАСТВОРА-РАСПЛАВА.....	15
<b>Гарифова В. В., Проценко А. Н.</b> ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗОМЕРИЗАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ НОРМАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВЫХ СРЕД И КАТАЛИЗАТОРОВ.....	18
<b>Грень Д. Д., Сафронов И. С.</b> КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АМОРФНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ.....	21
<b>Григорян В. В., Сариллов М. Ю.</b> ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭЛОУ-АВТ-2 НА ОСНОВЕ ЗАМЕНЫ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОВ.....	22
<b>Демидов К. Д., Муравьев В. И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО НЕРАЗЪЁМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ СБОРКЕ ТИТАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ СВАРКОЙ ПЛАВЛЕНИЕМ.....	24
<b>Добривский Д. А., Соболев Б. М., Старцев Е. А.</b> СОЗДАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СВАРОЧНОГО ФЛЮСА НА ОСНОВЕ ТЕХНОГЕННЫХ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ПУТЕМ ИНДУКЦИОННОГО ПЕРЕПЛАВА.....	27

<b>Духовников К. П., Бей Д. В., Шакирова О. Г.</b> ПРОИЗВОДСТВО УГЛЕРОДНОГО ВОЛОКНА ИЗ НЕФТЯНОГО ПЕКА.....	29
<b>Дьяченко В. А., Сариллов М. Ю.</b> УВЕЛИЧЕНИЕ МЕЖРЕМОНТОВОГО ПРОБЕГА ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ УСТАНОВКИ ГИДРООЧИСТКИ.....	32
<b>Евсейчик О. А., Башков О. В.</b> ГИГАЦИКЛОВАЯ УСТАЛОСТЬ КАК ПРИЧИНА ПРЕЖДЕВРЕМЕННОГО ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ ОТВЕТСТВЕННЫХ АВИАЦИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ.....	34
<b>Егорычева Ю. А., Бурдакова Е. С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ СМЕСИ Н-ПЕНТАН-Н-ГЕКСАН В СРЕДЕ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКООКТАНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ.....	36
<b>Желевская Д. Д., Проценко А. Е.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА.....	39
<b>Зинченко Д. Д., Сариллов М. Ю.</b> ИЗОЛЯЦИЯ ТРУБ НЕФТЕПРОВОДОВ.....	41
<b>Зинченко Д. Д., Сариллов М. Ю.</b> СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНЫХ НЕФТЕПРОВОД ОТ КОРРОЗИИ...	43
<b>Идиатуллин Б. М., Салахов Р. Р.</b> АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННО-УПРАВЛЯЕМОГО ТЕРМОСТАТА СОВМЕСТНО С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЖИДКОСТНЫМ НАСОСОМ В СИСТЕМЕ ОХЛАЖДЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ.....	45
<b>Карпенко В. А., Щелкунов Е. Б.</b> МЯГКОЕ ЗАХВАТНОЕ УСТРОЙСТВО.....	48
<b>Карпенко В. А., Щелкунов Е. Б.</b> ТРОСОВЫЙ РОБОТ ДЛЯ МАНИПУЛИРОВАНИЯ ХРУПКИМИ И НЕЖЕСТКИМИ ОБЪЕКТАМИ.....	50
<b>Карпенко В. А., Щелкунов Е. Б.</b> ФОРМА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАБОЧИХ ЭЛЕМЕНТОВ МЯГКОГО ЗАХВАТНОГО УСТРОЙСТВА.....	52
<b>Кильдишева В. А., Андреев А. А., Щипцов Р. А., Хайрушев И. В., Сергеева Б. В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ НЕОРГАНИЧЕСКИХ НАНОВОЛОКОН С ОСАЖДЕННЫМИ МИКРОЧАСТИЦАМИ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ В СВЧ ДИАПАЗОНЕ.....	55
<b>Киричек А. В., Соловьев Д. Л., Федонина С. О.</b> ВОЛНОВОЕ ДЕФОРМАЦИОННОЕ УПРОЧНЕНИЕ КАК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД УПРОЧНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	58
<b>Козека А. А., Проценко А. Н.</b> ПОЛУЧЕНИЕ КООРДИНАЦИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ МЕДИ(II) С ПРОИЗВОДНЫМ 1,2,4-ТРИАЗОЛА.....	60
<b>Козлов Д. А., Сариллов М. Ю.</b> УВЕЛИЧЕНИЕ ГЛУБИНЫ ОТБОРА ФРАКЦИЙ НА УСТАНОВКЕ ЭЛОУ АВТ-3 ЗА СЧЁТ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА КОНТАКТНЫХ УСТРОЙСТВ.....	63

<b>Комарова К. К., Бахматов П. В.</b> ОТРАБОТКА РЕЖИМОВ АВТОМАТИЧЕСКОЙ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ С ИМПУЛЬСНОЙ ПОДАЧЕЙ ПРИСАДОЧНОГО МАТЕРИАЛА.....	65
<b>Конonenко Р. С., Сариллов М. Ю.</b> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ.....	68
<b>Коробко В. В., Пронин А. И.</b> РАЗРАБОТКА ОСНАСТКИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ И ГЕРМЕТИЧНОСТЬ ТРУБОПРОВОДОВ.....	70
<b>Короткий М. М., Бахматов П. В.</b> ВЛИЯНИЕ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКИ СПЛАВА MANAURITE 900 НА ОБРАЗОВАНИЕ ХОЛОДНЫХ ТРЕЩИН.....	73
<b>Косачев К. Д., Козлита А. Н.</b> УНИВЕРСАЛЬНАЯ ТАКЕЛАЖНАЯ ОСНАСТКА ДЛЯ МОНТАЖА И ДЕМОНТАЖА КРУПНОГАБАРИТНЫХ АППАРАТОВ.....	75
<b>Кравец Д. А., Бахматов П. В.</b> РАЗРАБОТКА ВРАЩАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СВАРКИ КРИВОЛИНЕЙНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ.....	78
<b>Кравцова И. О., Янбекова А. К., Вахрушев Н. Е., Михаленко И. И.</b> УДАЛЕНИЕ ИЗ ВОДНОЙ СРЕДЫ МОДЕЛЬНЫХ ПОЛЛЮТАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЮМОЦИРКОНИЕВЫХ СОРБЕНТОВ.....	81
<b>Красиков Н. А., Щелкунов Е. Б.</b> РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ РАЗЛИЧНЫХ КОМПОНОВОК.....	84
<b>Курильченко М. С., Сариллов М. Ю.</b> РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИЗАТОРОВ ГИДРООЧИСТКИ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА.....	87
<b>Курильченко М. С., Сариллов М. Ю.</b> РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ БЛОКА ГИДРООЧИСТКИ.....	89
<b>Кхун Хан Хту Аунг, Аунг Нгве Тэйи, Башков О. В., Гадоев Г. А.</b> ИДЕНТИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛА В УСТЬЕ УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ, РАЗВИВАЮЩЕЙСЯ В СТРУКТУРЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1163.....	92
<b>Лапашиннов А. А., Бахматов П. В., Старцев Е. А.</b> ВЛИЯНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СВАРОЧНОГО ФЛЮСА НА ПОВЕРХНОСТЬ СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ.....	95
<b>Лыгин Е. В., Пронин А. И.</b> АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ СВЯЗАННЫХ С ИХ ВНЕДРЕНИЕМ В ПРОИЗВОДСТВО ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ В РОССИИ.....	97
<b>Лысенков Д. И., Сариллов М. Ю.</b> АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ВАКУУМСОЗДАЮЩИХ СИСТЕМ В КОЛОННАХ РЕКТИФИКАЦИИ МАЗУТА.....	100

<b>Люхо И. А., Шакирова О. Г.</b> КОМПЛЕКС ПРИСАДОК ДЛЯ МОДИФИКАЦИИ ПОКРЫТИЙ.....	103
<b>Мельник Д. К., Сарилов М. Ю.</b> ОБОРОТНОЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ НА УСТАНОВКЕ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ.....	106
<b>Мельник Д. К., Сарилов М. Ю.</b> УМЕНЬШЕНИЕ КОКСООБРАЗОВАНИЯ В КОЛОННЕ ПРЕДФРАКЦИОНИРОВАНИЯ.....	108
<b>Михайлов С. О., Истомина М. С., Шакирова О. Г.</b> ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ.....	110
<b>Мойсеев С. С., Хабибов М. М., Бахматов П. В.</b> ПОЛУЧЕНИЕ ЗАГОТОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. ДУГОВАЯ НАПЛАВКА.....	112
<b>Морквин Н. А., Сарилов М. Ю.</b> ПРОЕКТ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ НАЛИВА ВАГОН-ЦИСТЕРН ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ БЕЗВОЗВРАТНЫХ ПОТЕРЬ.....	115
<b>Морквин Н. А., Шишкин Б. В.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПОР КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ В ПРОГРАММЕ «PASSAT».....	117
<b>Морозкова И. А., Кутакова Н. А., Третьяков С. И.</b> АНАЛИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И САХАРОВ В ПЛОДАХ БОЯРЫШНИКА.....	119
<b>Неплюева А. А., Сафронов И. С.</b> МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АМОРФНО- НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО СПЛАВА, ПОДВЕРГНУТОГО ОБРАБОТКЕ ЛАЗЕРНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ.....	121
<b>Никитченко Д. Д., Сарилов М. Ю.</b> ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В КОЖУХОТРУБЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ.....	124
<b>Ошоров А. Д., Ушаков И. В.</b> МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МНОГОСЛОЙНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПЛЕНКА-ПОЛИМЕР АРМИРОВАННЫЙ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОТРУБКАМИ.....	126
<b>Парфенова М. Д., Воробьева В. П., Луцык В. И.</b> ВЕРИФИКАЦИЯ И ВАЛИДАЦИЯ ДАННЫХ ПО СИСТЕМЕ Ag-Cu-Ni....	128
<b>Попова А. А., Шубин И. Н., Мишуков Е. Д., Скрипкин Ю. В.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА.....	130
<b>Пронина А. В., Отряскина Т. А., Сарилов М. Ю.</b> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ЗА СЧЕТ ПОДБОРА ОПТИМАЛЬНОГО УЗЛА УПЛОТНЕНИЯ...	133
<b>Редько. К. В., Сарилов. М. Ю.</b> БЛОК. НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ. ИЗОМЕРИЗАЦИИ. УСТАНОВКИ. КАТАЛИТИЧЕСКОГО. РИФОРМИНГА. НА. ПРОЦЕССЕ. “ИЗОМАЛК-2.”....	135

<b>Резвин Р. А., Бахматов П. В., Плетнев Н. О.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО ПРИБОРА.....	137
<b>Решетник У. Е., Сарилов М. Ю.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ АЛЮМИНИЕВЫХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ.....	140
<b>Решетник У. Е., Сарилов А. М.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫХ СТАНКОВ В КИТАЕ.....	141
<b>Рубан К. Е., Бахматов П. В.</b> ВЛИЯНИЕ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ НАПЛАВКИ НА ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СВАРНОЙ ТОЧКИ НА ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА.....	143
<b>Рубан К. Е., Бахматов П. В.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СВАРНЫХ СТЫКОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СПЛАВА АМГ6, АМГ2.....	146
<b>Саломатина А. И., Новикова А. А.</b> ПОВЫШЕНИЕ ФОТОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ЗА СЧЕТ СМЕЩЕНИЯ ЗАПРЕЩЕННОЙ ЗОНЫ.....	150
<b>Саломатина А. И., Новикова А. А.</b> СИНТЕЗ ГИБРИДНОГО НАНОМАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ОКСИДА МЕДИ (II).....	152
<b>Симоненко А. С., Проценко А. Е.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ УТИЛИЗАЦИИ ФЕНОПЛАСТОВ...	155
<b>Смирнов А. С., Смольников Б. А.</b> МАЛЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВУХЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА С ПРОИЗВОЛЬНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ.....	157
<b>Сорокин В. С., Отряскина Т. А.</b> УВЕЛИЧЕНИЕ МЕЖРЕМОНТНОГО ПРОБЕГА И ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УРОВНЯ ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА.....	160
<b>Стакалюк Е. Ю., Соловьев Н. Е., Шакирова О. Г.</b> ПРИМЕНЕНИЕ КОНДЕНСАЦИОННОЙ ГАЗОУРАВНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ООО «РН-КОМСОМОЛЬСКИЙ НПЗ».....	162
<b>Струк В. Л., Сарилов М. Ю.</b> УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛОТЫ УХОДЯЩИХ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПЕЧИ П-3 НА УСТАНОВКЕ КАТАЛИТИЧЕСКОГО РИФОРМИНГА.....	165
<b>Тактарова А. Н., Сарилов М. Ю.</b> СОКРАЩЕНИЕ БЕЗВОЗВРАТНЫХ ПОТЕРЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ИСПАРЕНИИ В РЕЗЕРВУАРНОМ ПАРКЕ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ЗАВОДА.....	167
<b>Телятникова Ю. В., Проценко А. Е.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ ПОЛИАМИДА В ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЯХ.....	170

<b>Торопов Р. А., Клешнина О. Н.</b> ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕЛЕЖКИ СВАРОЧНОГО АППАРАТА.....	171
<b>Тютрин М. Н., Сарилов М. Ю.</b> СНИЖЕНИЕ РАСХОДА ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДОМАЗУТНОЙ ЭМУЛЬСИИ В КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВКАХ.....	174
<b>Ушаков А. И., Сафронов И. С.</b> ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ АМОРФНЫХ И АМОРФНО-НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ СПЛАВОВ.....	177
<b>Филимонова К. А., Проценко А. Е.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ НАБУХАНИЯ ЭТИЛЕН-ПРОПИЛЕНОВЫХ КАУЧУКОВ.....	179
<b>Хафизов И. Р., Салахов Р. Р., Хисматуллин Р. М., Баичев А. Л.</b> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОМПЫ ДВС.....	181
<b>Хисматуллин Р. М., Салахов Р. Р., Ермаков А. М.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНОГО МАСЛА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СМАЗОЧНОГО СЛОЯ ПОДШИПНИКОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА В 1D МОДЕЛИ.....	183
<b>Худова А. А., Халиулин В. И.</b> РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СКЛАДЧАТОГО ЗВУКОПОГЛОТИТЕЛЯ ДЛЯ МОТОГОНДОЛЫ.....	186
<b>СЕКЦИЯ АВИАЦИОННАЯ И МОРСКАЯ ТЕХНИКА.....</b>	189
<b>Андреева О. Н., Смирнов А. В.</b> ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ.....	190
<b>Ань Цзюньли, Бобков А. В.</b> АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ УБОРКИ-ВЫПУСКА ШАССИ САМОЛЁТА.....	192
<b>Балашов С. А., Жук А. И.</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СИЛЫ РЕАКЦИИ АВАРИЙНОГО УСТРОЙСТВА ТОРМОЖЕНИЯ ВС ОТ ДЛИНЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ...	194
<b>Белов А. К., Гунькова О. В.</b> СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЫНКА НЕФТЕПРОДУКТОВ В РОССИИ.....	197
<b>Белугин О. В., Гунькова О. В.</b> СИСТЕМА ТРАНСПОРТИРОВКИ ТЕХНИКИ КОМПАНИИ KOMATSU.....	199
<b>Беляев Д. В., Каменских И. В.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ДОСТАВКИ ШИН ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	202

<b>Бугаев М. И., Шаломов В. И.</b> ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА СПОСОБА МОДЕРНИЗАЦИИ ТУРБИНЫ Т-100-130 ХАБАРОВСКОЙ ТЭЦ-1.....	204
<b>Будаев Д. И., Шаломов В. И.</b> ВЫБОР СПОСОБА ОХЛАЖДЕНИЯ КОНДЕНСАТОРА ПАРОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ ТЭС В УСЛОВИЯХ ДАЛЬНОГО ВОСТОКА.....	207
<b>Бурменский А. Д., Гордин С. А.</b> ОБОБЩЕННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНТЕЙНЕРОВОЗОВ АКТИВНОГО ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ.....	210
<b>Волков В. А., Бурменский А. Д.</b> АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ УНИВЕРСАЛЬНОГО СУХОГРУЗНОГО СУДНА «VESHTVORG».....	214
<b>Гончаров А. С., Бурменский А. Д.</b> АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ КОНТЕЙНЕРОВОЗА «FESCO ASKOLD».....	216
<b>Гордин С. А., Попов А. Ю.</b> О ПРИМЕНЕНИИ МЕТОДОВ СОПРЯЖЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ ДЛЯ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ГОРЕНИЯ.....	219
<b>Гребенкина П. А., Каменских И. В.</b> АРХИТЕКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ТАНКЕРА-ХИМОВОЗА ПРОЕКТА С72.....	222
<b>Гребенькова К. А., Смирнов А. В.</b> ОСОБЕННОСТИ ВОДОПОДГОТОВКИ НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ.....	224
<b>Григорьев В. В., Муравьев В. И., Бахматов П. В.</b> ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОМ ИСКЛЮЧЕНИЯ ПОР В МЕТАЛЛЕ ШВА НА СВОЙСТВА НЕРАЗЪЕМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИТАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	226
<b>Грязнова Н. Н., Журбина И. Н.</b> АНАЛИЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ СУДОВ ЛЕДОВОГО ПЛАВАНИЯ...	229
<b>Даманский Д. В., Бурменский А. Д.</b> ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СУДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В КОМПАС-3D.....	232
<b>Дыкер Д. К., Хвостиков А. С.</b> РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО НАСОСА В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ ТЕПЛОФИКАЦИИ ТЭЦ.....	235
<b>Ефременко К. Д., Жигалкин К. А.</b> ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИИ ДЕТАЛИ С ЦЕЛЬЮ ОБЛЕГЧЕНИЯ МАССЫ В SIEMENS NX.....	238
<b>Жень Дундун, Бобков А. В.</b> ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНДИКАЦИИ САМОЛЕТА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИКИ ОТКАЗОВ.....	241

<b>Загородний А. Е., Бобков А. В.</b> СТАРТОВАЯ КАПСУЛА ДЛЯ ЗАПУСКА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ИЗ ТРАНСПОРТНО-ПУСКОВОГО КОНТЕЙНЕРА.....	244
<b>Кирилин В. Д., Марьин С. Б.</b> ПРИМЕНЕНИЕ КРЫЛЬЧАТОГО РОТОРА НА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ.....	246
<b>Королькова Е. В., Шарафутдинов Р. Р., Александров Ю. Б.</b> ЗАКРУЧЕННЫЕ ПОТОКИ В КАМЕРАХ СТОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	248
<b>Котышов М. А., Журбина И. Н.</b> АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНТЕЙНЕРОВОЗА «HANSA CASTELLA».....	251
<b>Кочкин Р. А., Кузнецов А. К., Потянихин Д. А.</b> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗВАЛЬЦОВКИ ТРУБЧАТОЙ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ НИППЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ.....	253
<b>Кривенко М. Ю., Бобков А. В.</b> РАСЧЁТ ВНЕШНЕЙ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА НА СОЛНЕЧНОЙ СТОРОНЕ ОРБИТЫ.....	256
<b>Крылов П. В., Журбина И. Н.</b> ТРАНСПОРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ УГОЛЬНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЭЛЬГИНСКОЕ.....	258
<b>Лынный А. А., Хвостиков А. С.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ГАЗОСТАТИЧЕСКИХ ПОДШИПНИКОВ В ВЫСОКОСКОРОСНЫХ ТУРБОГЕНЕРАТОРАХ.....	260
<b>Лю Бинь, Куриный В. В.</b> НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДВУХСРЕДНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АППАРАТОВ.....	263
<b>Лю Бинь, Лозовский И. В., Куриный В. В.</b> ГРУЗОВОЙ БПЛА С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВЗЛЕТОМ И ПОСАДКОЙ.....	265
<b>Лю Бинь, Куриный В. В.</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЛАМЕНТОВ ДЛЯ 3D ПЕЧАТИ ПЛАНЕРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	266
<b>Ма Юйбинь, Бобков А. В.</b> МОДИФИКАЦИЯ СОСТАВА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ.....	269
<b>Маратканов И. П., Бобков А. В.</b> ПРОБЛЕМА ЭМИССИИ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В АВИАЦИИ.....	271
<b>Мартынов С. И., Кичатов В. В., Прокопец С. С., Терехин А. А.</b> ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АТМОСФЕРЫ МАРСА НА РАСЧЕТ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СПУСКАЕМОГО АППАРАТА.....	274
<b>Мин Ко Ко</b> АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ МОРСКОГО ПОРТА «КЪЯУКФЬЮ» И ПРОЕКТА «ГЛУБОКОВОДНЫЙ ПОРТ КЪЯУКФЬЮ» В РЕСПУБЛИКЕ СОЮЗ МЬЯНМЫ.....	277

<b>Миронов В. В., Гусева Р. И.</b> ОСОБЕННОСТИ ПРОКЛАДКИ ЭЛЕКТРО-ЖГУТОВ В ФЮЗЕЛЯЖЕ ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЁТА.....	280
<b>Мозоляк А. И., Гусева Р. И.</b> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СБОРКИ ОТСЕКА ФЮЗЕЛЯЖА ПАССАЖИРСКОГО САМОЛЁТА.....	283
<b>Молчанов И. В., Гусева Р. И.</b> ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ СТЫКОВОЧНОГО СТЕНДА ХВОСТОВОЙ ЧАСТИ ФЮЗЕЛЯЖА САМОЛЁТА-ИСТРЕБИТЕЛЯ.....	286
<b>Мясников А. А., Попов А. Ю.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОМАГИСТРАЛИ Г. ХАБАРОВСКА В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ ZULUGIS.....	289
<b>Нежинская О. А., Каменских И. В.</b> АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ РЕЧНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В ХАБАРОВСКОМ КРАЕ.....	291
<b>Новоселов А. М., Гуменюк Н. С.</b> ОПИСАНИЕ ПРОЕКТНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ТАНКЕРА ХИМОВОЗА «HARBOUR PROGRESS».....	296
<b>Пак Т. И., Александрова Д. Н., Бурменский А. Д.</b> МЕТОДОЛОГИЯ СОВМЕСТНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАКЕТОВ AUTOCAD И MATHCAD ДЛЯ РАСЧЕТОВ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДНА.....	298
<b>Петренко П. В., Каменских И. В.</b> ТЕХНОЛОГИЯ ДОСТАВКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	301
<b>Пиголицына Э. А., Малыхин А. А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЗДЕАЭРАТОРНЫХ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ С ТУРБОУСТАНОВКАМИ Т-255/305-23,5.....	303
<b>Пидорич Д. К., Бобков А. В.</b> ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ СВЯЗИ.....	306
<b>Прохоров Д. А., Котов В. С., Лapidус А. Я.</b> ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА КОРАБЕЛЬНЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИЯМИ.....	309
<b>Пухов А. А., Шаломов В. И.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ЭНЕРГОБЛОКА НА БАЗЕ ТУРБИНЫ Т-180/210-130 С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ.....	312
<b>Сандалов И. В., Смирнов А. В.</b> ХАРАКТЕРИСТИКИ СПИРТОВЫХ ТОПЛИВ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	315
<b>Саухин Л. А., Хуснутдинов А. Л., Александров Ю. Б.</b> ВПРЫСК ВОДЫ В ТРАКТ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	318

<b>Сиденко К. А., Егоров А. Г.</b> ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ПУЛЬСИРУЮЩЕГО ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ С ТЕПЛОПОДВОДОМ В КАМЕРУ СГОРАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЛНОВОГО МЕХАНИЗМА.....	321
<b>Соломко Е. В., Гунькова О. В.</b> ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ УНИКАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ГОРОД АМУРСК.....	326
<b>Стадник А. С., Бурменский А. Д.</b> АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНОГО ТИПА СРЕДНЕТОННАЖНОГО ТАНКЕРА-БУНКЕРОВЩИКА.....	328
<b>Тарасов Н. Е., Бобков А. В.</b> АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ СТАРТА БАЛЛИСТИЧЕСКОЙ РАКЕТЫ С АЭРОМОБИЛЬНОЙ ПУСКОВОЙ УСТАНОВКИ.....	330
<b>Титов Е. А., Смирнов А. В.</b> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДПУСКОВЫХ ПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	333
<b>Удовиченко К. С., Попов А. Ю.</b> СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ПУТЁМ СЖИГАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ТОПЛИВА В ОБОГАЩЁННОЙ КИСЛОРОДОМ СМЕСИ.....	336
<b>Хмелев А. А., Малыхин А. А.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЭС С СОКРАЩЕНИЕМ ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА В АТМОСФЕРУ.....	338
<b>Цивенко К. А., Кириакиди С. К.</b> ЩЕЛЕВОЙ ЗАКРЫЛОК СО СДВИЖНОЙ ПАНЕЛЬЮ САМОЛЕТА КОРОТКОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ.....	341
<b>Цыганкова Н. И., Бурменский А. Д.</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ГРУЗОВОГО ПЛАНА КОНТЕЙНЕРОВОЗА.....	343
<b>Чепурнов П. А., Хвостиков А. С.</b> ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОСЕРВИСА ПО РЕМОНТУ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ.....	346
<b>Шамшура Ю. Д., Гунькова О. В.</b> ОСОБЕННОСТИ КОНТЕЙНЕРНОГО РЫНКА В 2020 ГОДУ.....	349
<b>Шарафутдинов Р. Р., Королькова Е. В., Александров Ю. Б.</b> ОБЗОР РАБОТ В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИФФУЗОРОВ КАМЕР СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	351
<b>Якушев О. П., Бобков А. В.</b> СТЕНД ВИЗУАЛИЗАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ В МАЛОРАЗМЕРНЫХ КОЛЁСАХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ.....	354

<b>СЕКЦИЯ КАДАСТРЫ И ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.....</b>	<b>357</b>
<b>Абдрахманова Д. М., Ждакаева М. В.</b> ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ УТИЛИЗАЦИИ ОПАСНЫХ ОТХОДОВ НЕНАДЛЕЖАЩИМ ОБРАЗОМ.....	358
<b>Абрамова П. И., Коротеева Л. И.</b> ТЕХНОЛОГИЯ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ ПО ИСПРАВЛЕНИЮ РЕЕСТРОВЫХ ОШИБОК ПРИ ОФОРМЛЕНИИ МЕЖЕВОГО ПЛАНА.....	361
<b>Верниковский М. А., Никифорова О. И., Попов Г. В.</b> АВТОМАТИЗАЦИЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ В ЗАМКНУТОМ ТЕОДОЛИТНОМ ХОДЕ.....	364
<b>Воложанин С. Н., Младова Т. А.</b> ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ПРОХОДЧИКА.....	367
<b>Загородников С. В., Кукушкин И. А.</b> ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НИЖНЕМ ПРИАМУРЬЕ МЕСТНЫХ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	369
<b>Коробкова Ю. А., Кукушкин И. А.</b> ОЦЕНКА УГРОЗЫ ИНВАЗИИ ПАРАГОНИМОЗА В НИЖНЕМ ПРИАМУРЬЕ В УСЛОВИЯХ ПОТЕПЛЕНИЯ КЛИМАТА.....	372
<b>Коробкова Ю. А., Ждакаева М. В.</b> ПРОТИВОАВАРИЙНАЯ ПОДГОТОВКА ПЕРСОНАЛА АММИАЧНО-ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ.....	375
<b>Кулигина Е. А., Шматков Р. Н.</b> ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ В НОВОСИБИРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	378
<b>Куликова А. Н., Ждакаева М. В.</b> КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПЕРСОНАЛА ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВ ЭФФЕКТИВНЫМИ СРЕДСТВАМИ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ (СИЗ).....	381
<b>Курьс А. О., Ждакаева М. В.</b> СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ.....	385
<b>Неведомский А. Д., Муллер Н. В.</b> КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА НА ПРИМЕРЕ ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ...	387
<b>Неведомский А. Д., Муллер Н. В.</b> ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ НА НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЯХ.....	390
<b>Онохова В. В., Ждакаева М. В.</b> ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ КОНТРОЛЯ ЗА БЕЗОПАСНЫМ ПРОИЗВОДСТВОМ РАБОТ.....	393
<b>Онохова В. В., Кукушкин И. А.</b> ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И РЕКУЛЬТИВАЦИИ ФОРМ СКЛОНОВОГО РЕЛЬЕФА, КОТОРЫЕ ФОРМИРУЮТСЯ В НИЖНЕМ ПРИАМУРЬЕ, ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПОЖАРОВ.....	396

<b>Резниченко Е. Е., Ждакаева М. В.</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА.....	400
<b>Сальникова М. В., Младова Т. А.</b> АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА И ОЦЕНКА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ПЕРСОНАЛА ЦЕХА РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ.....	403
<b>Шевченко Т. В., Чудинова Н. Г.</b> МЕХАНИЗМЫ АКТИВИЗАЦИИ ЗЕЛЕННОГО БЛАГОУСТРОЙСТВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ В УПРАВЛЕНИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ РАЗВИТИЕМ ТЕРРИТОРИИ.....	405

*Научное издание*

**МОЛОДЕЖЬ И НАУКА:  
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ  
И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Часть 1

Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции  
студентов, аспирантов и молодых ученых  
Комсомольск-на-Амуре, 12-16 апреля 2021 г.

Ответственный редактор Э. А. Дмитриев

Статьи публикуются в авторской редакции

Подписано в печать 02.06.2021.  
Формат 60×84 1/16. Бумага 65 г/м<sup>2</sup>. Ризограф RISO EZ 570E.  
Усл. печ. л. 24,43. Уч.-изд. л. 24,00. Тираж 21 экз. Заказ 30342.

Полиграфическая лаборатория  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»  
681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27.