



Всероссийская
научно-практическая
конференция

НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

СБОРНИК
МАТЕРИАЛОВ



Иваново 2024

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИВАНОВСКАЯ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ
МИНИСТЕРСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ»**

НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XVI ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ИВАНОВО, 17 АПРЕЛЯ 2025 г.**

MACHINES AND MECHANISMS RELIABILITY AND DURABILITY

**COLLECTION OF MATERIALS OF THE XVIth ALL-RUSSIA
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE IVANOV, APRIL 17, 2025**

УДК 621+614.842
ББК 30
Н 17

Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов
Н 17 XVI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 17 апреля
2025 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС
МЧС России, 2025. – 480 с. – ISBN 978-5-907492-79-0

В сборнике опубликованы материалы выступлений и статьи участников конференции, отражающие результаты научных исследований по направлениям: повышение надежности и долговечности деталей, механизмов, агрегатов, машин; актуальные проблемы расчета и конструирования машин и механизмов; моделирование, управление, автоматизация проектирования механических систем; проблемы износа в машинах и механизмах; педагогика и методология общей и специальной подготовки пожарных и спасателей.

Материалы сборника конференции предназначены для широкого круга научных и инженерно-технических работников, адъюнктов, аспирантов, курсантов и студентов, занимающихся вопросами повышения надежности и долговечности машин и механизмов, и могут быть использованы для совершенствования практической, научной и педагогической деятельности.

The collection contains materials of speeches and articles by conference participants reflecting the results of scientific research in the following areas: improving the reliability and durability of parts, mechanisms, aggregates, machines; current problems of calculating and designing machines and mechanisms; modeling, control, automation of mechanical system design; problems of wear in machines and mechanisms; pedagogy and methodology of general and special training of firefighters and rescuers.

The materials of the conference collection are intended for a wide range of scientific and engineering-technical workers, adjuncts, graduate students, cadets and students involved in improving the reliability and durability of machines and mechanisms, and can be used to improve practical, scientific and educational activities.

УДК 621+614.842
ББК 30

ISBN 978-5-907492-79-0

© Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России, 2025

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ, МЕХАНИЗМОВ, АГРЕГАТОВ, МАШИН

УДК 629.1.04

В.А. Альбах

ТСХК им И.С. Ефанова

УНИВЕРСАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВПРЫСКА ТОПЛИВА FOXINJ 1.3

Аннотация: В статье рассказано развитие системы универсального впрыска топлива, которая разрабатывалась в связи с проблемами карбюраторных двигателей, а так же предложено дальнейшее развитие по данному направлению.

Ключевые слова: карбюратор, система впрыска, топливо, двигатель, система впрыска.

V.A. Albakh

FOXINJ 1.3 UNIVERSAL FUEL INJECTION SYSTEM

Abstract: The article describes the development of the universal fuel injection system, which was developed in connection with the problems of carburetor engines, as well as further development in this area is proposed.

Keywords: carburetor, injection system, fuel, engine, injection system.

Разработанная система электронного впрыска на базе платы Ардуино, под управлением процессора ATMEGA 328P получила новые возможности использования, а также алгоритм работы для повышения надежности.

Система электронного впрыска, разработанная в 2020 г, получила продолжение и изменения в работы, в 2023 году появилась версия V1.2, а в 2024 году ей на смену должна была встать версия V2 в которой были следующие изменения:

- возможность работы с CDI зажиганием по средствам снятия сигнала с датчика коленчатого вала путем преобразования аналогового сигнала в цифровой с помощью АЦП (рис. 1).
- новый разъём питания
- чтение логических датчиков холла

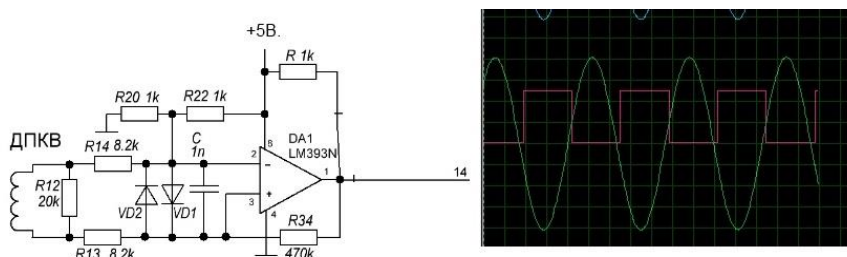


Рис. 1. АЦП

Испытания, проведенные весной 2024 года, выявили ряд недостатков:

- некорректная работы АЦП связанная с некачественными деталями на рынке
- большой размер платы для применения в мостостроение.

Исходя из вышеперечисленного, был сделан вывод, что производство платы V2 не является удачным, необходимо другое решение, которое было принято в сторону доработки версии V1.

Плата V1.3 (рис. 2) была изготовлена в мае 2024 года, получив меньший размер в отличие от V1.2 и V2.

На основе версии V1.2 плата V1.3 дополнилась следующими изменениями:

- иная логика получения сигнала от катушки зажигания;
- оптическая развязка силовых транзисторов форсунок;
- возможность работы с логическими датчиками холла;
- отказ от датчика температуры;
- изменения питания;
- выпуск в размерах FAT и MINI;
- герметичный корпус.

Отличие получения сигнала с катушки заключается в следующем, если на первых версиях использовался 12V момент зарядки, то сейчас используется пик зарождения искры свыше 24V (рис. 3), данное решение позволило снимать сигнал с катушек зажигания, работающих в системах CDI.

В новом варианте используется оптическая развязка с ограничением через стабилитрон с отсеечения низковольтных помех (рис. 4).

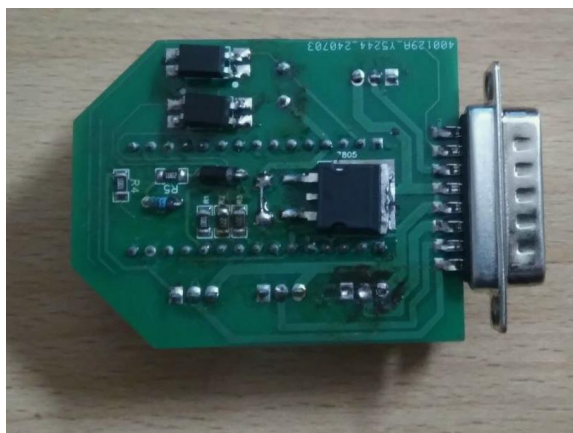


Рис. 2. Плата V1.3

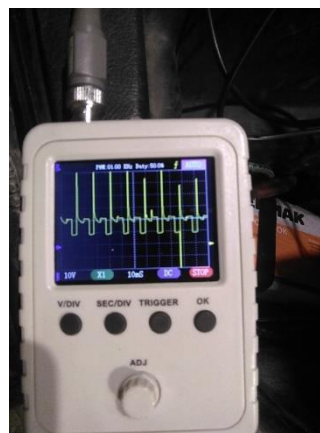


Рис. 3. Осциллограмма работы катушки зажигания

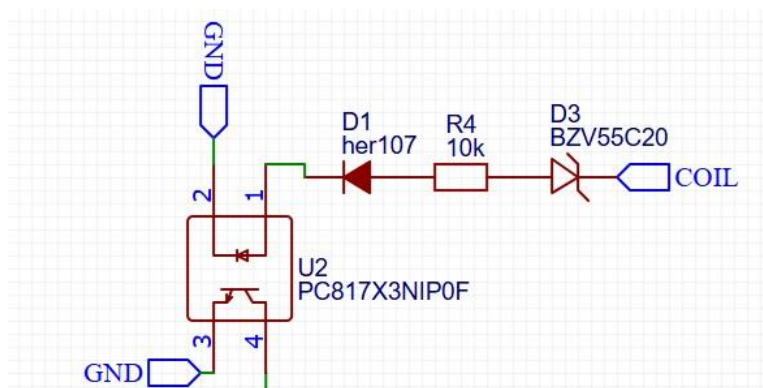


Рис. 4. Оптическая развязка

Во время работы версии V1.2 были обнаружены частичные помехи, идущие от силовых мосфетов, это связано с электромагнитной индукцией, появляющейся во время закрытия форсунки. Что бы избежать индукционных помех, около форсунок был добавлен диод HER306, а сами мосфеты получили оптическую развязку PC817.

Возможность подключения датчика холла добавило новые возможности, такие как: работа в системах без считывания сигнала катушки и фазированный впрыск топлива в случае установки датчика на распределительный вал.

Отказ от датчика температуры обоснован следующим:

- низкое качество датчиков;
- излишние провода;
- сложность в настройке.

На смену датчику температуры пришла кнопка обогащения, изначально система создавалась как эмулятор карбюратора с возможностью использования электроники, кнопка обогащения копирует принцип работы рычага «choke» на карбюраторе. Возможность использования автоматического обогащения решается установкой терморезисторного модуля с настройкой температуры срабатывания.

Питание процессора так же претерпело изменения, для снижения нагрева стабилизатора CV7805 в схему были добавлены последовательные диоды с падением напряжения 0.9V.

Изменение размера платы повлекло за собой создание нового герметичного корпуса (рис. 5) в 2 вариациях, размер FAT и MINI отличается следующим:

-FAT габариты длинна 68мм высота 34 мм ширина 49 мм, возможность смены процессора.

-MINI габариты длинна 68мм высота 25 мм ширина 49 мм, возможность смены процессора без пайки отсутствует.



Рис. 5. Варианты корпуса V1.3

Итогом работы стало установка системы впрыска на мотоцикл собственного производства под маркой FCT МОТО, данный мотоцикл прошел все необходимые испытания и сертификацию, после чего допущен к эксплуатации на дорогах общего пользования.

Дальнейшее развитие системы направлено на получение простого и надежного продукта, изучение рынка похожих систем установило определенные рамки в назначение устройства. Использование отечественных или доступных в продаже компонентов делает систему высоко ремонта пригодной.

В перспективе установка и испытание системы с дизельными двигателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гирявец А.К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем // Стройиздат. 2018 №1 С. 67-68.
2. Интернет источник Datasheet atmega 328p.
www.static.chipdip.ru/lib/549/DOC001549488.pdf №2
3. Монк С. Профессиональная работа со скетчами // Питер. 2017 №3 С. 251.

УДК 614.841.42

В.И. Андреев, М.В. Давыдов, Т.А. Яковенко

Уральский институт ГПС МЧС России

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ РОБОТОТЕХНИКОЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

Аннотация: Статья посвящена использованию мобильной робототехники в тушении пожаров. Рассматриваются современные технологии в робототехнике, преимущества применения роботов в тушении пожаров. Основное внимание уделено необходимости популяризации применения робототехники в тушении пожаров. Приводятся конкретные примеры применения, а также результаты практического использования, подтверждающих эффективность использования роботов в тушении пожаров. Рассматриваются проблемы разработки, эксплуатации и управления мобильными роботами. В заключении обсуждаются перспективы дальнейшего развития робототехники как средства тушения пожаров.

Ключевые слова: технологии мобильной робототехники, мобильная робототехника, автоматизированные системы, тушение, пожаротушение, перспективы для систем пожаротушения, риски

V.I. Andreev, M.V. Davydov, T.A. Yakovenko

PROSPECTS FOR THE USE AND MANAGEMENT PROBLEMS OF MOBILE ROBOTICS IN FIREFIGHTING

Abstract: The article is devoted to the importance of using mobile robotics in firefighting. It considers modern technologies in robotics, the advantages of using robots in firefighting. The main attention is paid to the need to popularize the use of robotics in firefighting. Specific examples of application are given, as well as the results of practical use, confirming the effectiveness of the use of robots in firefighting. The problems of development, operation and management of mobile robots are considered. In conclusion, the prospects for further development of robotics as a means of firefighting are discussed.

Keywords: mobile robotics technology, mobile robotics, automated systems, extinguishing, firefighting, perspectives for firefighting systems, risks

В последние годы технологии мобильной робототехники претерпели значительное развитие, особенно в области предотвращения и управления чрезвычайными ситуациями. Особое внимание уделяется их применению в тушении пожаров, где они способны существенно снизить риски для жизни пожарных и повысить эффек-

тивность ликвидации огня. Мобильные роботы, оснащённые датчиками, камерами и системами удалённого управления, становятся незаменимыми помощниками в борьбе с огнём, обеспечивая оперативную оценку ситуации и доставку тушащих средств в труднодоступные места.

Их способность работать в условиях сильного задымления, высоких температур и на опасных для человека территориях открывает новые перспективы для систем пожаротушения. Применение мобильной робототехники позволяет не только минимизировать потери от пожаров, но и сократить время на локализацию огненной стихии, что является критически важным для спасения жизней и сохранения имущества. В этой статье мы рассмотрим, как именно мобильные роботы применяются при тушении пожаров, и какова их роль в повышении безопасности и эффективности данного процесса.

Мобильная робототехника открывает новую эру в эффективности и безопасности операций по тушению пожаров. Сюда входят устройства, способные самостоятельно перемещаться по различным типам местности и выполнять задачи в условиях, опасных для человека. Эти роботы оснащены датчиками и системами искусственного интеллекта, что позволяет им самостоятельно навигироваться и принимать решения в динамичной и часто непредсказуемой среде пожара. Они могут проводить разведку, определять очаги возгорания, доставлять огнетушащие средства или выполнять спасательные операции, тем самым повышая эффективность тушения пожаров и снижая риски для пожарных. Таким образом, внедрение мобильной робототехники в практику пожаротушения становится важным шагом на пути к повышению безопасности и эффективности спасательных операций.

Мобильная робототехника революционизирует подход к тушению пожаров, предлагая высокую мобильность и безопасность в экстремальных условиях. Роботы, оснащённые датчиками и камерами, способны перемещаться в условиях сильного задымления, локализуя очаг огня без риска для человеческой жизни. Использование этих технологий позволяет более эффективно распределять ресурсы при тушении, опираясь на точные данные с места событий. К тому же, интеграция водомётов или специализированных тушащих средств напрямую на мобильном роботе умножает его эффективность, позволяя оперативно работать в самых сложных и опасных участках пожара. Это сокращает время на тушение и минимизирует возможные убытки, создавая новые перспективы в области безопасности и спасательных операций.

Автоматизированные системы, внедряемые в мобильную робототехнику для тушения пожаров, имеют значительные преимущества перед традиционными методами. Наиболее очевидное преимущество – повышенная безопасность для пожарных бригад. Роботы могут работать в условиях высокой температуры, токсичного дыма и опасности обрушения без риска для жизни людей. Это позволяет осуществлять более раннее и эффективное вмешательство, снижая потенциальный ущерб от пожара. Кроме того, роботизированные системы обладают высокой точностью и могут анализировать ситуацию в реальном времени, адаптируя тактику тушения к изменяющимся условиям. Это способствует более эффективному распределению ресурсов и сокращает время, необходимое для ликвидации огня. Таким образом, интеграция мобильной робототехники в систему пожаротушения открывает новые возможности для повышения эффективности и безопасности операций.

Технологический прогресс в сфере мобильной робототехники значительно расширил возможности спасателей при тушении пожаров. Разрабатываются роботы, способные самостоятельно перемещаться по сложным и опасным участкам, где риск для человека слишком велик. Среди инноваций – дроны для раннего обнаружения очагов возгорания с воздуха и роботы-пожарные, как Thermite, способные проникнуть в самые опасные зоны, куда человеку вход воспрещён из-за высокой температуры и токсичных веществ. Эти машины оснащены мощными насосами для воды и пенообразователей, позволяя контролировать распространение огня из безопасного места, которые могут проникать внутрь горящих зданий, чтобы локализовать огонь. В России же флагманом пожарной робототехники является Мобильная роботизированная установка пожаротушения «МРУП-СП-Г-ТВ-У-40-17КС». Она предназначена для решения сложных оперативных задач при возникновении пожаров в железнодорожных системах массовых перевозок, автодорожных и железнодорожных туннелях, на железнодорожных станциях, крытых автостоянках, в пешеходных туннелях, на промышленных предприятиях, на электростанциях в местах обрушения породы и т. п. – то есть в местах, расположениях и экстремальных условиях, когда обычные методы пожаротушения не могут быть мобилизованы для немедленного противодействия стихии в течение достаточно короткого времени. Использование самых современных устройств управления обеспечивает простоту и высокую точность выполнения работ по пожаротушению. Машина разработана ЗАО НПО «Курганский завод спецтехники».

Радиоуправляемая установка пожаротушения оснащена дополнительной резервной ручной системой управления на случай сбоя радиоканала. Высокая мобильность и гибкость установки пожаротушения обеспечивается системой гусеничного хода, которая позволяет перемещаться установке вверх и вниз по лестницам с наклоном до 30 ° и легко, как бульдозером, передвигать обычные семейные легковые автомобили, расчищая себе путь.

Мобильная робототехника в области тушения пожаров обещает радикальные изменения в способах предотвращения и ликвидации огненных стихий. Однако, некоторые проблемы тормозят внедрение новых технологий. Во-первых, разнообразие сценариев пожара требует от роботов высокой степени универсальности и автономии, что приводит к задаче разработки роботов, способных адаптироваться к непредсказуемым и экстремальным условиям пожаров. Во-вторых, высокие затраты на разработку и производство мобильных роботов ограничивают их доступность для многих пожарных служб. Также необходимо разработать протоколы использования и этапы стандартизации, чтобы интегрировать робототехнику в существующие пожарные операции.

Кроме того, при эксплуатации роботов можно выделить ряд недостатков. Одним из таких недостатков является неэффективное управление в условиях сильного задымления и дефицита времени, а также ограниченная видео детализация обстановки. Оператор управляет роботом с помощью джойстиков или задающих рукояток на основе получаемого телевизионного изображения об окружающей среде. Также недостатком мобильной робототехники является то, что при автономной работе все действия выполняются только в рамках прописанных алгоритмов и возможностей самой конструкции. Следует обратить внимание на еще один важный недостаток – ограничение возможности передвижения мобильной робототехники. Оно обусловлено конструктивными особенностями робототехники (габаритные размеры, масса,

проходимость базового шасси и др.). Например, высота преодолеваемого порогового препятствия у мобильная установки пожаротушения роботизированной (МУПР). МУПР не способен преодолевать лестницы с числом ступеней более трех и высотой ступени более 0,2 м. Отсутствие универсализации процессов, разные способы зарядки самого устройства и пульта дистанционного управления и другие недостатки требуют стандартизации подходов к разработке мобильной робототехники.

Несмотря на описываемые недостатки, современные подходы к разработке мобильной робототехники включают датчики для определения температуры, видеокамеры для передачи изображения в реальном времени и системы искусственного интеллекта для анализа ситуации и принятия решений. Эти роботы не только повышают эффективность пожаротушения, но и снижают риски для жизни пожарных, позволяя проводить операции более безопасно и контролируемо. По мере развития технологий и снижения стоимости производства перспективы применения мобильных роботов в тушении пожаров становятся всё более оснаждающимися.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевченко, А. В. Мобильные роботы и их использование в системах управления пожарной безопасностью. — М.: Научный мир, 2021. — 228 с.
2. Петров, И. А., & Сидоров, К. В. "Применение мобильной робототехники в современных системах пожаротушения" // Пожарная безопасность. — 2022. — № 3. — С. 45-50.
3. Иванов, М. И. "Разработка роботизированных систем для тушения пожаров: Проблемы и перспективы" // Автоматизированные системы и технологии. — 2023. — Т. 12, № 1. — С. 23-32.
4. Смирнова, Л. А., & Фёдоров, Н. И. Технологии мобильной робототехники в экстренных ситуациях. — СПб.: Издательство Политеха, 2022. — 154 с.
5. Громов, Е. С. "Инновационные решения в области мобильной робототехники для экстренных служб" // Информационные технологии и безопасность. — 2023. — № 2. — С. 61-69.
6. Кузнецов, А. Н. "Роботы в борьбе с огненной стихией: от теории к практике" // Журнал пожарной безопасности. — 2021. — Т. 11, № 7. — С. 15-20.

УДК 621.192

А.Л. Бараш

Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения, Санкт-Петербург

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ НЕТИПИЧНЫХ ОТКЛОНЕНИЯХ ИХ ЗНАЧЕНИЙ

Аннотация: В статье рассматривается возможность прогнозирования показателей надежности машин и механизмов методами, основанными на экстраполяции временных рядов, при наличии нетипичных отклонений значений ряда

Ключевые слова: Показатели надежности, прогнозирование, экстраполяция временных рядов, нетипичные отклонения

A.L. Barash

FORECASTING RELIABILITY INDICATORS OF MECHANICAL SYSTEMS WITH ATYPICAL DEVIATIONS OF THEIR VALUES

Abstract: The article considers the possibility of predicting reliability indicators of machines and mechanisms using methods based on extrapolation of time series in the presence of atypical deviations in the values of the series

Keywords: Reliability indicators, forecasting, extrapolation of time series, atypical deviations

Экстраполяция на основе временных рядов является одним из наиболее применимых на практике инструментов прогнозирования параметров функционирования системы технической эксплуатации парков машин, в первую очередь, параметров, характеризующих эффективность системы поддержания и восстановления работоспособности техники, в основу которой заложен анализ сложившихся тенденций изменения показателей ее надежности.

Целый ряд значимых с позиций классической теории надежности показателей, прежде всего таких, как параметры потока внезапных отказов в сложных технических системах, распределение времени восстановления, количество отказов однотипного оборудования на промежутке времени и целый ряд других в как правило описываются в русле пуассоновского потока [1].

Вместе с тем, практика применения по назначению парков машин и механизмов достаточно часто проявляет иные, отличные от пуассоновских, закономерности формирования и развития потоков показателей надежности, прежде всего, в части, касающейся условий стационарности и отсутствия последствия, что обусловлено целым рядом объективных и субъективных факторов.

В результате отдельные дискретные показатели надежности достаточно часто «выпадают» из общего ряда, ломая сложившиеся тенденции и заметно снижая эффективность применения привычных, апробированных на практике методов экстраполяции временных рядов (скользящей средней, экспоненциального сглаживания, гармонического анализа и др.), прежде всего, не обеспечивая ожидаемую точность. Подобные выбросы могут быть обусловлены резкими изменениями воздействий внешней среды на сферу эксплуатации парка машин, вариациями его количественного, либо качественного состава, результатами негативного административного воздействия и т. д. Подобные явления особенно заметны для парков, относящихся к категориям малых и средних, имеющих в своем составе относительно небольшое количество единиц техники.

Имеющиеся рекомендации по решению подобных проблем подразумевают замену выпадающего из общей тенденции значения на среднюю арифметическую соседних, однако, очевидно, что результат, полученный таким методом, обрушит достоверность прогноза, хотя общую закономерность в целом будет отражать верно.

Одним из действенных инструментов, способствующих минимизации негативных последствий таких воздействий на осуществление достоверного прогноза показателей надежности машин и механизмов из состава изучаемого парка, признается введение в алгоритмы прогнозирования весовых коэффициентов с возможностью их оптимизации на основе обратной связи. Однако в этом случае весовые ко-

эффиценты должны определяться для каждого интервала временного ряда с нетипичным выбросом значения, что увеличивает трудоемкость применения этого метода и тем самым снижает степень его применимости. Помимо этого, использование весовых коэффициентов при расширении скользящего окна влечет усложнение используемых программных средств, т. к. изменение местоположения особого значения в скользящем окне вызывает необходимость изменения самого алгоритма.

В подобных случаях можно руководствоваться, например, рекомендациями [2], где предложен метод, не требующий сравнения и выбора весовых показателей для значений временного ряда в каждой реализации скользящего окна. Суть этого метода заключается в следующем: если в скользящее окно попадает значение показателя, идентифицируемое как нетипичное, при прогнозировании на основе этого скользящего окна вместо значения этого показателя используется его прогнозное значение.

Для конкретизации понятия «нетипичное значение» можно воспользоваться толкованием «аномальное значение», определяемое при помощи критерия Ирвина [3]:

$$\lambda_i = \frac{(y_t - y_{t-1})}{\sigma_y}, t = 1, 3 \dots n, \quad (1)$$

где y_t – значения временного ряда;

σ_y – среднее квадратичное отклонение y .

Расчетные значения λ_i сравниваются с табличными значениями критерия Ирвина и делается заключение об аномальности (нетипичности) значения временного ряда.

Предложенный метод отличается интуитивно понятным содержанием и простотой реализации, и, как позиционируют его сами авторы, служит дополнением к основному методу прогнозирования, повышающим точность результата прогноза.

Статистические или временные ряды, используемые для анализа, как правило включают в себя периодическую или сезонную компоненту, связанную с влиянием сезонности развития изучаемого явления [3], в этой связи представляет интерес применение в качестве базового метода прогнозирования, основанного на экстраполяции временных рядов, в составе которых имеют место нетипичные значения, метода, использующего комбинированный тренд [4].

Тренды в этом случае представляются как результат сложения медленно затухающих колебаний и некоторой случайной составляющей b , $b > 0$. Отдельные значения b моделируются как нетипичные.

$$x(t) = x_{тр}(t) + x_{сл}(t) = a \sin \frac{2\pi t}{T} + b + x_{сл}(t), \quad (2)$$

где $x_{тр}(t)$ – составляющая тренда;

$x_{сл}(t)$ – случайная составляющая, распределенная по нормальному закону;

a – амплитуда синусоиды;

t – значение аргумента функции (текущее время);

T – интервал прогнозирования;

За погрешность прогнозирования целесообразно принимать величину [5]

$$\delta = \frac{|x(t) - Z(t)|}{x(t)}, \quad (3)$$

где $Z(t)$ – текущее прогнозное значение в момент времени t .

Интервальные значения и a выбираются пропорционально b .

Моделирование случайной составляющей, распределенной нормально на некотором интервале, можно выполнить путем сложения n взвешенных случайных величин N_i , распределенных на этом интервале равномерно [1]

$$x_{\text{сл}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n N_i. \quad (4)$$

Значение n принимается с целью получения требуемого значения среднего квадратичного отклонения, значения $x_{\text{сл}}$ воспроизводятся со случайным периодом, равномерно распределенном на установленном интервале, при этом на каждом последнем шаге периода $x_{\text{сл}}$ изменялись более, чем на $0,2b$. Тогда с учетом (2):

$$x_{\text{слв}} = x_{\text{сл}} \pm 0,2b \pm \text{abs}(x_{\text{сл}}). \quad (5)$$

Используя выражения (2) – (5) возможно осуществлять реализацию обобщенной модели временного ряда показателей надежности техники, имеющего выпадающие значения, позволяющую получить ряды достаточно большой длительности при условии, что изменения воздействий внешних факторов на процессы эксплуатации парков механических систем не носит фатального характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Острейковский, В. А. Теория надежности. - Москва: Высш. шк., 2003. - 463 с. – Текст: непосредственный.
2. Кирьянов, Б.Ф. Прогнозирование временных рядов с особыми значениями / Б.Ф. Кирьянов, Ю.Ю. Петрова. - Текст: непосредственный // Вестник НовГУ, Сер. «Технич. науки». - 2004. - № 28. - С. 92-96.
3. Гармаш, А.Н. Экономико-математические методы и прикладные модели / А. Н. Гармаш, И. В. Орлова, В. В. Федосеев ; под редакцией В. В. Федосеева. 4-е изд., перераб. и доп. - Москва: Юрайт, 2025. - 328 с. - Текст: непосредственный.
4. Кизбикенов, К. О. Прогнозирование и временные ряды: учеб пособие / К. О. Кизбикенов. - Барнаул: АлтГПУ, 2017. - 113 с. - Текст: непосредственный.

УДК 621.8

И.А. Бельшев, А.А. Покровский

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ ВСТРОЕННОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Аннотация: В статье описаны конструктивные особенности механических и автоматических коробок передач. Рассматриваются причины выхода из строя деталей и узлов механической коробки передач. Для оценки работоспособности трансмиссий автомобилей предлагается применение систем встроенного диагностирования.

Ключевые слова: коробка передач, трансмиссия, диагностирование, износ.

I.A. Belyshev, A.A. Pokrovsky

APPLICATION OF BUILT-IN DIAGNOSTICS SYSTEMS TO DETERMINE GEARBOX FAULT

Abstracts: The article describes the design features of mechanical and automatic transmissions. The causes of failure of parts and units of a mechanical transmission are considered. The use of built-in diagnostic systems is proposed to assess the performance of vehicle transmissions.

Keywords: gearbox, transmission, diagnostics, wear.

Коробка передач — это механизм, применяемый в основном в автомобилях, для изменения передаточного отношения, то есть для согласования режимов работы двигателя внутреннего сгорания и ведущих колес автомобиля (рис. 1).

Коробка передач выполняет следующие функции:

- передача крутящего момента от двигателя на ведущую пару колес;
- изменение скорости движения автомобиля;
- разъединение и соединение двигателя внутреннего сгорания трансмиссии;
- корректировка направления движения автомобиля.



Рис. 1. Механическая коробка передач

Конструктивно коробки передач подразделяются на механические и автоматические. При этом механическая коробка передач способна выполнять только базовые функции работы механизма, а автоматическая реализует полный спектр возможностей.

Механическая коробка передач (МКПП) включает в себя набор зубчатых колес различного размера, обеспечивающие различные передаточные числа, которые соединяются между собой через муфту сцепления. При эксплуатации МКПП водитель самостоятельно работает с педалью сцепления и рычагом переключения скоростей. МКПП широко используется в различных типах пожарных автомобилей.

Преимуществами МКПП являются:

- сравнительно низкая стоимость производства и обслуживания;
- топливная экономичность;
- лучшая управляемость автомобилем, особенно в экстремальных условиях вождения;
- долговечность и надежность конструкции.

К недостаткам МКПП можно отнести:

- большие затраты усилий и внимания водителя во время движения;
- неудобство при управлении автомобилем в городских условиях с частыми остановками и стартами.
- повышенная нагрузка на двигатель автомобиля при неправильном или несвоевременном переключении передач.

МКПП автомобилей различаются по количеству ступеней на четырех, пяти и шести ступенчатые. Наиболее распространенной является пяти ступенчатая трансмиссия, которая встречается в большинстве современных автомобилей.

Автоматическая коробка передач (АКПП) не требует участия человека в процессе переключения скоростей. По конструктивному исполнению АКПП бывают нескольких типов. Наиболее распространёнными являются гидравлические АКПП, использующие гидротрансформаторы. В других типах АКПП – вариаторах возможно бесступенчатое изменение передаточного числа, что обеспечивает более плавный разгон автомобиля. В роботизированных коробках передач переключение выполняется автоматически с помощью сервоприводов. Также производятся АКПП с двойным сцеплением (DCT), которое сочетает элементы роботизированной и классической автоматической трансмиссий. Каждый тип АКПП имеет свои преимущества и недостатки, и выбор зависит от предпочтений водителя и характеристик автомобиля.

Основной причиной поломки коробки переключения передач на автомобилях КАМАЗ моделей 5320 и 4310 является износ зубьев. Решается данная проблема путем замены поврежденного конструктивного узла коробки передач (рис. 2).

На неправильную работу коробки передач могут указывать ряд признаков. Появление затруднений в переключении передач является следствием нарушения регулировки узлов и механизмов агрегата. Устранение данной проблемы возможно путем восстановления исходных параметров регулировок, для чего используют техническое руководство производителя.

В случаях, когда водитель ощущает пульсацию и слышит равномерный, сильный шум, исходящий от коробки передач, то это может указывать на большой износ подшипников валов или зубьев шестерен, или на недостаточное количество смазочного материала.

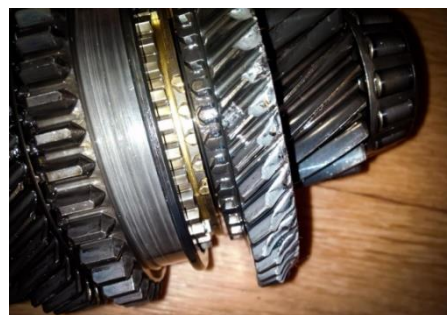


Рис. 2. Износ конструктивного элемента коробки передач

Затрудненное включение передач свидетельствует о неполном выключении сцепления. Такая проблема решается регулированием привода сцепления.

При появлении скрежета или биения во время включения 2-й, 3-й, 4-й и 5-й передач следует проверить конусные кольца коробки. Обычно такое наблюдается при их чрезмерном износе или повреждении. Причиной может быть также износ кареток синхронизаторов или блокирующих фасок пальцев. Все поврежденные элементы нужно сменить на новые аналоги, что позволит решить данную проблему.

Если при активации делителя передач слышен скрежет и удары, тогда неисправность нужно искать в синхронизаторе делителя. Помимо этого, подобный эффект может вызывать повышенное давление в пневматической системе, которая отвечает за управление делителем. Устранить неполадки позволяет очистка воздушных каналов вентиляционного колпачка от скопившейся грязи. Для этого потребуется демонтировать редукционный клапан, разобрать его на детали и тщательно промыть их. После этого собрать клапан, предварительно обработав специальной смазкой все трущиеся поверхности.

При отказе включения передач проблема заключается в нарушении регулировок привода и износе деталей коробки. Также причиной может быть повреждение подшипников вторичного вала или разбалансировка настроек позиционирования клапана включения передач. В данном случае ремонт коробки передач производится в специализированных предприятиях.

В случае, когда у автомобиля во время движения происходят самопроизвольные выключения передач, то причиной этого могут выступать:

- ослабление фиксаторов рычагов и вилок;
- износ или разрушение деталей;
- повреждение крепления механизма крепления;
- нарушения регулировок привода.

Повреждения сальников выходных валов обычно сопровождаются течью смазки из картера коробки передач. Это происходит в случае, когда сальники теряют свою эластичность, а исправить ситуацию позволяет замена изношенных элементов. Если же причина заключается в повышенном давлении в картере, тогда необходимо устранить загрязнение вентиляционного колпачка. Довольно часто течь смазки происходит по уплотняющим поверхностям. Такая проблема решается подтягиванием крепежа конкретной детали или же заменой уплотняющей прокладки.

Ресурс работы коробки передач зависит от правильно проведенных расчетов, которые проводятся в два этапа. На первом этапе при проектном расчете проводят выбор материалов деталей коробки передач, определяются передаточные числа ступеней, геометрические параметры шестерен и валов. Второй этап предусматривает расчеты на прочность, выносливость, жесткость по изгибающим, контактным, нормальным и касательным напряжениям, возникающим от расчетных нагрузок в шестернях и валах коробки передач, а также проводят расчет синхронизаторов и подшипников.

Эксплуатация коробок передач пожарных автомобилей проходит в достаточно жестких условиях. Поэтому для продления их ресурса помимо соблюдения ряда рекомендаций по эксплуатации, указанных заводом изготовителем в технической документации, необходима качественная диагностика агрегата. Своевременное диагностирование способствует снижению затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Для правильного определения неисправностей сложного технического устройства с помощью отдельных средств диагностирования, необходимо располагать данными о функциональных взаимодействиях между возможными неисправностями и их симптомами. Для этого должна быть разработана целая система измерительных преобразователей, которые фиксировали бы возникающие неисправности. Практическая реализация данного способа достаточно дорогая и сложная.

На сегодняшний день перспективным является применение систем встроенного диагностирования. В контролируемых узлах автомобиля устанавливаются датчики, сигналы от которых преобразуются в микропроцессорном блоке и отображаются на жидкокристаллическом дисплее. Полученная водителем информация, позволяет водителю определить место возникновения неисправности. По результатам полученной информации формируются рекомендации о возможности дальнейшей эксплуатации автомобиля или необходимости проведения технического обслуживания или ремонта.

Детали и узлы трансмиссии пожарных автомобилей часто работают в условиях перегрузок. Поэтому применение системы встроенного диагностирования с помощью датчика температуры масла (рис. 3) позволит в режиме реального времени отслеживать повышенные нагрузки на элементы трансмиссии.



Рис. 3. Датчик температуры

Известно, что средняя температура масла в коробке передач составляет около 90 °С. В жаркую погоду она может повышаться до 140 °С. Когда с двигателя снимается мощность больше, чем это необходимо для преодоления сопротивления движению, то ее избыток затрачивается на внутреннее трение масла, и оно получает дополнительный нагрев. Высокая температура и скорость движения масла в редукторе могут вызывать интенсивное вспенивание, что может привести к преждевременному окислению масла и коррозии материала корпуса коробки передач и отдельных ее деталей. Поэтому применение системы встроенного диагностирования позволит увеличить уровень эксплуатационной надежности пожарных автомобилей, снизить удельные затраты на проведение технического обслуживания и ремонта.

В настоящее время при решении вопросов технической эксплуатации пожарных автомобилей возможно отойти от практикуемого направления организации технического обслуживания и ремонтов на основе использования статических методов. Внедрение диагностики и компьютерных технологий при оценке и прогнозировании работоспособности пожарных автомобилей позволит обеспечить необходимое качество управления за счет оценки технического состояния конкретного объекта по текущим значениям контролируемых параметров и в конечном итоге оптимизировать наработку до капитального ремонта и его последующего списания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В.В., Зарубин В.П., Покровский А.А. Снижение износа зубчатых колес коробок переключения передач пожарных автомобилей за счет улучшения противоизнос-

ных свойств трансмиссионного масла // Пожарная и аварийная безопасность. – 2022. Пожарная и аварийная безопасность. – 2022. – № 4 (27). – с. 24-29.

2. Карпенко А.А., Покровский А.А. Расчет основных параметров трансмиссионной стойки для ремонта пожарных автомобилей // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – с. 58-61.

3. Покровский А.А. Реализация рекомендаций по техническому обслуживанию и ремонту пожарной техники в контрактах жизненного цикла // Общественные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России: сборник трудов секции № 16 XXX Международной научно-практической конференции, Химки. – Академия гражданской защиты, 2020. – с. 123-127.

4. Киселев В.В., Покровский А.А., Трубехин В.Н. Улучшение свойств трансмиссионных масел для пожарной техники // Общественные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС РФ: сборник трудов секции № 16 XXIX Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь». – Академия гражданской защиты МЧС России, 2019. – с. 62-67.

5. Бурнашов А.С., Покровский А.А. Повышение эффективности технического обслуживания пожарной техники // Материалы XIV Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых («Энергия 2019»), Иваново 2019. - Т.4 - с. 74.

УДК 66.047.78

А.Р. Висаитов, А.А. Покровский

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ УСТАНОВОК ДЛЯ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Аннотация: В статье рассмотрены основные способы сушки напорных пожарных рукавов. Приведены основные типы устройств для конвективной сушки пожарных рукавов горячим воздухом. Отмечены основные достоинства и недостатки существующих способов конвективной сушки. Предложены мероприятия по модернизации башенной сушилки.

Ключевые слова: сушка, пожарный рукав, сушильная установка, теплоноситель.

A.R. Visaitov, A.A. Pokrovsky

ANALYSIS OF INSTALLATIONS FOR CONVECTIVE DRYING OF FIRE HOSES

Abstracts: The article discusses the main methods of drying pressure fire hoses. The main types of devices for convective drying of fire hoses with hot air are given. The main advantages and disadvantages of existing methods of convective drying are noted. Measures for modernization of the tower dryer are proposed.

Keywords: drying, fire hose, drying unit, heat carrier.

Сушка напорных пожарных рукавов является одним из видов их технического обслуживания. Данный процесс может быть реализован сушильных установках и в башенных сушилках естественным способом. Принудительная сушка пожарных напорных рукавов осуществляется чаще всего нагретым воздухом. Это позволяет сократить время процесса. Температура теплоносителя в современных сушилках находится в пределах от 40 °С до 50 °С в зависимости от конструкции рукава и формы связи влаги с материалом.

В настоящее время существует широкий спектр различных установок для сушки пожарных рукавов. Особое внимание заслуживает сушильный шкаф модели ШСПР 2 (рис. 1), который широко используется в нашей стране благодаря своим эксплуатационным характеристикам. Анализируя конструктивные особенности данного устройства, можно выделить ряд ключевых преимуществ. Корпус шкафа изготовлен из высококачественного металла, что обеспечивает высокую прочность, устойчивость к износу и механическим повреждениям. Этот материал сохраняет свои свойства даже при воздействии повышенной влажности, температурных колебаний и агрессивных химических веществ, обеспечивая долговечность и надежность работы в различных условиях эксплуатации.



Рис. 1. Внешний вид шкафа ШСПР 2

Благодаря инновационной конструкции, шкаф ШСПР 2 обладает увеличенной вместимостью и простотой эксплуатации. Современная система управления позволяет регулировать параметры процесса сушки, включая температуру, что способствует оптимальному контролю над всеми этапами обработки пожарных рукавов. Данная модель характеризуется длительным сроком службы и удобством размещения нескольких рукавов одновременно, что делает её эффективной для интенсивной эксплуатации.

Другой установкой, заслуживающей внимания, является модель СР-3 (рис. 2), предназначенная для сушки пожарных рукавов всех типоразмеров после их использования и мойки. Высокая мощность этой установки позволяет эффективно обрабатывать рукава диаметром до 150 мм, что особенно актуально для организаций, обслуживающих большое количество рукавов крупных диаметров (например, 77 и 150 мм).



Рис. 2. Установка СР-3 с пожарным рукавом диаметром 150 мм

Сушильный шкаф STS-820 (рис. 3) представляет собой еще одно популярное решение в области пожарной безопасности. Эта модель способна одновременно высушивать до 10 пожарных рукавов. Шкаф выполнен из вертикальных и горизонтальных алюминиевых профилей и оснащен акриловым стеклом, которое обеспечивает визуальный контроль процесса сушки без необходимости открывания дверей, предотвращая потерю тепла. Система нагрева основана на радиальном вентиляторе низкого давления и регулируемом ТЭНе, поддерживающем постоянную температу-

ру на уровне 60°C. Термостат обеспечивает автоматическое регулирование температуры, гарантируя безопасность и эффективность процесса сушки.

Также стоит отметить установку для сушки пожарных рукавов TG-812 (рис. 4), оснащенную радиальным вентилятором с трехфазным электродвигателем переменного тока. Модель доступна в двух конфигурациях: с двумя или четырьмя рукавными соединениями размером 77 мм, что позволяет сушить рукава диаметрами от 51 до 77 мм. Максимальная тепловая мощность составляет 6 кВт, обеспечивающая быструю сушку четырех рукавов примерно за два часа. Управление температурой осуществляется контрольно-предохранительным термореле.



Рис. 3. Шкаф сушильный STS-820



Рис.4. Установка для сушки пожарных рукавов TG-812

В нашем случае для решения задачи по сушке пожарных рукавов необходимо проведение исследований кинетики процесса с нахождением коэффициентов тепло- и влагопереноса, определение основных технологических параметров и разработки математической модели. На основе этих данных и проведенного анализа различных типов оборудования для сушки пожарных рукавов показал, что наиболее эффективным подходом будет модернизация существующей башенной сушилки. В частности, предлагается разработка и монтаж в башенную сушилку подъемного устройства и тепловентилятора. Это нововведение позволит существенно повысить эффективность обслуживания пожарных рукавов и сократить время восстановления оперативной готовности пожарной техники, находящейся в распоряжении подразделений пожарной охраны. Для решения данной задачи разработана конструкция платформы для крепления пожарных рукавов, выполнен прочностной расчёт платформы, разработана конструкции направляющих для подъема - спуска платформы с закрепленными пожарными рукавами, по требуемой мощности проведен выбор тепловентилятора и выполнен прочностной расчет элементов грузоподъемной лебедки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровский А.А, Иванов В.Е. Машина для интенсивной сушки нетканых материалов // Вестник машиностроения. – 2025. – Т.104. № 2. – с. 133-136.

2. Водясов А.Н., Покровский А.А. Тепловой расчет устройства для сушки напорных пожарных рукавов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции. – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. – с 54-58.

3. Шмырова Н.А., Покровский А.А. Компоновка и расчет привода подъема пожарных рукавов в башенную сушилку // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции. – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – с. 318-324.

4. Покровский А.А., Киселев В.В., Колобов М.Ю. Разработка мобильного комплекса для сушки напорных пожарных рукавов // Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. - 2021. - № 3 (67). - с. 77-83.

5. Покровский А.А., Пучков П.В., Колобов М.Ю. Анализ конвективных сушильных машин для текстильных материалов // Современные наукоёмкие технологии. Региональное приложение. - 2023. - № 4 (76). - с. 89-95.

УДК 621.192

Р.В. Волокушин, А.Л. Бараш

Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения, Санкт-Петербург

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Аннотация: в статье рассматриваются возможность и порядок построения модели множественной корреляции показателей надежности машин и механизмов

Ключевые слова: показатели надежности, корреляционные зависимости, множественная регрессия

R.V. Volokushin, A.L. Barash

BUILDING A MODEL OF MULTIPLE REGRESSION OF RELIABILITY INDICATORS OF MACHINES AND MECHANISMS

Abstract: the article discusses the possibility and procedure for constructing a model of multiple correlation of reliability indicators of machines and mechanisms

Keywords: reliability indicators, correlations, multiple regression

Для осуществления возможности анализа сложившихся тенденций и закономерностей изменения показателей надежности объектов технической природы, а также прогнозирования этих изменений, устанавливаются корреляционные зависимости между факторами, оказывающими влияние на изучаемые процессы и конечные результаты их реализации.

Как и в любой области человеческой деятельности, в сфере надежности машин и механизмов, как комплексного свойства технических объектов, любой дискретный набор параметров и показателей без определения взаимосвязей и зависимо-

стей между ними остается хаотичной аморфной совокупностью, неподлежащей идентификации и анализу.

В этой связи, изучение связей и взаимного влияния типа «фактор – отклик» между различного рода показателями выступает в качестве одной из актуальных задач, решаемых в процессе обеспечения работоспособности сложных технических систем.

Идентификация типа зависимостей и оценка их количественных соотношений позволяет выявить объективно существующие причинно-следственные связи, исследовать сложившуюся динамику протекающих процессов, получить возможность влияния на отклик через формирующие его факторы, осуществлять прогнозирование.

На начальном этапе анализа причинно-следственных связей между событиями и явлениями, определяющими надежность машины или механизма, необходимо определиться с тем, какой из рассматриваемых показателей принимается в качестве отклика. Целесообразно остановить выбор на стандартных показателях надежности, наиболее часто фигурирующих в планирующих и отчетных документах, циркулирующих в сфере эксплуатации парков машин. Выбранный показатель должен объективно интегрировать в себе вариации всех других показателей, фигурирующих в создаваемой корреляционной модели в роли факторов (например, один из самых «популярных» показателей надежности – вероятность безотказной работы, либо комплексные показатели надежности).

Определившись с результирующим фактором, следует на основе формальной логики, имеющегося опыта и накопленного на предшествующих периодах массива статистических данных определить номенклатуру причин, оказывающих влияние на него влияние.

Далее целесообразно совершить переход от качественных признаков (причин и их следствий) к количественным параметрам, от качественного выбора числовых характеристик зависит объективность и информативность будущей модели.

По завершении сбора числовых данных строится математическая модель, отражающую зависимость переменной отклика (y) от факторов-переменных ($x_1, x_2 \dots, x_m$):

$$y = f(x_1, x_2 \dots, x_m). \quad (1)$$

Выражение (1) справедливо для линейной множественной регрессии [1], если в качестве переменных $y, x_1, x_2 \dots, x_m$ использовать некоторые функции $G(y), g(x_1), g(x_2) \dots, g(x_m)$, можно получить нелинейные модели относительно факторных переменных [2]:

$$G(y) = a + b_1 g(x_1) + b_2 g(x_2) + \dots + b_m g(x_m). \quad (2)$$

Линейные модели в сравнении с другими обладают, помимо одного очевидно-го преимущества, относительной простоты, также и еще меньшим риском значительной ошибки прогноза [3], что существенно важно для прогнозирования показателей надежности машин и механизмов.

Далее определяются факторы, наиболее явно коррелирующие с откликом y , и которым следует отдать приоритет в очередности включения в модель.

Процедура определения коэффициентов корреляции при отборе факторов в модель достаточно подробно описаны в литературе, практические рекомендации, носящие выраженный прикладной характер, приведены, например, в [4]. В редакторе таблиц Excel есть встроенные формулы, позволяющие быстро осуществить ряд шагов в определении коэффициентов корреляции.

Начинать целесообразно с парной регрессии между y и наиболее сильно коррелирующей с ней переменной x_k ; фиксируются наиболее существенные характеристики качества модели [5]: коэффициент детерминации R^2 , стандартную ошибку регрессии и значимость коэффициентов модели.

После этого строится модель с двумя факторами: первый выбранный фактор остается в модели, а на место второго подставляется одна из оставшихся переменных. Среди полученных двухфакторных моделей предпочтение отдается той, которая показывает заметный рост коэффициента детерминации R^2 .

В общем случае R^2 представляет собой долю вариации y , обусловленную изменением введенных в модель факторов.

Качество модели отслеживается по стандартной ошибке регрессии и значимости коэффициентов. При этом необходимо учитывать коэффициент корреляции между факторами, причем желательно, чтобы факторы не коррелировали друг с другом, в этом случае каждый из коэффициентов модели объективно отражает вклад своего фактора в вариации показателя отклика. В противном случае, когда имеет место заметная коррелированность факторов, случается их смешение и взаимное замещение, что влечет искажение истинной зависимости и ошибочную интерпретацию результатов. По этой причине явно зависимые переменные включать в модель одновременно не целесообразно.

Рассматривая свойство надежности машин и механизмов, стоит отметить, что в реальности показатели надежности в той или иной степени коррелируют друг с другом, и в этой связи степень этой коррелированности необходимо принимать во внимание при создании модели.

Действуя далее, необходимо остановить свой выбор на отобранной двухфакторной модели и рассмотреть возможность ее усовершенствования путем добавления еще одного из оставшихся факторов, оценивая, как и ранее ее качество. Результат добавления в модель новой переменной может оказаться негативным, если при этом нивелируется вклад какой-либо переменной, включенной ранее. Тогда по рекомендациям [6] целесообразно пересмотреть необходимость присутствия в модели старой переменной и выбрать модель, например, с большим R^2 .

Далее осуществляются аналогичные действия до того момента, когда включение новых переменных приведет к существенному повышению коэффициента детерминации R^2 , причем следует обращать внимание не только на увеличение его значения, но и на значение скорректированного $\bar{R}^2$, особенно, при большом количестве переменных в модели.

В заключении необходимо отметить, что среди присущих корреляционному анализу направлений применения, реализуемых в сфере человеческой деятельности в целом, в области надежности машин, на наш взгляд, особое значение имеет возможность идентификации взаимосвязи различных параметров, оказывающих влияние на работоспособность объекта, имеющего техническую природу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Венецкий, И. Г. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе : Справочник / И. Г. Венецкий, В. И. Венецкая. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - Москва : Статистика, 1979. - 447 с. - Текст : непосредственный.
2. Корн, Г. Справочник по математике (для научных работников и инженеров). Определения, теоремы, формулы / Г. Корн, Т. Корн. – Изд. 6-е, стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2003. - 832 с. - Текст : непосредственный.
3. Кремер, Н. Ш. Эконометрика: учебник для студентов вузов / Н. Ш. Кремер, Б. А. Путко; под ред. Н.Ш. Кремера. - 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2010. - 328 с. - (Серия «Золотой фонд российских учебников») – Текст : непосредственный.
4. Имсон, Г. Как определить коэффициент корреляции / Г. Имсон. – Текст : электронный // wikiHow : [сайт]. – 2023. – 10 мая. – URL: <https://www.wikihow.com/Find-the-Correlation-Coefficient> (дата обращения: 18.03.2025).
5. Зорич, В. А. Математический анализ : учебник для вузов / В. А. Зорич - 13-е изд., стер. - Москва : Изд-во МЦНМО, 2024. Ч. 1. - 2024. - XII, 564 с. – Текст : непосредственный.
6. Ширяев, А. Н. Основы стохастической финансовой математики [Текст] : новое издание : [в 2 т.] / А. Н. Ширяев. - Москва : МЦНМО, 2016. Т. 2: Том 2. Теория. - 2016. - 464 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.8

Ш.М. Гасанов, В.П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

О НЕОБХОДИМОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОСУШИТЕЛЯ СЖАТОГО ВОЗДУХА ДЛЯ РАБОТЫ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация: материал статьи посвящен вопросу улучшения качества сжатого воздуха, создаваемого компрессором для работы пневматического инструмента. Особое внимание уделяется оборудованию, работающему в ремонтных мастерских для технического обслуживания пожарно-технического вооружения и мобильных средств пожаротушения. Предлагается конструкция осушителя воздуха которая предназначена для снижения количества конденсата в сжатом воздухе, идущем от компрессора.

Ключевые слова: техническое обслуживание, пневматический инструмент, снижение конденсата, компрессор, сжатый воздух.

Sh.M. Hasanov, V.P. Zarubin

ABOUT THE NEED TO USE A COMPRESSED AIR DRYER FOR THE OPERATION OF PNEUMATIC TOOLS

Abstract: the article is devoted to the issue of improving the quality of compressed air generated by a compressor for the operation of pneumatic tools. Special attention is paid to the equipment used in repair shops for the maintenance of firefighting equipment and mobile fire extinguishing equipment. A dehumidifier design is proposed, which is designed to reduce the

amount of condensate in the compressed air coming from the compressor.

Keywords: maintenance, pneumatic tools, condensate reduction, compressor, compressed air.

Не зависимо от типа механизма, его назначения, области применения, сложности исполнения, места работы необходимо уделять должное внимание техническому обслуживанию, а при поломках проведению своевременного ремонта. Операции технического обслуживания и ремонтные работы проводят с использованием различных инструментов и оборудования. Ручной инструмент и инструмент с различными типами приводов предназначен для выполнения рабочих операций.



Рис. 1. Инструмент для работы с резьбовыми соединениями: а – ручные гаечные ключи; б – пневматический гайковерт; в – электрический гайковерт.

Применение того или иного инструмента обосновано технологией проводимой операцией, возможностью и целесообразностью. Даже в случае наличия пневматического или электрического инструмента, в некоторых случаях невозможно провести ремонтные работы без ручного инструмента. Однако инструмент с электрическим или пневматическим приводом в значительной степени увеличивает скорость проведения ремонтных операций, расширяет список возможных действий и облегчает труд обслуживающему персоналу.

Стоит отметить, что в настоящее время рынок насыщен большим количеством разнообразного инструмента выбор которого обоснован задачами, целесообразностью его применения и стоимостью. В случае проведения краткосрочных, не сложных работ с небольшой периодичностью не требуется применения специального дорогостоящего оборудования. А в случае каждодневного проведения однотипных либо энергозатратных работ оптимальным будет использование электрического или пневматического инструмента.

Проводя сравнительный анализ среди оборудования для ремонта автомобилей с электрическим и пневматическим приводом можно отметить большое разнообразие названного инструмента по техническим характеристикам, области применения и стоимости. И если по набору выполняемых операций все виды инструмента примерно одинаковые, то по финансовым затратам на приобретение инструмента для ремонтных мастерских пневматический инструмент имеет определенное преимущество. И вообще, наличие в мастерской компрессорной установки является неотъемлемой частью ее оснащения.

Сжатый воздух, создаваемый компрессором, используют для реализации самых различных ремонтных задач: подкачка колес; продувка топливных и гидравлических систем; продувка систем охлаждения с целью очистки от пыли и грязи; покраска деталей машин краскопультом; пескоструйная обработка деталей; работа пневматических подъемников; использование пневматического ручного инструмента. Таким образом, имея одну станцию по производству сжатого воздуха (компрессор) есть возможность привести в работу большой список инструмента и оборудования.



Рис. 2. Компрессор поршневой

Современное компрессорное оборудование для ремонтных мастерских способно создавать значительное давление воздуха достаточное для работы большинства единиц инструмента и оснастки.

Однако стоит отметить, что при использовании пневматического инструмента стоит обращать особое внимание на качество воздуха, который идет от компрессора к инструменту. Влага, пыль, масляные пары могут присутствовать в сжатом воздухе и нанести вред оборудованию и качеству проделанной работы.

Для борьбы с указанными недостатками рабочей среды, в пневматическую систему внедряют фильтры и осушители воздуха. Анализ систем очистки воздуха в компрессорных установках позволяет сделать заключение на принципиальное разделение таких очистительных систем для бытового и профессионального использования. Здесь стоит отметить, что «бытовые» очистительные системы не означают низкое, недостаточное качество, а скорее всего указывают на простоту конструкции самого очистительного узла. Причем стоимость таких систем достаточно высокая.



Рис. 3. Системы подготовки сжатого воздуха



Рис. 4. Абсорбционный осушитель воздуха для компрессора

В случае рассмотрения вопроса оснащения ремонтной мастерской пожарно-спасательной части пневматическим инструментом и оборудованием стоит обратить особое внимание на принцип работы простых осушительных систем. Принцип работы таких систем позволяет обеспечить достаточное качество воздуха для работы большинства пневматического инструмента.

Для минимизации затрат на приобретение систем очистки воздуха от влаги, предлагается к самостоятельному изготовлению осушитель воздуха принцип действия которого основан на процессах конденсации жидкости из газа. Схема осушителя воздуха представлена на рис. 5.

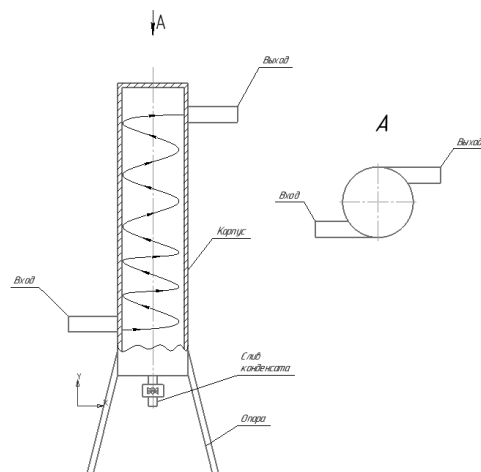


Рис. 5. Принципиальная схема осушителя воздуха

Осушитель представляет собой вертикально установленную на опоры металлическую трубу диаметром 100 мм, длиной 1500 мм. Торцы трубы герметично закрыты металлическими кругами по средствам сварного соединения. В нижней заглушке установлен кран для слива конденсата и снижения давления в магистрали. Для входа сжатого воздуха на высоте 100 мм от нижней заглушки вварен штуцер, на который устанавливается быстросъемный клапан для присоединения напорной магистрали. В верхней части установлен аналогичный штуцер с клапаном для выхода воздуха и подсоединения магистрали к инструменту. Особенность установки штуцера входа и выхода показана на рисунке 5. Диаметральное смещение от оси симметрии сечения основной трубы обеспечивает улучшение качества очистки воздуха. Попадая в осушитель, через впускной штуцер, сжатый воздух движется по касательной к стенкам осушителя создавая определенное закручивание. При таком движении на частицы жидкости, находящейся в сжатом воздухе, отбрасываются на стенки осушителя и стекают вниз. Накопленный конденсат удаляется из осушителя через сливной кран.

При включении осушителя в систему подготовки сжатого воздуха количество влаги значительно уменьшается. Визуальный осмотр и проверка технического состояния пневматического инструмента подтверждает повышение качества подготовленного воздуха. Это положительно отражается на долговечности работы инструмента и оборудования. Отсутствие влаги в воздухе, после предлагаемого осушителя, снижает процессы окисления внутренних металлических деталей и поверхностей инструмента, резиновые детали, а именно трубопроводы и уплотнения меньше подвержены негативному влиянию влаги и полностью вырабатывают свой ресурс минимизируя досрочный выход из строя.

Таким образом, для оборудования, работающего от сжатого воздуха, в небольших ремонтных мастерских возможно применение осушителя сжатого воздуха, изготовленного самостоятельно. При минимальных финансовых затратах на изготовление данного устройства возможно получение качественного сжатого воздуха пригодного для использования в качестве привода большинства пневматического инструмента и оборудования и для проведения покрасочных работ с использованием краскопульта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарубин, В. П. Влияние способа подготовки металлических конструкций для нанесения огнезащитных материалов на прочность покрытия / В. П. Зарубин, С. М. Хаджиев // Общенаучные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России: Сборник трудов XXXIV Международной научно-практической конференции, Химки, 01 марта 2024 года. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2024. – С. 129-133.
2. Зарубин, В. П. Влияние способа подготовки кузовных деталей пожарной техники под покраску на надежность покрытия / В. П. Зарубин, В. Е. Иванов, И. А. Легкова // Академия Государственной противопожарной службы МЧС России: Теория. Инновации. Практика: Материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня образования Академии ГПС МЧС России. В 5-ти частях, Москва, 19 октября 2023 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы, 2024. – С. 74-77.
3. Тарасова, Д. А. Повышение долговечности деталей пожарной техники с помощью современных способов механической обработки / Д. А. Тарасова, В. П. Зарубин // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2022. – С. 246-252.
4. Тлатов, Т. К. Разработка конструкции устройства для талькирования пожарных рукавов / Т. К. Тлатов, В. П. Зарубин // Надежность и долговечность машин и механизмов: Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2022. – С. 420-423.
5. Легкова, И. А. Модернизация конструкции мобильного устройства для проведения технического обслуживания пожарных автомобилей / И. А. Легкова, В. П. Зарубин, В. С. Соболева // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2024. – С. 133-137.

УДК 696.134.5

С.А. Егоров, Д.Е. Жумай

Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Аннотация: В работе рассматривается проблема повышения надёжности трубопроводов электрических станций, которые используются для подачи воды из открытых водоемов для охлаждения. Критичным оказывается ремонтпригодность данных объектов. В работе приводятся основные закономерности разрушения труб и водозапорной арматуры. В морской и пресной воде происходит электрохимическое разрушение отдельных участков металлических конструкций. Предлагается использование протекторов, которые размещаются непосредственно в конструкции.

Ключевые слова: надежность, электрическая станция, трубопровод, ремонтпригодность, электрохимическая коррозия, протекторная защита

S.A. Egorov, D.E. Zhumai

IMPROVING THE RELIABILITY OF POWER PLANT PIPELINES

Abstracts: The paper considers the problem of improving the reliability of pipelines of electric power plants that are used to supply water from open reservoirs for cooling. The maintainability of these objects is critical. The paper presents the main patterns of destruction of pipes and water fittings. Electrochemical destruction of individual sections of metal structures occurs in seawater and freshwater. It is proposed to use protectors that are placed directly in the structure.

Keywords: reliability, electric station, pipeline, maintainability, electrochemical corrosion, tread protection

Трубопроводы электростанций, снабжающие водой для охлаждения агрегатов, работают в тяжелых производственных условиях в коррозионно-активной среде электролитов. Состав электролитов зависит от водоема для забора воды. Практически во всех природных водах присутствуют растворы солей натрия, магния кальция, железа.

Защита оборудования от коррозии осложняется наличием блуждающих токов и биологическими объектами в виде водорослей и морских беспозвоночных животных, так как для охлаждения агрегатов используется вода из естественных природных водоемов без дополнительной очистки.

Оборудование используется постоянно и практические в течении всего периода эксплуатации происходят аварийные коррозионные разрушения, которые необходимо устранять заменой участков труб или наложением хомутов или завариванием дефектных участков.

Цель исследования, предложить методы повышения ресурса трубопроводов охлаждения электродвигателей электростанций морской водой.

Трубы и водозапорная арматура могут изготавливаться как из коррозионно-стойких сталей, так и из углеродистых по ГОСТ 10704-91, ГОСТ 10705-80, ГОСТ 8731-87, ГОСТ 8732-78, ГОСТ 8733-74 и другим. [1, 2, 3, 4]

Опыт эксплуатации показал, что на коррозионное разрушение трубопроводов оказывают влияние погодные условия, микрофлора и микрофауна воды, pH воды.

Для коррозионностойких сталей оказывается критичным то, что происходит межкристаллитная коррозия, после которой наблюдается наличие разрушенной поверхности. Ремонт отдельных участков практически не возможен из-за большого числа мелких повреждений. Трубы из сталей аустенитного класса стойки к локальной коррозии. Хром, никель и другие легирующие элементы значительно повышают коррозионную стойкость. Вместе с тем в составе материала труб присутствуют неметаллические включения и структурно-фазовая неоднородность. Сульфиды и нитриды постоянно присутствуют в составе стали и значительно влияют на питтинг и межкристаллитную коррозию.

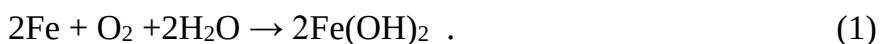
Оценка коррозионного разрушения проводится весовым методом, а для оценки межкристаллитной коррозии органолептически с применением микроскопа. [5]

Коррозионное разрушение трубопроводов из углеродистых сталей протекает сплошную и сопровождается образованием разрушенных участков. Такой участок может быть подвергнут ремонту. Вся труба может эксплуатироваться до планового ремонта. Это несомненное преимущество при эксплуатации значительных по протяженности трубопроводов.

В потоке жидкости происходит электрохимическая коррозия металлической поверхности по следующим стадиям: окисление металла с образованием ионов и электронов, восстановление окислителя (кислорода и воды) коррозионной среды с образованием ионов OH^- , образование продуктов коррозии оксидов и гидроксидов. Продукты коррозии должны замедлять дальнейшую коррозию, так как образуют пассивирующую пленку на поверхности металла. [6]

В металле, так как он не однороден, присутствуют микрогальванопары, которые являются источниками микротоков. Это зерна феррита и перлита, а также для коррозионностойких сталей оксида хрома, никеля и шпинели, и другие неметаллические включения. Электрохимическая коррозия приводит к межкристаллитной коррозии, результаты которой плохо поддаются ремонту.

Наблюдается анодное разрушение поверхности под действием окислителей с выделением ионов железа и их связыванием в гидроксид:



В воде, подаваемой из открытых водоемов, присутствуют соли и ионы солей. Это Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , NO_3^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SiO_2 , S^- , SO_4^{2-} , NH_4^+ . Показатель pH может меняться в зависимости от времени года от 7,7 до 10,3 [7, 8].

Наиболее важный фактор усиления коррозии является движение коррозионной среды, так как происходит постоянное обновление состава электролита и скорость коррозионного разрушения будет прямо пропорциональна скорости его движения.

Разрушение металла микрогальванопары будет протекать более интенсивно, если он обладает более электроотрицательным электропотенциалом. Так для морской воды стационарные потенциалы металлов увеличиваются в ряду: $\text{Mg} \rightarrow \text{Zn} \rightarrow \text{Al} \rightarrow \text{Cd} \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Pb} \rightarrow \text{Sn} \rightarrow \text{Ni} \rightarrow \text{Cu} \rightarrow \text{Ti} \rightarrow \text{Au}$.

Следовательно, для железоуглеродистых сплавов и хромоникелевых коррозионностойких сталей необходимо устанавливать протекторы из магния или цинка.

Размер протектора должен соответствовать площади защищаемой поверхности, так как плотность коррозионного тока анода металла определяется по формуле:

$$i_A = i_K \frac{S_K}{S_A} , \quad (2)$$

где S_K – площадь катода, S_A – площадь анода.

Для подтверждения гипотезы был спланирован эксперимент по определению коррозионного разрушения металлических деталей в среде 3% хлорного железа. Для этого были использованы металлические детали из стали 08X18H10T и сталь 20 в виде листов толщиной 0,8 мм. Детали помещались в раствор и соединялись с протектором из цинка марки Ц0 и кадмия марки Кд0, которые изготавливались из листа толщиной 2 мм. Размеры деталей и анодов 100x100. Эксперимент проводился в течение 168 часов погружением в перемешивающийся раствор. После завершения проводилось взвешивание деталей для определения количества убыли металла.

Для деталей из нержавеющей сталей дополнительно проводилось определение протекания межкристаллитной коррозии по ГОСТ 6032-2017.

Как оказалось, сталь 20 не подвергается коррозионному разрушению в среде хлорного железа в присутствии протектора по весовому методу.

Нержавеющие детали также были проверены на межкристаллитную коррозию и следов не обнаружено.

Таким образом рекомендуется устанавливать протекторы при эксплуатации трубопроводов для защиты от электрохимической коррозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 1050-2013.Metalлопродукция из нелегированных конструкционных качественных сталей. Общие технические условия. – М.: Стандартиформ, 2014. – 36 с.
2. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент. - М.: Стандартиформ, 2007. - 36 с.
3. ГОСТ 10705-80 Трубы стальные электросварные. Технические условия. - М.: Стандартиформ, 2005. - 21 с.
4. ГОСТ 8731-87 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия. - М.: Издательство стандартов, 1993. - 7 с.
5. ГОСТ 6032-2017. Стали и сплавы коррозионно-стойкие. Методы испытаний на стойкость против межкристаллитной коррозии. – М.: Стандартиформ, 2017. – 32.
6. Семенова, И.В. Коррозия и защита от коррозии/ Под ред. И.В. Семеновой – М.: Физматлит, 2002. – 336 с.
7. Химический состав вод финского залива в районе города Ломоносов./ Д.А. Красков, Т.П. Луцко // Материалы XII Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: <a href="https://scienceforum.ru/2020/article/2018018919".
8. Парменова, О.Н. Стойкость к питтинговой и щелевой коррозии нержавеющей сталей аустенитного класса в морской воде. Автореферат дисс... к.т.н. – СПб.: ЦНИИКМ «Прометей» им. И.В. Горынина, 2019. – 26 с.

УДК 620.179.11

Е.А. Жирнова¹, А.А. Снежко²

¹ Сибирский государственный университет науки и технологий имени М. Ф. Решетнева

² ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ

Аннотация: Исследуются вопросы контроля качества сварных швов неразрушающими методами контроля. Проведен анализ применения визуального и измерительного контроля, радиографического контроля. Показаны особенности стилоскопирования при контроле качества сварных швов. Проанализированы требования к методам контроля и разработаны диаграммы процесса контроля.

Ключевые слова: надежность, визуальный и измерительный контроль сварных швов, радиографический контроль, стилоскопирование.

E. A. Zhirnova, A. A. Snezhko

IMPROVING THE RELIABILITY OF TECHNICAL PRODUCTS BASED ON NON-DESTRUCTIVE TESTING METHODS

Annotation. The issues of quality control of welds by non-destructive testing methods are investigated. The analysis of the application of visual and measuring control, radiographic control is carried out. The features of styloscopy in quality control of welds are shown. The requirements for control methods are analyzed and diagrams of the control process are developed.

Keywords: reliability, visual and measuring inspection of welds, radiographic inspection, styloscopy.

Одним из основных инструментов проверки надежности технических объектов являются неразрушающие методы контроля. Важным достоинством данных методов является то, что они не оказывают влияние на эксплуатационную пригодность изделия. Поэтому широко применяются при оценке качества и безопасности сварных швов трубопровода системы газового пожаротушения.

Проанализируем применение методов неразрушающего контроля для оценки качества сварных швов. Среди всех методов контроля особое место занимает визуальный и измерительный контроль (далее - ВИК). Согласно нормативной документации, визуальный контроль - органолептический контроль, осуществляемый органами зрения. Измерительный контроль - контроль, осуществляемый с применением средств измерений (прямые и косвенные измерения) [1].

ВИК можно использовать для обнаружения таких дефектов, как остаточная деформация, поверхностные полости, крупные трещины, подрезы, риски, задиры, повреждения вследствие эрозии или коррозии, следы от заклепок, а также отклонения в форме деталей и изделий, дефекты материала и поверхности. Они могут также использоваться для визуального состояния защитных покрытий, контроля качества продукции по цвету и обеспечения других функций контроля.

Отличие ВИК от всех других методов контроля заключается в том, что он применяется практически всегда.

ВИК материала (полуфабрикатов, заготовок, деталей) и сварных соединений проводят на следующих стадиях:

- 1) входного контроля
- 2) изготовления деталей, сборочных единиц и изделий
- 3) подготовки деталей и сборочных единиц к сборке
- 4) подготовки деталей и сборочных единиц к сварке
- 5) сборки деталей и сборочных единиц под сварку;
- 6) процесса сварки;
- 7) контроля готовых сварных соединений и наплавов;
- 8) исправления дефектных участков в материале и сварных соединениях (наплавках).

В ходе исследования проведён анализ требований к процессу ВИК сварных швов, результаты представлены в виде SADT диаграммы процесса проведения ВИК на рис. 1. Диаграмма разработана с учетом требований регламентирующей документации: ГОСТ Р 50.05.08-2018 «Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Визуальный и измерительный контроль» [1].

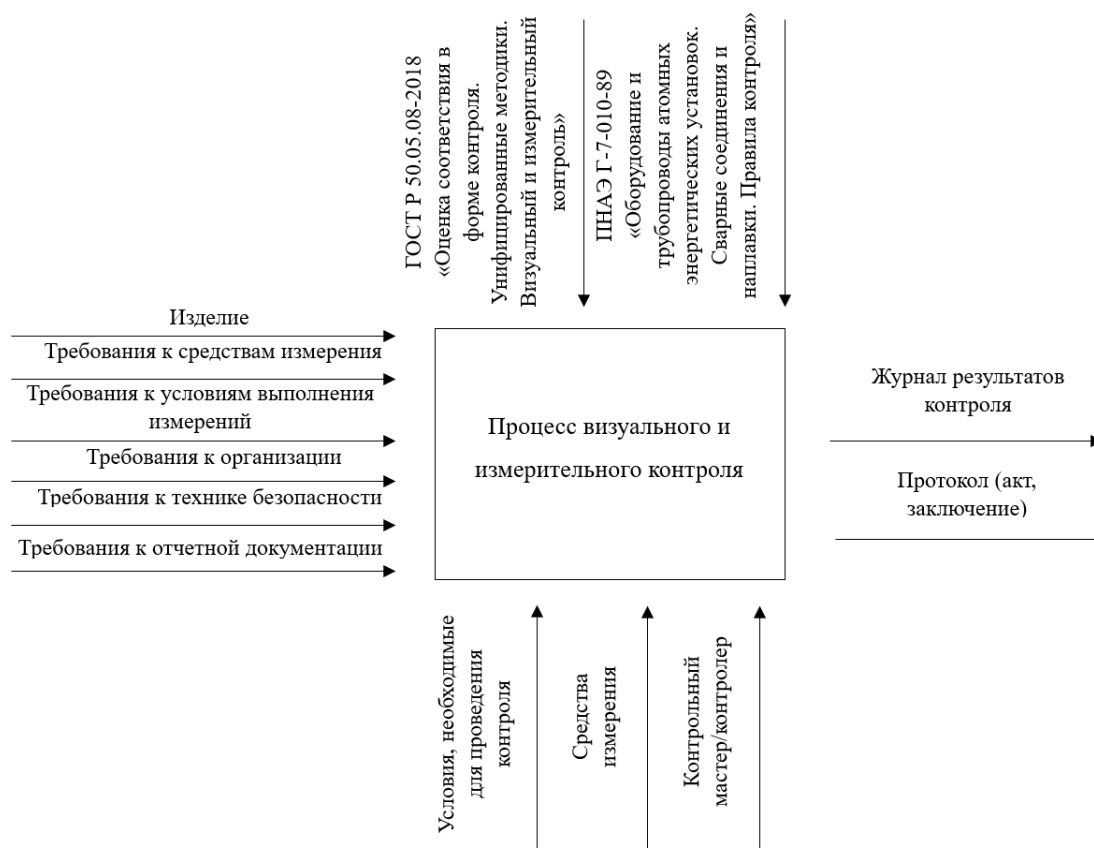


Рис. 1. Обобщающая SADT диаграмма процесса ВИК

Визуального и измерительного контроля не всегда достаточно, поэтому рассмотрим является радиографический контроль.

Согласно нормативной документации, радиографический метод неразрушающего контроля - метод радиационного неразрушающего контроля, основанный на преобразовании радиационного изображения контролируемого объекта в радиографический снимок или записи этого изображения на запоминающем устройстве с последующим преобразованием в световое изображение [2; 3].

Радиографический контроль (далее - РК) проводят с целью выявления в сварных соединениях (шве и околошовной зоне) и наплавленных покрытиях:

- 1) трещин;
- 2) непроваров;
- 3) несплавлений;
- 4) пор;
- 5) металлических и неметаллических включений, плотность которых отличается от плотности металла сварного соединения (вольфрамовых, шлаковых, оксидных и т. п.);
- 6) недоступных для внешнего осмотра подрезов, прожогов и т. п. [2].

При РК не обеспечивается выявление: дефектов, размеры которых в направлении просвечивания меньше удвоенной чувствительности контроля; любых несплошностей, когда изображение на снимке совпадает с изображением другой детали, острых углов, различий в толщине просвечиваемого металла; непроваров, несплавлений, трещины, если их раскрытие меньше значений, указанных в [3]

В ходе исследования проведён анализ требований к процессу РК сварных швов, результаты представлены в виде SADT диаграммы на рис. 2.



Рис. 2. Обобщающая SADT диаграмма процесса РК

Диаграмма разработана с учетом требований регламентирующей документации: ГОСТ Р 50.05.07-2018 «Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Радиографический контроль» [4].

При оценке качества сварных швов ответственных соединений МОЖНО использовать стилоскопирование. Это экспрессный метод установления соответствия марки использованных для сварки материалов требованиям нормативно-технической документации. Он основан на визуальном и измерительном контроле, когда яркость полученных спектральных линий сравнивается с эталонным изображением.

Стилоскопирование – это метод неразрушающего контроля, использующий явление свечения паров металла в дуговом разряде (низковольтной искре). Последний создается с помощью системы из двух электродов, одним из которых является исследуемый образец, а другим – «постоянный» электрод прибора. Он выполнен в виде стальных стержней или медных дисков. Во время горения дуги материал переходит с электродов, а пространство между ними заполняется раскаленным паром.

Каждый тип металла характеризуется своими спектральными линиями. Излучение пара проходит через оптику стилоскопа, где в призме разбивается на спектральные линии определенных длин волн. Это можно наблюдать через окуляр. Если в спектре присутствуют линии определенного химического элемента, это значит, что данный химический элемент присутствует в сварочном материале, и наоборот.

Качественная оценка производится по спектрограммам, собранным в атласе, а полуколичественная - по таблицам сравнительной интенсивности. Эти данные прилагаются к упаковке спектрометра.

Контроль стилокопированием не производится:

- 1) при невозможности осуществления контроля вследствие недоступности сварных швов;
- 2) по условиям техники безопасно

В ходе исследования проведён анализ требований к процессу стилокопирования сварных швов, результаты представлены в виде SADT диаграммы на рис. 3.

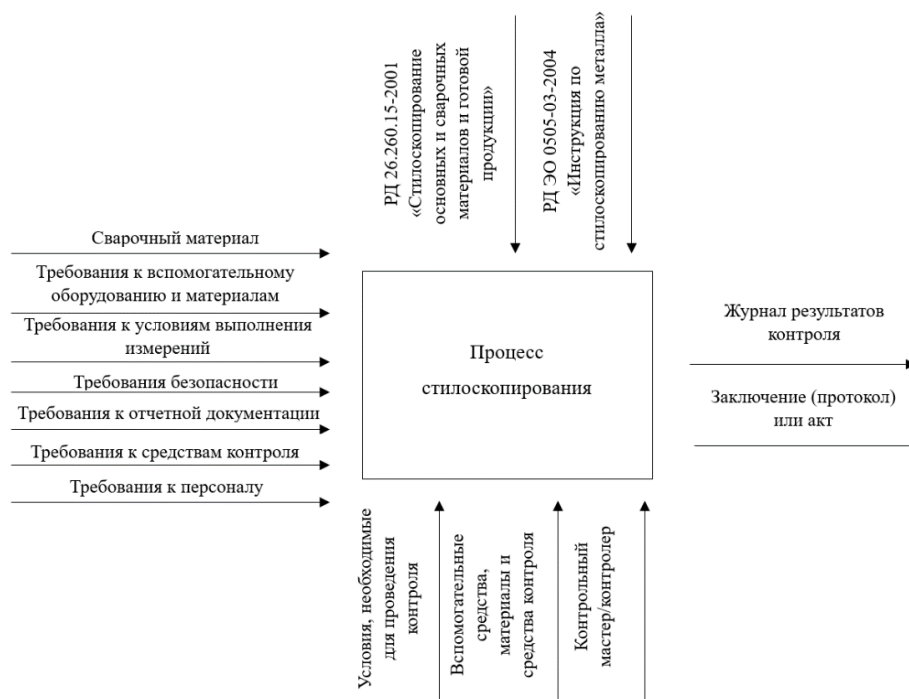


Рис. 3. Обобщающая SADT диаграмма процесса стилокопирования

Диаграмма разработана с учетом требований регламентирующей документации: РД 26.260.15-2001 «Стилокопирование основных и сварочных материалов и готовой продукции», РД ЭО 0505-03-2004 «Инструкция по стилокопированию металла» [5, 6].

Согласно РД 26.260.15-2001 и РД ЭО 0505-03 составлена блок-схема процесса проведения стилокопирования, приведенная на рис. 4.

Если результаты стилокопирования не соответствуют требованиям норм и технической документации, производятся другие испытания, на основании которых делается окончательный вывод о пригодности соединения.

При применении ВИК для оптимизации контраста между фоном зоны контроля и дефектами следует использовать дополнительный переносной источник света, т.е. комбинированное освещение. Освещенность контрольной поверхности должна быть достаточной для надежного обнаружения дефектов и составлять не менее 500 люксов для общего освещения и не менее 1250 люксов для комбинированного освещения.



Рис. 4. Блок-схема процесса проведения стилоскопирования

Таким образом, исследованы вопросы применения визуального и измерительного контроля, радиографического контроля сварных швов. Неразрушающие методы контроля сварных швов обладают такими достоинствами как высокая надежность и достоверность контроля и направлены на обеспечение надежности сложных технических изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50.05.08-2018 Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Визуальный и измерительный контроль. – Москва : Стандартинформ, 2018.
2. ГОСТ Р 55776-2013. Контроль неразрушающий радиационный. Термины и определения. – Москва : Стандартинформ, 2015.
3. ГОСТ 7512-82. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод. – Москва : Изд-во стандартов, 1983.
4. ГОСТ Р 50.05.07-2018 «Оценка соответствия в форме контроля. Унифицированные методики. Радиографический контроль» – Москва : Изд-во стандартов, 2018.
5. РД 26.260.15-2001. Руководящий документ. Стилоскопирование основных и сварочных материалов и готовой продукции– Волгоград, 2001.
6. РД ЭО 0505-03-2004. Руководящий документ. Инструкция по тилоскпированию металла– Москва : ОАО ВНИИАЭС, 2004.

УДК 621

Р.Р. Капов, В.А. Наминов, В.Е. Иванов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ РЕМОНТА ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация: в статье рассматриваются инновационные методы восстановления деталей пожарных автомобилей, включая аддитивные технологии, композитные материалы и другие методы ремонта. Проведен анализ их эффективности, экономической целесообразности и влияние на долговечность работы устройство в целом. Результаты демонстрируют значительное сокращение времени простоя техники и затрат на обслуживание при сохранении требований к безопасности.

Ключевые слова: устройство, пожарная техника, ремонт, надежность, аддитивные технологии.

R.R. Kapov, V.A. Naminov, V. E. Ivanov

MODERN METHODS OF REPAIRING FIRE TRUCK PARTS

Abstract: the article examines innovative methods for restoring fire engine parts, including additive technologies, composite materials and other repair methods. An analysis of their effectiveness, economic feasibility and impact on the durability of the device as a whole is conducted. The results demonstrate a significant reduction in equipment downtime and maintenance costs while maintaining safety requirements.

Keywords: device, fire fighting equipment, repair, reliability, additive technologies.

Пожарные автомобили - критически важная составляющая систем экстренного реагирования. Их надежность напрямую влияет на скорость ликвидации чрезвычайных ситуаций. Однако экстремальные условия эксплуатации (высокие температуры, вибрации, контакт с агрессивными средами) приводят к преждевременному износу узлов, таких как насосные системы, элементы шасси и кузова [1, 2]. Традиционные методы ремонта, такие как сварка или полная замена деталей, зачастую экономически невыгодны и требуют длительного времени [3, 4]. Рассмотрим современные технологии восстановления деталей автомобилей, включая их технологические, материальные и практические аспекты [5].

К основным дефектам пожарной техники можно отнести механические повреждения [6, 7], коррозию и термические повреждения. Среди механических повреждений часто встречаются трещины на корпусах насосов из-за гидроударов, корпусах патрубков систем охлаждения, деформация рамы вследствие перегрузок, износ зубчатых передач и др. Коррозия приводит к разрушению выхлопных систем под воздействием химических реагентов, кузовных деталей и ёмкостей для транспортировки огнетушащих веществ. Термическим повреждениям могут подвергаться не только пожарное оборудование (например, пожарные рукава), но и двигатель автомобиля в результате перегрева, который мог произойти из-за неправильной эксплуатации или разгерметизации системы охлаждения ДВС [8, 9].

Одним из инновационных способов восстановления поврежденных деталей является применение аддитивных технологий, как для пластиковых деталей, так и деталей, выполненных из металла. Аддитивные технологии (3D-печать) становятся ключевым инструментом в восстановлении и модернизации деталей пожарных автомобилей. Они позволяют создавать и ремонтировать компоненты с высокой точностью, используя минимальное количество материала, что особенно важно для специализированной техники, работающей в экстремальных условиях.

Основные методы аддитивного производства: Laser Metal Deposition (LMD), Selective Laser Melting (SLM), Fused Deposition Modeling (FDM), Electron Beam Melting (EBM), Stereolithography (SLA). Laser Metal Deposition (LMD) – представляет собой послойное нанесение металлического порошка с помощью лазера. Применяется для восстановления изношенных поверхностей (валы, шестерни, корпуса насосов). Материалы для изготовления деталей применяются следующие: стали, титановые сплавы, никелевые сплавы. Возможно применение для ремонта трещин в корпусных деталях. Selective Laser Melting (SLM) – в этой технологии при помощи лазера мелкие частицы пластического или металлического порошка расплавляются по заданной геометрии. Подходит для изготовления сложных деталей с внутренними каналами (например, форсунки), а также для изготовления кронштейнов крепления оборудования. Материалы: алюминий, нержавеющая сталь, кобальт-хром. Fused Deposition Modeling (FDM) – в данной технологии термопластичная нить (пластик) подается через экструдер и застывая слоями образует деталь. В качестве материалов применяются: ABS, PLA, нейлон, композиты (углеволокно). Подходит для изготовления пластиковых патрубков, шестерен, кронштейнов, втулок и др. Binder Jetting – в данной технологии специальное связующее вещество склеивает частицы порошка (металл, керамика, песок). Применяется для создания литейных форм при изготовлении алюминиевых деталей. Stereolithography (SLA) – в данной технологии УФ-лазер затвердевает жидкий фотополимер. Для изготовления деталей применяют эпоксидные смолы, акрилаты. Может применяться при производстве точных мастер-моделей для литья. Преимущества аддитивных технологий перевешивают недостатки в нишевых областях: ремонт уникальных или устаревших деталей, производство сложносоставных компонентов с минимальным весом, быстрое прототипирование и кастомизация. Ограничения: не заменяют традиционные методы в массовом производстве, требуют значительных инвестиций и обучения персонала. В таблице приведено сравнение аддитивных технологий.

Таблица. Сравнение аддитивных технологий

Метод	Материалы	Точность изготовления	Скорость изготовления	Стоимость
LMD	Металлы	Средняя	Высокая	Высокая
SLM	Металлы	Высокая	Средняя	Очень высокая
FDM	Полимеры	Низкая	Средняя	Низкая
Binder Jetting	Металлы, керамика	Средняя	Высокая	Средняя
EBM	Титан, сплавы	Высокая	Средняя	Очень высокая
SLA	Фотополимеры	Очень высокая	Низкая	Средняя

Для ремонта пожарных автомобилей наиболее подходят LMD (восстановление металлических деталей) и SLM (изготовление термостойких компонентов). Для неотчетственных деталей и прототипов эффективен FDM. Аддитивные технологии — это инструмент, который дополняет, но не заменяет классические методы. Их внедрение оправдано там, где критичны скорость, гибкость и минимизация отходов.

Для восстановления кузовных элементов или усиления могут применяться композитные материалы (углепластики, кевлар). Например, армирование эпоксидными смолами с углеволокном увеличивает жесткость дверей на 30% без увеличения массы. Методы холодного восстановления деталей, которые используются без применения высоких температур (например, без сварки или пайки). Они основаны на применении специальных материалов (полимеров, композитов, металлических наполнителей) и механических/химических процессах, которые не вызывают термических деформаций или структурных изменений в базовом материале. Эти методы особенно актуальны для пожарных автомобилей, где критически важно сохранить целостность ответственных узлов (двигатель, насосы, топливные системы) и избежать риска коробления или ослабления металла.

Основные виды холодных методов: холодная сварка, газодинамическое напыление, механическое восстановление. При холодной сварке возможно склеивание трещин или восстановление формы детали с помощью двухкомпонентных составов (эпоксидные смолы, металлонаполненные полимеры), например, при заделке трещин в алюминиевых корпусных деталях составом на основе эпоксидной смолы с керамическим наполнителем. Преимуществом такого способа является устойчивость к вибрациям и температурам до 200 °C.

Газодинамическое напыление представляет собой нанесение металлических или керамических порошков на поверхность с высокой скоростью без плавления основного материала. Может применяться восстановления изношенных шеек коленчатого вала напылением карбида хрома (Cr_3C_2), при этом, покрытие не отслаивается даже при циклических нагрузках [10].

Механическое восстановление подразумевает под собой использование втулок, шпилек или резьбовых вставок для ремонта поврежденной резьбы или отверстий. Например, восстановление сорванной резьбы в головке блока цилиндров с помощью стальной вставки.

Полимерно-композитные бандажи могут применяться для усиления треснувших деталей (трубопроводов, баков) армирующими лентами из углеволокна, пропитанными эпоксидной смолой. Например, ремонт топливного бака с трещиной с использованием бандажа из кевлара.

Холодные методы ремонта — это эффективная альтернатива традиционным технологиям для восстановления неотчетственных и термочувствительных узлов пожарных автомобилей. Они позволяют быстро вернуть технику в строй с минимальными затратами, сохраняя её надежность. Однако для критически важных деталей (например, элементов тормозной системы) не рекомендуется применять данные методы.

Современные технологии ремонта, такие как аддитивное производство и холодные методы, трансформируют подход к обслуживанию пожарных автомобилей. Они не только повышают надежность и безопасность техники, но и сокращают эксплуатационные затраты. Несмотря на высокие первоначальные инвестиции, долгосрочные преимущества (снижение расхода материалов, сокращение времени про-

стоя) делают эти методы экономически оправданными. Внедрение инновационных методов ремонта — это не просто техническая модернизация, но и стратегический шаг к устойчивому развитию аварийно-спасательных служб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков П. В. Повышение износостойкости валов дифференциалов за счет применения технологии алмазного выглаживания / П. В. Пучков, В. П. Зарубин, В. В. Киселев [и др.] // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2022. – № 4(72). – С. 55-61. – DOI 10.6060/snt.20227204.0008.
2. Покровский, А. А. Прочностной расчет устройства для проведения технического обслуживания и ремонта шасси пожарных автомобилей / А. А. Покровский, В. П. Зарубин, П. В. Пучков // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2022. – № 4. – С. 188-192. – DOI 10.36652/0202-3350-2022-23-4-188-192.
3. Зарубин, В. П. Влияние способа подготовки кузовных деталей пожарной техники под покраску на надежность покрытия / В. П. Зарубин, В. Е. Иванов, И. А. Легкова // Академия Государственной противопожарной службы МЧС России: Теория. Инновации. Практика : Материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня образования Академии ГПС МЧС России. В 5-ти частях, Москва, 19 октября 2023 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы, 2024. – С. 74-77.
4. Пучков, П. В. Повышение надежности машин и механизмов за счет применения трибологически безопасных резьбовых соединений / П. В. Пучков, А. В. Топоров, В. Е. Иванов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2024. – № 5. – С. 198-202. – DOI 10.36652/0202-3350-2024-25-5-198-202.
5. Повышение эффективности эксплуатации пожарной техники за счет создания необходимых условий для ее ремонта и технического обслуживания / И. А. Легкова, В. П. Зарубин, В. Е. Иванов, А. А. Покровский // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 2(51). – С. 47-55.
6. Снижение износа подшипникового узла полуосей пожарных автомобилей применением металлоплакирующих присадок / В. В. Киселев, В. Е. Иванов, П. В. Пучков [и др.] // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2023. – № 10. – С. 462-464. – DOI 10.36652/0202-3350-2023-24-10-462-464.
7. Киселев, В. В. Повышение надежности и долговечности зубчатых колес главной передачи пожарных автомобилей за счет улучшения триботехнических характеристик трансмиссионных масел / В. В. Киселев, В. Е. Иванов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2021. – № 10. – С. 475-478. – DOI 10.36652/0202-3350-2021-22-10-475-478
8. Иванов, В. Е. К вопросу о ремонте радиатора пожарного автомобиля клеевыми составами / В. Е. Иванов // Актуальные вопросы эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов : Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, Химки, 19–20 декабря 2022 года. – Химки: Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2022. – С. 50-53.
9. Шумнов, Г. С. Экспресс ремонт радиаторов пожарной техники / Г. С. Шумнов, В. Е. Иванов // Общественные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России : Сборник трудов секции № 16 XXXI Международной научно-практической конференции, Химки, 17 марта 2021 года. – Химки: Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2021. – С. 142-145.

10. Зарубин, В. П. Повышение надежности и долговечности деталей пожарных насосов методами упрочняющей обработки / В. П. Зарубин, В. Е. Иванов, П. В. Пучков // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2021. – № 10. – С. 458-460. – DOI 10.36652/0202-3350-2021-22-10-458-460.

УДК 960.91

В.В. Ковалёв, Д.В. Зенкевич, Д.В. Ермолаев

Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Будённого

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К БЕНЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОМУ ИСТОЧНИКУ ТОКА ДЛЯ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация: В статье рассматриваются потребительские свойства бензоэлектрических агрегатов на предмет их соответствия требованиям по обеспечению электроэнергией малочисленных воинских формирований при их автономном размещении в полевых условиях

Ключевые слова: бензоэлектрические источники электроэнергии, часовая потребность в электроэнергии, резерв электрической мощности, выбор методом ранжирования показателей

V.V. Kovalev, D.V. Zenkevich, D.V. Ermolaev

JUSTIFICATION OF THE REQUIREMENTS FOR A BENZOELECTRIC SOURCE CURRENT FOR POWER SUPPLY IN THE FIELD

Abstract: The article examines the consumer properties of benzoelectric units for their compliance with the requirements for providing electricity to small military formations during their autonomous deployment in the field.

Keywords: benzoelectric sources electricity, hourly demand for electricity, reserve of electric power, selection by the method of ranking indicators

Опыт проведения специальной военной операции на Украине показал высокую востребованность автономных бензоэлектрических источников электроэнергии для обеспечения боевых и повседневных потребностей функционирования большого количества малочисленных воинских формирований при их автономном размещении.

Основными потребителями электрической энергии в полевых условиях, как правило, являются мобильные средства связи личного состава, средства электрического освещения полевых защитных сооружений и укрытий, маломощные электротехнические средства тылового обеспечения (водогрейки, кипятильники, электронагреватели). Учитывая, что среднестатистическая численность этих малых воинских формирований составляет 7–10 человек, можно сделать примерный расчет электрической мощности бензоэлектроагрегатов необходимых для удовлетворения суммарной потребности абонентов автономной электрической сети в этих условиях.

Расчёт часовой потребности в электроэнергии ($Q_{\text{ч}}$) для покрытия боевых и повседневных потребностей в условиях автономного ведения боевых действий выполняется по формуле (1). Потребность может составлять:

$$Q_{\text{ч}} = (Q_{\text{н}} + n_{\text{л.с.}} * Q_{\text{н+1}}) / d_{\text{мес.}} / t_{\text{сут.}} = (96 + 10 * 40) / 30 / 24 = 0,7 \text{ кВт/ч}, \quad (1)$$

где, $Q_{\text{н}}$ - социальная норма ежемесячного электрообеспечения на первого потребителя [1];

$n_{\text{л.с.}}$ - штатное количество личного состава в мотострелковом отделении;

$Q_{\text{н+1}}$ - социальная норма ежемесячного электрообеспечения на каждого последующего потребителя [1];

$d_{\text{мес.}}$ - количество дней в месяце;

$t_{\text{сут.}}$ - число часов в сутках.

Предусматривается 30 % резерв мощности. Таким образом, исходная требуемая мощность электроустановки ($P_{\text{исх}}$) для удовлетворения потребностей в электричестве боевого подразделения действующего автономно должна составлять:

$$P_{\text{исх}} = Q_{\text{есут}} + Q_{\text{есут}} * k_{\text{рез}} = 0,7 + 0,7 * 0,3 = 0,91 \text{ кВт/ч}, \quad (2)$$

где, $k_{\text{рез}}$ - коэффициент резерва электрической мощности электроагрегата.

Для обеспечения длительной безотказной эксплуатации генератора, поддержания приемлемого температурного режима и малозаметного акустического фона в рабочей зоне рекомендуется использовать оптимальный нагрузочный режим в объёме 60–70 % от исходной номинальной мощности электроустановки.

С учетом этого требования номинальная мощность электроустановки ($P_{\text{нэу}}$) должна составлять:

$$P_{\text{ном}} = P_{\text{исх}} + P_{\text{исх}} * k_{\text{рез}} = 0,91 + 0,91 * 0,4 = 1,27 \text{ кВт} \quad (3)$$

Таким образом, с учетом выше приведённых аргументов, была установлена минимально необходимая электрическая мощность электроустановки для удовлетворения потребностей в электричестве боевого подразделения, действующего автономно.

Опыт практической боевой деятельности малочисленных воинских формирований показывает, что генераторы могут эксплуатироваться в режиме кратковременного включения (длительность работы зависит от текущих условий тактической обстановки и конкретных характеристик бензоэлектроагрегата).

В случае необходимости обеспечения боевого дежурства, поисковой работы, видеонаблюдения за линией боевого соприкосновения обязательно должна быть предусмотрена возможность длительной работы электроустановки, с перерывами на заправку и для проведения межсменного технического обслуживания. В таких случаях, во избежание случаев полного отсутствия электроснабжения в подразделении обязательно должен быть предусмотрен второй дублирующий (сменный) генератор. Внешний вид возможного прототипа бензоэлектрогенератора представлен на рисунке.



Рисунок. Бензоэлектрический генератор:

- 1 – розетка подключения электрокабеля;
- 2 – вольтметр;
- 3 – топливный бак;
- 4 – воздушный патрубок;
- 5 – вентилятор

Непременные технические требования к бензоэлектростанции:

- устойчивая рама всего агрегата;
- защита двигателя от ударов и прочих повреждений;
- обеспечение качественного охлаждения;
- температурный диапазон окружающей среды от – 40 до + 50°С;
- наличие системы электропуска;
- наличие счетчика моточасов;
- наличие системы отключения двигателя при перегрузке и коротком замыкании;

- наличие системы принудительного воздушного охлаждения;
- наличие индикатора уровня масла;
- эффективное гашение вибрации во время работы;
- уровень шума при нагрузке в 50% от номинальной – не более 60 дБ на расстоянии 7 м от источника звука, для обеспечения акустической малозаметности;

соответственно, рабочий цикл бензинового двигателя внутреннего сгорания (ДВС) более предпочтителен 4-тактный по сравнению с 2-тактным, ввиду меньшей «шумности» первого, даже при большей эффективной мощности, а как следствие, и экономичности второго, т.к. боевые действия, сами по себе, весьма нерентабельны;

с целью обеспечения сглаживания синусоиды, т.е. для улучшения стабильности вырабатываемого напряжения, может быть выбран инверторный генератор, но это влечет за собой его более высокую стоимость, которая может оправдана необходимостью подключения в сеть питания электронных потребителей электрического тока;

габаритные размеры генератора в боевых условиях имеют также не последнее значение, ввиду неотъемлемой необходимости тактической и тепловой маскировки места его размещения, в первую очередь выхода отработанных газов, которое целесообразно размещать на удалении 10–15 м с помощью гофрированной металлической трубы закопанной в землю. При этом выхлопная труба ДВС соединяется с гофрированной или гладкостенной металлической трубой через переходник 3/4 дюйма.

При размещении такого газо-отвода необходимо учитывать, что одной из операций ежедневного технического обслуживания в этом случае обязательно является прочистка трубы от нагара, следовательно необходимо предусмотреть и обеспечить удобство выполнения этой операции. При выборе гофрированной или гладкостенной металлической трубы следует помнить, что гофрированная труба более предпочтительна т.к. в результате попадания нагара (сажи) в углубления гофры более долгий период времени рабочее сечение трубы остаётся свободным для выхода отработанных газов.

В результате рассмотрения технических характеристик генераторов (таблица), представленных на современных маркетплейсах, на основе известной методики многофакторной оценки показателей сравниваемых объектов [2] был проведён анализ соответствия приведённых выше требований имеющимся характеристикам образцов бензоэлектроагрегатов.

Для выполнения расчета был выбран следующий порядок ранжирования параметров:

- 1 - уровень шума (дБ) в целях обеспечения наиболее низкой акустической заметности бензоэлектроагрега;
- 2 – вес (кг) бензоэлектроагрега, что обеспечивает мобильность подразделения;
- 3 – расход топлива (л/ч) обуславливающее продолжительность работы бензоэлектроагрега на одной заправке топливом;
- 4 – выдаваемую мощность (кВт) электрического тока;
- 5 – стоимость, поскольку ведение боевых действий уже само по себе, в общем понимании деятельность исключительно затратная, поэтому: «цель – оправдывает средства».

Такой, на первый взгляд, основной параметр бензоэлектроагрега как выдаваемая мощность (кВт) электрического тока оказался на предпоследнем месте в виду того, что ни один из рассматриваемых образцов не отвечает расчетному значению необходимой электрической мощности в 1,27 кВт. Поэтому, поскольку ранее упоминалась очевидная необходимость наличия резервного бензоэлектроагрега целесообразно укомплектовывать малочисленные воинские формирования двумя однотипными бензоэлектроагрегатами.

Таблица. Пятифакторная сравнительная оценка рейтинга образцов бензоэлектроагрегов [3]

Параметр	Мощность (кВт)		Расход топлива (л/ч)		Уровень шума (дБ)		Вес (кг)		Стоимость (руб)		Средняя оценка рейтинга образца
Порядок приоритета	4		3		1		2		5		
Модель	Значение параметра	Оценка рейтинга	Значение параметра	Оценка рейтинга	Значение параметра	Оценка рейтинга	Значение параметра	Оценка рейтинга	Значение параметра	Оценка рейтинга	
Husqvarna G1300P	1	0,25	1	0,163	95	0,600	28	0,209	34990	0,057	
Huter HT950A	0,65	0,1625	1	0,163	57	1,000	19	0,308	12390	0,162	0,359

Параметр	Мощность (кВт)		Расход топлива (л/ч)		Уровень шума (дБ)		Вес (кг)		Стоимость (руб)		Средняя оценка рейтинга образца
Порядок приоритета	4		3		1		2		5		
Модель	Значение параметра	Оценка рейтинга	Значение параметра	Оценка рейтинга	Значение параметра	Оценка рейтинга	Значение параметра	Оценка рейтинга	Значение параметра	Оценка рейтинга	
Сибртех БС-1200	1	0,25	0,8	0,204	95	0,600	22,9	0,255	15300	0,131	
Champion IGG950	0,9	0,225	0,93	0,176	65	0,877	11,7	0,500	11990	0,167	
Eurolux G950A	0,95	0,24	0,49	0,680	70	0,814	16,3	0,359	10020	0,200	

Таким образом, результате проведённого ранжирования было установлено, что наиболее близко перечисленным выше требованиям соответствует бензоэлектроагрегат *Eurolux G950A*.

Необходимо отметить ряд практических рекомендаций сформированных в ходе войсковой эксплуатации бензоэлектрогенератором:

установка пламегасителей на выходе из глушителей является малооправданной доработкой, поэтому при наличии этого элемента в конструкции бензоэлектрогенератора, его целесообразно удалить в виду того, что при достаточном удалении с помощью дополнительных труб места выхода отработанных газов от бензоэлектроагрегата, выхлопные газы выходят в окружающую среду гарантированно без признаком горения. Тем самым снижается вероятность неизбежного быстрого повышения сопротивления выходу отработанных газов при загрязнении пламегасителя нагаром;

после длительной работы ДВС, перед его остановкой, целесообразно снизить обороты до холостых для исключения «закисковывания» системы питания;

в зимнее время при наличии снежного покрова, что является гарантией отсутствия пыли в воздухе, можно допустить работу бензоэлектроагрега без воздушного фильтра, что повысит экономичность его ДВС;

бензобак следует всегда держать полным, в зимнее время при каждой заправке целесообразно добавлять 20-30 грамм спирта или нейтрализатора воды;

при отсутствии достаточной электрической нагрузки необходимо своевременно снижать частоту вращения коленчатого вала двигателя или полностью останавливать бензоэлектрогенератор.

В заключении необходимо отметить, что в результате выполненного маркетингового обзора, анализа технических характеристик рассмотренного модельного ряда бензоэлектроагрегатов, проведения ранжирования этих характеристик был выбран наиболее, на наш взгляд, подходящий прототип бензоэлектроагрегата для обеспечения электричеством малочисленных воинских формирований при их автономном функционировании в полевых условиях. К сожалению, эта ниша российского рынка электротехнических изделий уже несколько десятилетий заполнялась иностранными поставщиками. Поэтому очевиден вывод, что в современных условиях санкционного давления

ограничивающего по всем направлениям боевые возможности Вооруженных Сил России, насущна необходимость организации отечественного промышленного производства этого вида электротехнической продукции, а именно бензоэлектроагрегатов мощностью до 1,5 кВт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [www/http://donland.ru](http://donland.ru). Официальный портал Правительства Ростовской области. Социальная норма на электроэнергию.
2. Ковалев В.В. и др. Грузовые перевозки. Учебник: - СПб. ВА МТО. 2020. С. 148-152.
3. [www/http://www.Cummins Inc.com](http://www.Cummins Inc.com). Официальный портал машиностроительной компании Cummins. Раздел Генераторы и энергосистемы. Страница «Генераторы».

УДК 534.2:621.37/39 (075)

А.Б. Колобов, П.А. Воробьев, К.А. Шумилов, Е.С. Шпаков

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ТЕХНОЛОГИИ ВИБРОМОНИТОРИНГА, ОСНОВАМ ВИБРОДИАГНОСТИКИ И ВИБРОНАЛАДКИ РОТОРНЫХ МАШИН

Аннотация: разработаны методические положения и произведена практическая апробация лабораторно-практических работ по технологии «off-line» вибромониторинга, вибродиагностики и виброналадке роторных машин на стенде и при эксплуатации.

Ключевые слова: вибромониторинг, вибродиагностика, дефекты, балансировка.

A.B. Kolobov, P.A. Vorobyov, K.A. Shumilov, E.S. Shpakov

DEVELOPMENT OF A LABORATORY WORKSHOP ON VIBRATION MONITORING TECHNOLOGY, FUNDAMENTALS OF VIBRATION DIAGNOSTICS AND VIBRATION CONTROL OF ROTARY MACHINES

Abstract: methodological guidelines have been developed and practical testing of laboratory and practical work on the technology of «off-line» vibration monitoring, vibration diagnostics and vibration adjustment of rotary machines on the stand and during operation has been carried out.

Keywords: vibration monitoring, vibration diagnostics, defects, balancing.

Работа выполнена в рамках постановки комплекса практических высокотехнологичных работ, реализуемых в Центре предиктивной аналитики, диагностики и цифровой энергетики согласно дорожной карте сотрудничества с генеральным партнером ИГЭУ АО «Концерн Росэнергоатом».

Лабораторный практикум (подчеркиваем – на данной стадии разработки, а в перспективе работ можно поставить больше) включает в себя несколько лабораторных работ, тематика которых, цели и решаемые задачи приведены в табл. 1. Разработчиком и производителем измерительных средств – виброметр СМ-21М и виброанализатор СД-23, лабораторного стенда ВАСТ ТС-2, а также программных систем «VibroLevel» и «DREAM32 v.5» является ООО «Ассоциация ВАСТ» (СПб).

Лабораторный практикум реализуется в учебной программе бакалавриата направления 01.03.03 «Компьютерный инжиниринг механических систем» и планируется его реализация в межфакультетских программах бакалавриата /магистратуры/специалитета некоторых технических направлений, а также в программах ДПО для слушателей ИПК и ПК ИГЭУ. С методической точки зрения лабораторные работы выполняются в последовательности сверху-вниз (табл. 1).

При выполнении практикума обучаемым необходимо проработать материал по основам вибрации и техническим средствам измерения вибрации [1–3], в том числе по приборам СМ-21М и СД-23, программам «VibroLevel» и «DREAM32 v.5» [4–6]. Задача совсем непростая, поскольку интерфейс приборов, как и иерархическая структура интерфейса программ, достаточно сложна для студента, имеющего ограниченное представление о виброметрии и отсутствие практического опыта.

Поясним объем выполнения разработанных лабораторных работ, приведенных в табл. 1.

Таблица 1. Разрабатываемые лабораторные работы, их цели и задачи в рамках лабораторного практикума по технологии вибромониторинга, основам вибродиагностики и виброналадки роторных машин

Наименование работы	Цель работы	Решаемые задачи
Лабораторно-практические работы по технологии вибромониторинга роторных машин	Реализация технологии вибромониторинга, основанного на нормативных методических материалах и дополнительных разработках, реализованного на основе программы «VibroLevel» и измерительного средства – виброметр СМ-21М*. В программе «VibroLevel» созданы две станции «Котельная» и «Стенд», для которых обучаемые формируют маршруты измерений, загружают их в виброметр СМ-21М, производят измерения параметров вибрации, выгружают результаты измерений в программу и анализируют полученные результаты	<i>1 уровень (начальный)</i> – лабораторная работа по станции «Стенд» предназначена для проведения демонстрационных и обучающих процессов при освоении навыков измерения общих параметров вибрации для вибромониторинга и понимания начальных подходов вибродиагностики различных, моделируемых на стенде ВАСТ ТС-2, дефектов
		<i>2 уровень (профессиональный)</i> – практическая работа по станции «Котельная», которая предусматривает выполнение вибромониторинга роторных машин газовой котельной ФГБОУ ВО ИГЭУ

Наименование работы	Цель работы	Решаемые задачи
Лабораторная работа по диагностированию дисбаланса вала	Определение апробированными на практике методами вибродиагностики распространенного дефекта роторной системы – дисбаланса ведущего вала (ротора условного электродвигателя) в модели привода на стенде ВАСТ ТС-2 с использованием виброанализатора СД-23, а также программы «DREAM32 v.5»	Изучение общих методических положений и выработка практических навыков вибродиагностики дисбалансов различных видов: статический, моментный и динамический, смоделированных на стенде ВАСТ ТС-2 с использованием диагностических признаков: временной дамп, прямой спектр и фаза первой гармоники вибрации
Лабораторная работа по проведению динамической балансировки ротора в собственных опорах	Проведение динамический (одно- или двухплоскостной) балансировки для устранения дисбаланса ведущего вала в рассматриваемой модели привода на стенде ВАСТ ТС-2 с использованием виброанализатора СД-23 со встроенной программной балансировки и программы «DREAM32 v.5»	Изучение общих методических положений и выработка практических навыков проведения виброналадочной работы – динамической балансировки в одной или двух плоскостях, смоделированного на стенде ВАСТ ТС-2 дисбаланса на основе методов измерения амплитуд и амплитуд/фаз вибрации

Лабораторно-практические работы по технологии вибромониторинга роторных машин реализуются в двух уровнях.

Лабораторная работа 1 уровня (начальный уровень).

В объем задания входит:

1. Изучение конструкции стенда ВАСТ ТС-2, анализ топологии точек измерения, выбор доступных направлений измерения и измеряемых параметров [4] в различных смоделированных технических состояниях:

- условно бездефектное состояние роторного агрегата;
- состояние с искусственно созданными дефектами:
 - дисбалансом ведущего вала (модель дисбаланса ротора условного приводного электродвигателя)
 - состояние с радиальной расцентровкой (несоосностью) валов;
 - ослабление крепления одной из опор ведомого вала («мягкая лапа»).

3. Создание в программе «VibroLevel» станции «Стенд» (см. рисунок), программирование маршрута измерения и его загрузка в виброметр СМ-21М, проведение измерений вибрации в точках маршрута и выгрузка результатов измерений в программу.

4. Проведение внемаршрутных измерений в ряде точек (при необходимости).

5. Анализ количественного и качественного изменения параметров вибрации по топологии маршрута при отсутствии и при моделировании дефектов.

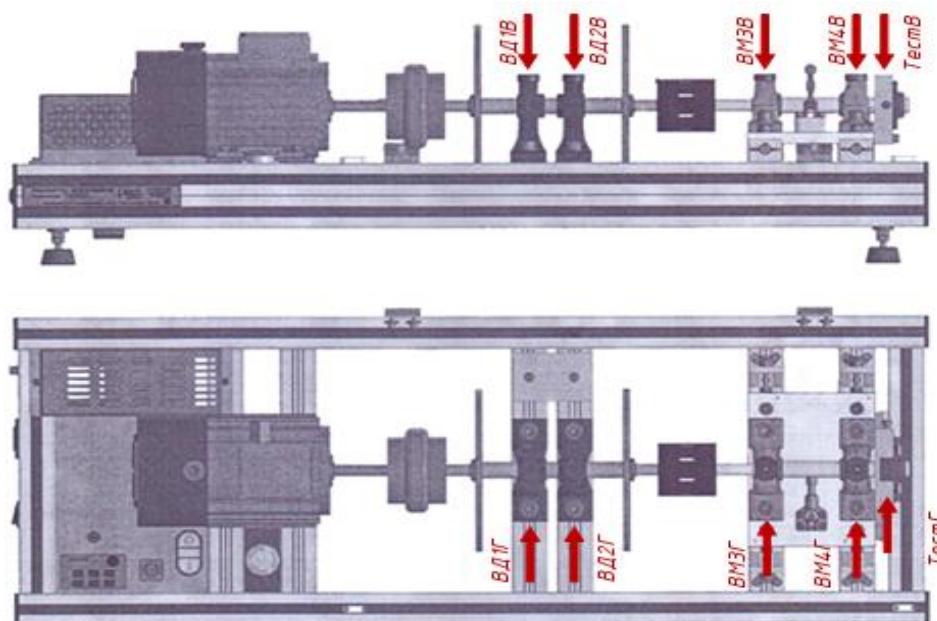


Рисунок. Обозначения установки вибродатчиков в дереве оборудования «VibroLevel» на стенде ВАСТ ТС-2 (станция «Стенд»): а – вид сбоку; б – вид сверху

Лабораторно-практическая работа 2 уровня (профессиональный уровень).

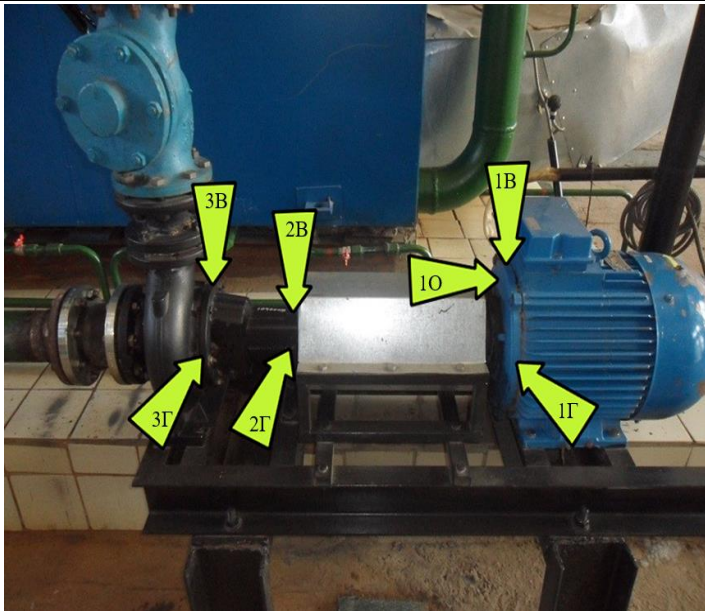
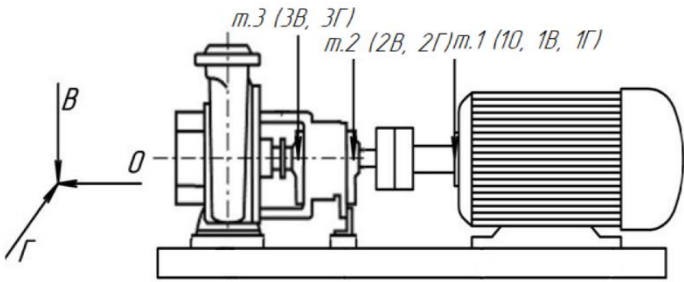
Выполнение работы производится в двух локациях:

- в лаборатории ИГЭУ, где в программе «VibroLevel» создается станция «Котельная» (см. табл. 2), программируются маршруты измерения и производится загрузка маршрутов в виброметр СМ-21М;
- в котельной ИГЭУ, где производится визуальная идентификация контрольных точек измерения вибрации с физическими подшипниковыми опорами машин и весь объем измерений.

В объем задания входит:

1. Изучение конструкции, компоновки привода и технических характеристик роторных машин насосной и тягодутьевой групп.
2. Выбор нормативной базы по серии ГОСТ ИСО 10816 для машин, которые будут входить в маршрут измерений (по указанию преподавателя) [4].
3. Анализ топологии точек измерения, выбор направлений измерения и измеряемых параметров для машины в соответствии с требованиями ГОСТ ИСО 10816 [4].
4. На основе предыдущих результатов измерений вибрации машины в базе программы или по данным, предоставленным преподавателем, производится расчет уровней ограничения «ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ» и «ОСТАНОВ» [4].
5. Проведение внемаршрутных измерений в ряде точек (при необходимости).
6. Анализ результатов измерения параметров вибрации, включающий:
 - оценку текущего технического состояния с рекомендациями выполнения/невыполнения диагностики;
 - количественную оценку запаса работоспособности [4];
 - построение и анализ тренда вибрации, прогнозная оценка (по тренду) изменения технического состояния [4].

Таблица 2. Обозначения в дереве оборудования точек и направлений измерения вибрации рециркуляционных насосов (РН) (станция «Котельная»)

Внешний вид и схематическое изображение точек контроля	Обозначение точек в дереве оборудования «VibroLevel»		
	Положение точки	Напр.	Точка
	Ближний к муфте подшипник двигателя (т. 1)	Верт.	РН11В
		Гор.	РН11Г
		Осевое	РН11О
	Ближний к муфте подшипник насоса (т. 2)	Верт.	РН12В
		Гор.	РН12Г
	Дальний подшипник насоса (т. 3)	Верт.	РН13В
		Гор.	РН13Г
	Пример обозначения приведен для рециркуляционного насоса под номером 1 (РН1). Для остальных насосов в обозначении точки меняется номер насоса		

Лабораторная работа по диагностированию дисбаланса вала.

В объем задания входит:

1. Выполнение внемаршрутных измерений общих параметров вибрации виброметром СМ-21М [4] на стенде ВАСТ ТС-2 в двух состояниях привода:

- бездефектное состояние;
- состояние с искусственно созданными видами дисбаланса ведущего вала (модель дисбаланса ротора условного приводного электродвигателя):

- а) статический;
- б) моментный;
- в) динамический.

2. Анализ результатов и установление первичных диагностических признаков дисбаланса [2, 3] (постановка первоначального диагноза).

3. Проведение измерений вибрации в контрольных точках в состоянии с созданным ранее видом дисбаланса с помощью виброанализатора СД-23 в режиме внемаршрутных измерений с последующим анализом характеристик вибрации [2, 3]:

- временной дамп вибрации;
- прямой спектр виброперемещения или виброскорости;

– фаза виброперемещения или виброскорости,
для подтверждения первоначального и установления *окончательного диагноза*.

4. Анализ результатов, установление закономерных связей диагностических признаков с дефектом, подготовка отчета по результатам работы. Анализ должен быть произведен путем установления причинно-следственных и логических связей дефекта и вибрационных параметров его проявления.

5. Дополнительно (по указанию преподавателя) произвести выгрузку результатов измерений из виброанализатора СД-23 в программу DREAM32 v.5 [5, 6], запустить модуль диагностики и сравнить результаты диагнозов.

Лабораторная работа по проведению динамической балансировки ротора в собственных опорах.

В объем задания входит:

1. При созданном дисбалансе ведущего вала (модель дисбаланса ротора условного приводного электродвигателя) на стенде ВАСТ ТС-2 выполнение виброанализатором СД-23 в режиме вне маршрута измерений в контрольных точках:

- временного дампа вибрации;
- прямого спектра виброперемещения или виброскорости;
- фазы виброперемещения или виброскорости.

2. Заполнение таблиц измерения и анализ результатов при имеющемся дисбалансе. Результаты измерений являются начальными для последующей оценки эффективности и качества выполняемой далее балансировки.

3. Освоение технологии (методики и практики) динамической балансировки в одной или двух плоскостях с помощью встроенной программы «Балансировка» виброанализатора СД-23 [5]. Последовательность действий:

- вход в программу «Балансировка» и идентификация объекта (обозначение в базе лабораторных работ), задание количества плоскостей балансировки (не более двух) с указанием количества точек и направлений измерения в каждой точке;
- начальные измерения параметров и фазы вибрации в каждой из выбранных точек контроля, т.е. получение исходных данных о разбалансировании («нулевой пуск»);
- расчет пробной массы, физический подбор массы и установка ее в балансируемой плоскости в соответствии с рекомендуемым расчетным углом установки;
- проведение измерений параметров и фазы вибрации в каждой из точек контроля после установки пробной массы (при необходимости выполнить подбор величины массы для обеспечения чувствительности ее влияния на дисбаланс);
- расчет корректирующей массы и угла коррекции ее установки, окончательная установка корректирующей массы в балансируемой плоскости;
- проведение контрольных измерений параметров и фазы вибрации в каждой из точек контроля после установки корректирующей массы, оценка результатов балансировки и принятие решения о завершении или продолжении балансировки.
- просмотр отчета о балансировке в приборе СД-23, выгрузка результатов в программу DREAM32v.5 для формирования полного отчета о балансировке.

Оценка качества выполненной работы производится путем сравнения итоговых результатов измерения вибрации в тех же контрольных точках с начальными (до балансировки).

4. Дополнительно (по указанию преподавателя) произвести выгрузку результатов измерений из виброанализатора СД-23 в программу DREAM32 v.5, запустить программу балансировки в DREAM32 v.5 [6], выполнить все процедуры дополнительных измерений и рекомендации программы, сравнить результаты балансировки и субъективно, с точки зрения пользователя, оценить удобство и технологичность обоих вариантов балансировки.

Выше описан объем уже апробированных в учебном процессе работ. При их постановке пришлось решать следующие методические и практические задачи:

1. Разработать топологические карты и методику оценки технического состояния по общим параметрам вибрации.

2. Разработать методологию, топологическую и диагностическую карты постановки первичного диагноза о дисбалансе по общим параметрам вибрации и диагностическую карту постановки окончательного диагноза о дисбалансе.

3. Разработать алгоритм двухплоскостной балансировки, методику выбора пробной массы, методическое пособие по диагностике дисбаланса и балансировке.

4. Подбор оптимальных скоростей вращения частотно регулируемого привода стенда ВАСТ ТС-2 и величины неуравновешенной массы дисбаланса, чтобы исключить резонансы опорной конструкции и нагрузку на опорные подшипники.

5. Разработать дополнительную разновидность работы по балансировке ротора одним из способов метода амплитуд без измерения фазы вибрации (проводится только с использованием виброметра СМ-21М).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колобов А.Б. Измерение и спектральный анализ вибрации для вибродиагностики: учеб. пособие / А.Б.Колобов; Федеральное агентство по образованию; ГОУ ВПО «ИГЭУ им. В.И.Ленина». – Иваново, 2010. – 104 с.

2. Колобов А.Б. Вибродиагностика: теория и практика: учеб. пособие / А.Б.Колобов. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 252 с.

3. Колобов А.Б. Вибромониторинг промышленных машин: учебное пособие / А.Б.Колобов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 256 с.

4. Колобов А.Б. Практикум по изучению технологии и организации вибромониторинга роторных машин: Учеб. пособие / ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И.Ленина». – Иваново, 2024. – 108 с.

5. Виброанализатор СД-23, СД-23В. Руководство по эксплуатации ВАРБ.411711.103 РЭ-изм.12. – СПб.: ООО Ассоциация ВАСТ, 2018. – 178 с.

6. Программа DREAM32 v.5. Краткое руководство по эксплуатации ВАРБ.411711.128 Д-изм.8. – СПб.: ООО Ассоциация ВАСТ, 2022. – 178 с.

УДК 534.2:621.37/39 (075)

А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов, Д.М. Птицын

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ИЗМЕНЕНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ ДЕФЕКТОВ В ЗАДАЧАХ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ

Аннотация: приведены основные результаты разработки цифровой модели износа тел качения и беговых дорожек подшипника для выявления изменения частотных составляющих вибрации, оценена сходимость результатов моделирования и реальных спектров вибрации.

Ключевые слова: вибрационная диагностика, моделирование, износ, спектр, подшипник, дефекты.

A.B. Kolobov, F.B. Ogurtsov, D.M. Ptitsyn

DEVELOPMENT OF A MODEL OF CHANGES IN DIAGNOSTIC SIGNS OF DEFECTS IN TASKS OF PREDICTIVE ANALYTICS

Abstract: the main results of the development of a digital model of wear of bearing bodies and treadmills to detect changes in the frequency components of vibration are presented; the convergence of modeling results and real vibration spectra is estimated.

Keywords: vibration diagnostics, modeling, wear, spectrum, bearing, defects.

В статье представлены результаты апробации в рамках концепции предиктивной аналитики 1,2 по структуре «off-line» технологии моделирования физических процессов появления и развития дефектов с целью выявления изменения вибрационных диагностических признаков (частотного состава прямого спектра), т.е. разработки адаптивного цифрового двойника (АЦД), моделирующего изменение диагностических признаков в зависимости от типа возникшего дефекта.

Роль модели деградации деталей и узлов машин в концепции предиктивной аналитики крайне важна поскольку позволяет компенсировать объективно недостаточный объем статистических данных измерений, выстроить алгоритм распознавания и сформировать решающую функцию изменения технического состояния (рис. 1). При этом основной проблемой создания модели является корректность моделирования сложных физических процессов, например, износа контактных элементов, появления усталостных трещин, зазоров и люфтов в сопряжениях и т.п.

Предиктивный анализ по своей идеологии основывается только на статистическом анализе данных за историю контроля, что позволяет провести кластеризацию в детерминированном или вероятностном формате для классификатора Байеса. На начальном этапе, в виду недостаточности и возможной некорректности статистики, целесообразно использовать модели деградации отдельных узлов машин, что позволит создать жесткие скелетные алгоритмы, позволяющие оптимизировать целевую функцию оценки текущего и прогнозного

состояния, скорректировать весовые коэффициенты и обеспечить достаточность входных параметров [1, 2].

Разработана модель общего износа тел качения шарикового радиального подшипника 76-180609 С9Ш1 концевой опоры ротора асинхронного электродвигателя АИР160S6У3 мощностью 11 кВт (частота вращения ротора 970 мин^{-1}) привода дутьевого вентилятора (тип ВДН-10) с консольным расположением рабочего колеса газовой котельной ФГБОУ ВО ИГЭУ.



Рис. 1. Основные задачи предиктивной аналитики

Моделирование проведено в программе COMSOL Multiphysics 6.1, для которой, по сравнению с остальными CAD программами, заявлена возможность комплексности моделирования процесса износа с получением вибрационных спектров [4].

При моделировании износа тел качения подшипника 76-180609 С9Ш1 использован трехмерный четырех узловой конечный элемент (КЭ) – тетраэдр. Разработана упрощенная (отсутствие посадочных фасок, заходных фасок под вал, мест под установку крышек подшипника и самих крышек) модель подшипника с зонами контактов (беговые дорожки тел качения внутреннего и внешнего колец) поверхностей. Поскольку представляет интерес износ тел качения конечно-элементная сетка (КЭС) на внутреннем и внешнем кольцах может быть любой.

Задаются свойства материала – сталь ШХ-15, которые присваиваются всем элементам модели, а также начальные и граничные условия: внешняя поверхность внешнего кольца подшипника – зафиксирована в пространстве от поворотов и перемещений. Поскольку задача статическая и иных нагрузок, кроме радиальных подшипник не испытывает, то остальные части модели можно не закреплять.

Подшипник воспринимает радиальную нагрузку равную весу вала и ротора электродвигателя, приложенную к внутренней поверхности внутреннего кольца.

В ходе статического расчета, получены значения напряжений на телах качения подшипника (рис. 2). Для перехода к динамическому расчету износа [3], модифицируется контактная постановка задачи: добавляется коэффициент трения поверхностей, задается коэффициент трения качения, добавляется функция износа и задается линейная составляющая угловой скорости вращения внутреннего кольца. Результаты расчета износа тела качения подшипника за минуту приведен на рис. 3.

В результате расчета было получено значение глубины износа равное 0,3 мкм.

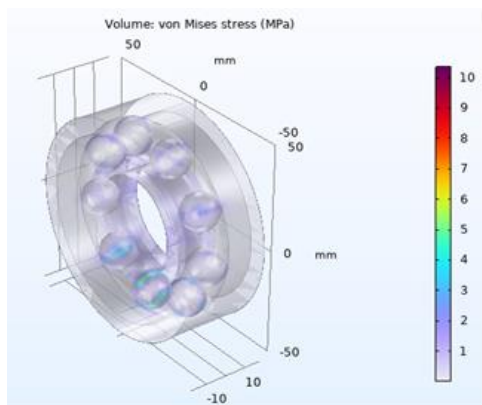


Рис. 2. Напряжения на телах качения подшипника

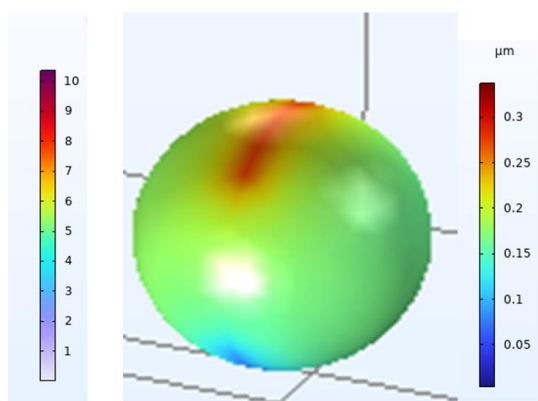


Рис. 3. Площадка износа тела качения подшипника и численное значение износа (мкм)

Для получения цифровых спектров вибрации в программе COMSOL Multiphysics 6.1 создан цифровой двойник роторной системы с двумя подшипниками: концевой подшипник 76-180609 С9Ш1 электродвигателя считается изношенным (значение радиального зазора принималось 10 мкм и 100 мкм), ближний к рабочему колесу подшипник 6-310К считается идеальным (рис. 4).

Подшипники в программном пакете COMSOL Multiphysics 6.1 представляют собой абстрактную модель контакта элементов качения и колец, основанную на контактной задаче Герца [4], определяющую деформации элементов качения и величину вектора усилия, передаваемого от внутреннего кольца к внешнему (рис. 5).

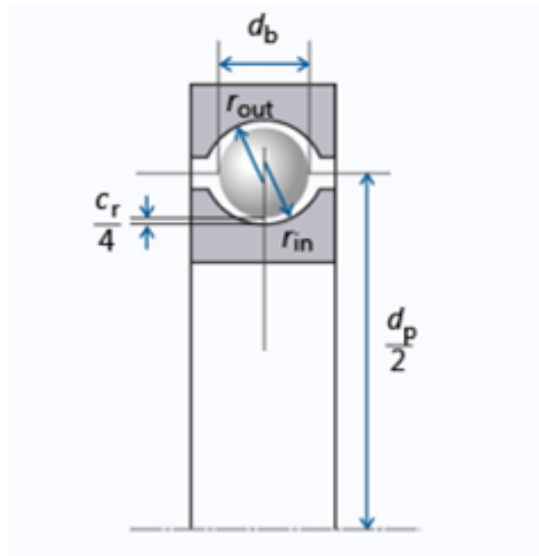


Рис. 4. Основные параметры, характеризующие подшипник

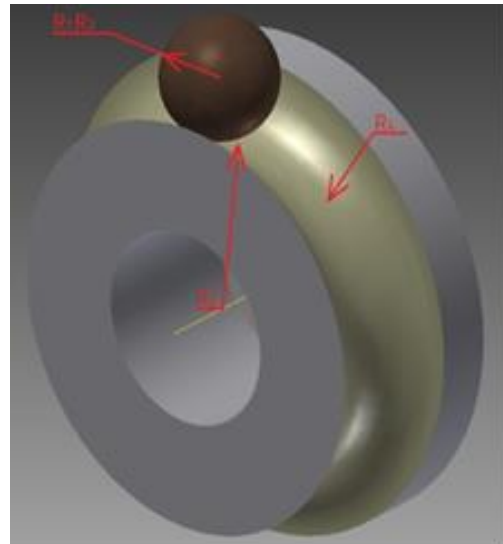


Рис. 5. Пример точечного контакта: внутреннее кольцо подшипника и тело качения

Согласно задаче Герца, задается сила в контакте, затем вычисляется приведенный модуль упругости, после чего – приведенный радиус кривизны. Эти параметры дают возможность получить напряжение в зоне контакта и пропорциональные ему деформации (перемещения), которые сохраняются и пересчитываются для каждого временного шага, получается массив данных, формирующий модельный спектр виброперемещения на исследуемом подшипнике при заданных радиальных зазорах, возникших в результате износа тел качения [4].

Цифровые спектры виброперемещений в частотном диапазоне 0–500 Гц, эмулированные программой COMSOL Multiphysics 6.1, при различных радиальных зазорах в подшипнике 76-180609 С9Ш1 приведены на рис. 6 и 7. Согласно назначению разработанного АЦД эти спектры должны хотя бы качественно – по частотному составу – коррелироваться с реальными спектрами, измеряемыми в радиальных направлениях (В или Г) при вибродиагностике.

Результаты моделирования сравнивались с результатами вибродиагностики дутьевого вентилятора, который по уровню вибрации находился в зоне С (ГОСТ ИСО 10816-1-97), не допускающей длительной эксплуатации без ограничений. Результаты вибродиагностики (подробно не приводятся), а также данные ремонтной службы, заменявшей подшипник, свидетельствовали о наличии люфтов, вызванных износом тел качения и дорожек, в подшипнике 76-180609 С9Ш1.

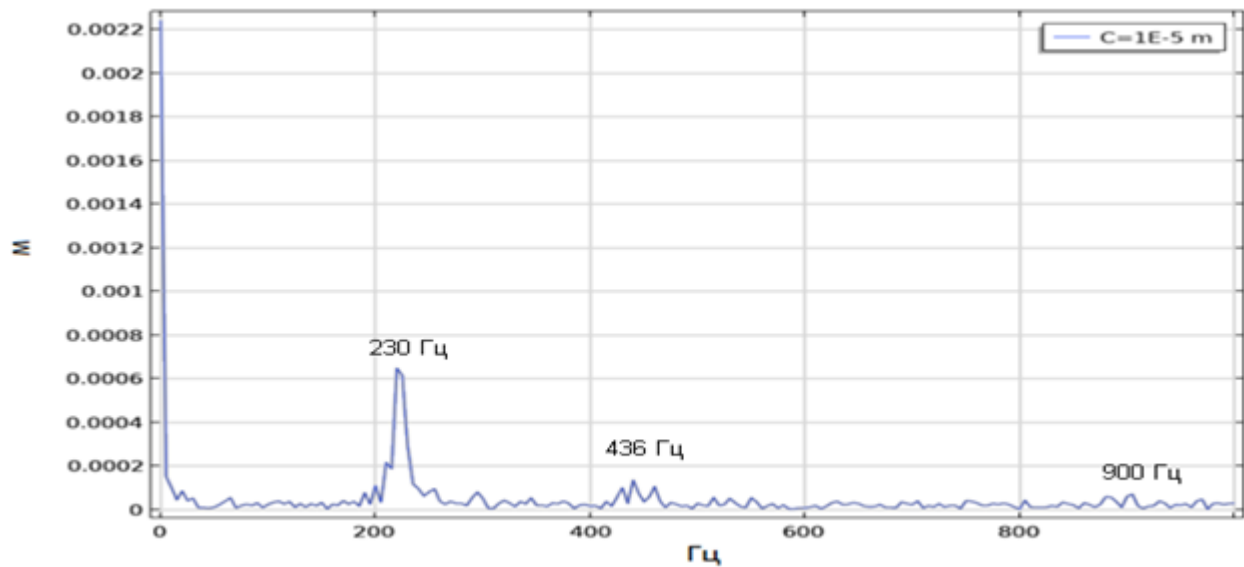


Рис. 6. Спектр виброперемещения при зазоре 10 мкм
в подшипнике 76-180609 С9Ш1

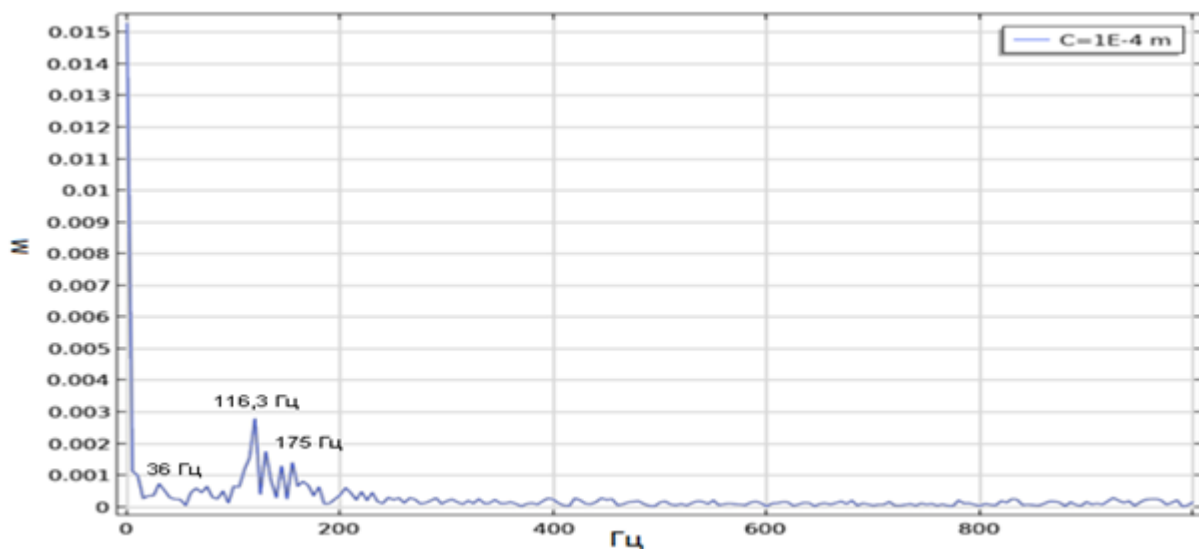


Рис. 7. Спектр виброперемещения при зазоре 100 мкм
в подшипнике 76-180609 С9Ш1

Измерение вибрации и частотный анализ виброперемещения на крышке опорного подшипника 76-180609 С9Ш1 произведен виброанализатором АГАТ (ООО «Диамех 2000»). Спектры были транслированы из программы АГАТ-Протокол в файл .txt и представлены в формате Mathcad.

Измерения производились по радиальным направлениям (В и Г) в рабочем режиме, частота вращения ротора 970 мин⁻¹ (16,2 Гц). Частотный диапазон 0–1000 Гц. На рис. 8 и 9 представлены укороченные варианты спектров до 500 Гц. Число линий в спектре 800, ширина спектральной линии 1,25 Гц.

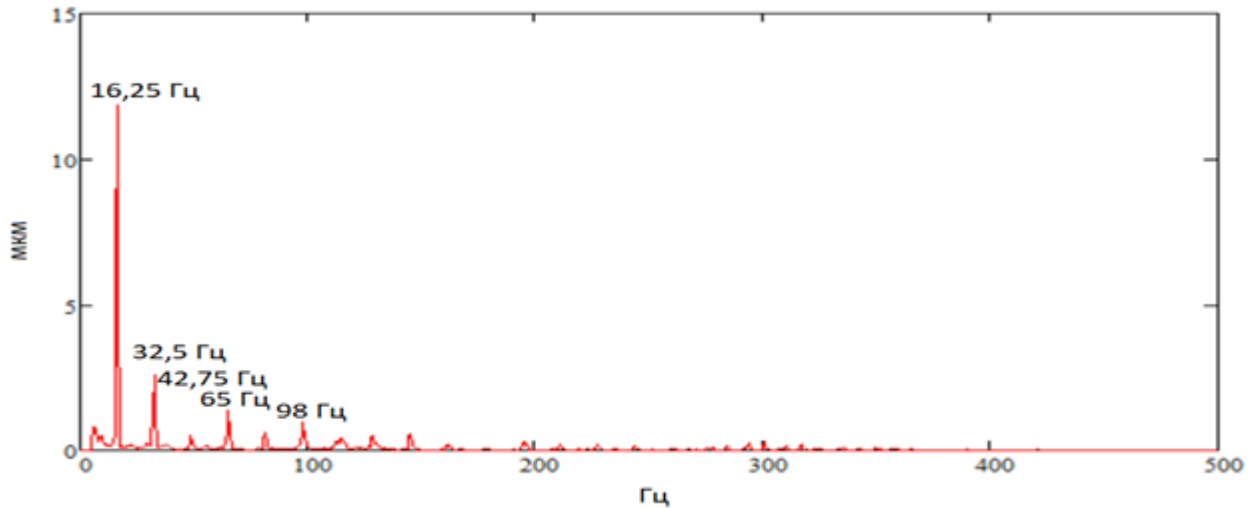


Рис. 8. Спектр виброперемещения в вертикальном поперечном направлении (В)

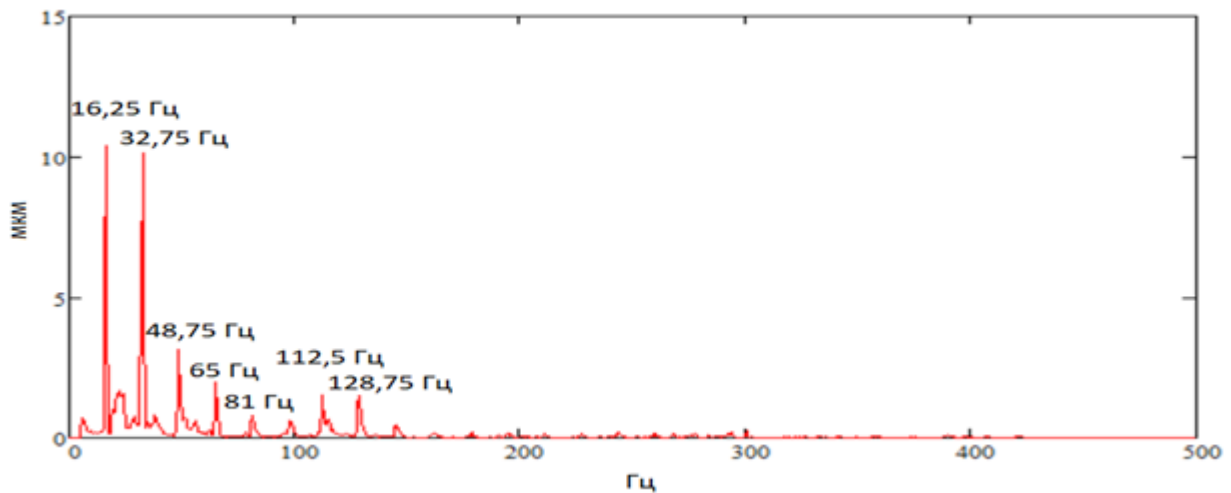


Рис. 9. Спектр виброперемещения в горизонтальном поперечном направлении (Г)

Как видно из сравнения эмулированных программой COMSOL Multiphysics 6.1 спектров и экспериментальных спектров расхождение между ними принципиальное.

Объясняется это разным подходом к понятию спектр, который физически представляет спектральную плотность мощности (СПМ), отражающую по теореме Парсеваля переход энергии сигнала из временной области в частотную. Цифровые спектры получены путем расчета напряжений в зонах контакта с последующим пересчетом в деформацию и перемещение на каждом временном шаге расчета, определяемом повторяемостью контакта пары «шарик–кольцо», которая задается частотой вращения вала. Учитывая, что частота вращения составляет 16,2 Гц (периодичность 62 мс), даже с учетом того, что число шариков равно 8 и учитывается контакт каждого шарика, дискретность контакта будет почти 130 Гц (периодичность 7,7 мс). Цифровой спектр представляется плотностью распределения с дискретностью оборотной частоты. Поэтому эмулированные программой COMSOL Multiphysics 6.1 спектры условно можно считать

широкополосными, которые для вибродиагностики практически неприменимы в виду отсутствия информативных дискретных признаков.

К другим, менее принципиальным, факторам отличия спектров относятся:

1. корректность допущений, принимаемых в расчете, и сложная конфигурация моделируемой роторной системы, прежде всего, короткозамкнутого ротора неоднородной структуры (шихтованные пластины электротехнической стали, пазы с медными стержнями и т.п.), точность задания массово-габаритных параметров и т.д.;
2. наличие иных дефектов в рассматриваемой роторной системе, например, дисбаланса как ротора, так и консольного рабочего колеса вентилятора.

Программа COMSOL Multiphysics 6.1 эмулирует только спектры виброперемещений, которые практически не используются при диагностике подшипников, поскольку не содержат информативную высокочастотную часть, определяемую подшипниковыми частотами, которые появляются при дефектах, их высокими гармониками и модуляционными боковыми полосами вблизи подшипниковых частот.

Основные выводы: Разработан цифровой двойник, моделирующий изменение диагностических признаков в зависимости от типа и глубины развития дефекта на основе программной среды COMSOL Multiphysics 6.1. Создана цифровая модель под заданную конфигурацию моделируемой системы «ротор-подшипник», проведены расчеты при различных параметрах зазоров (радиальных люфтов) и эмулированы частотные спектры виброперемещений.

Получить приемлемой сходимости результатов моделирования и практических спектров изношенного подшипника не удалось, что объясняется алгоритмами, заложенными в программу COMSOL Multiphysics 6.1. Поскольку роль физической модели деградации в предиктивной аналитике крайне важна по причине компенсации недостаточного объема статистических данных в вероятностных моделях диагностики, в дальнейшем необходимо искать ту программную среду, которая бы могла обеспечить корректность моделирования не только обобщенных дефектов типа износ, но и локальных дефектов: трещин, раковин, проблем смазки и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колобов А.Б. Предиктивная аналитика роторных машин ТЭС на основе непрерывного и периодического вибрационного мониторинга / А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов // Материалы Междунар. науч.-технич. конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии» (XXII Бенардосовские чтения): том III Электротехника. – Иваново: ФГБОУВО ИГЭУ, 2023, с. 284 – 287.
2. Колобов А.Б. Разработка концепции и принципа технической реализации предиктивной аналитики промышленных роторных машин /А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024, с. 100 – 106.
3. Ворович И.И., Александров В.М. Механика контактных взаимодействий / И.И. Ворович, В. М. Александров. – М.: Физматлит, 2001. – 672 с.
4. Effect of Roller Bearing Clearance on Nonsynchronous Vibration of a Rotor // Методические указания к выполнению работ в программной среде Comsol. – Официальный сайт <http://comsol.com> / - 2023.

УДК 534.2:621.37/39 (075)

А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВИБРАЦИИ ПОДШИПНИКА КАЧЕНИЯ С ДЕФЕКТОМ ВНУТРЕННЕГО КОЛЬЦА

Аннотация: приведены результаты экспериментальных исследований вибрации подшипника качения с дефектом внутреннего кольца и результаты статистического анализа вибрации.

Ключевые слова: вибрационная диагностика, ударный импульс, статистический анализ.

A.B. Kolobov, F.B. Ogurtsov

STATISTICAL ANALYSIS OF THE VIBRATION OF A ROLLING BEARING WITH AN INNER RING DEFECT

Abstract. the results of experimental studies of the vibration of a rolling bearing with an inner ring defect and the results of a statistical vibration analysis are presented.

Key words: vibration diagnostics, shock pulse, statistical analysis.

Дефект внутреннего кольца в подшипнике качения (трещина, раковина и т.д.) может возникать в машинах при наличии ударной нагрузки, а также при загрязнении смазки, несоблюдении технологии при монтаже и др. При появлении такого дефекта начинается процесс быстрого разрушения сепаратора, что приводит к аварийной ситуации. Соответственно, проблема своевременного выявления такого дефекта, в том числе методами вибродиагностики, является актуальной.

Вибрационные методы диагностики основаны на том, что при взаимодействии дефекта с телом качения возникает всплеск вибрации, так называемый ударный импульс, который фиксируется датчиком, установленным на подшипниковом узле. Известны методики распознавания дефекта, основанные на анализе спектра вибрации или спектра огибающей, а также измерении периода появления ударных импульсов.

В [1] и др. в качестве диагностического признака указывается появление в спектре максимумов, кратных частоте проявления дефекта

$$f_d = (f_0 - f_c) * z,$$

где f_0 – частота вращения вала, f_c – частота вращения сепаратора, z – количество тел качения.

Однако такой подход основан на модели идеального подшипника и предполагает непрерывный контакт всех тел качения (далее ТК) с внутренним кольцом. Реально же строгая периодичность возникнет только в случае, если дефект имеет характер выступа. Для случая впадины из-за наличия люфта ударный импульс может

возникнуть только в случае, если в данном ТК и в данный момент времени вырабатывается реакция. При этом реакции вырабатывают только три ТК из всех имеющихся, и их комбинация в процессе вращения постоянно меняется. Как следствие, процесс генерации ударных импульсов становится случайным, а оценки, основанные на разложении в ряд Фурье, становятся ненадежными, и более перспективными представляются статистические методы анализа.

В связи с этим, целью работы является апробация известной методики и оценка возможностей статистического подхода для выявления дефекта внутреннего кольца подшипника для практически важного случая, когда нагрузка на подшипник является статической (например, вес ротора).

На первом этапе были проведены экспериментальные исследования. Объектом исследования был шарикоподшипник 6205 с дефектом внутреннего кольца в виде канавки шириной порядка 500 мкм и глубиной около 100 мкм. Испытания проводились на лабораторном стенде ВАСТ ТС-2. В процессе эксперимента вращалось внутреннее кольцо подшипника, и записывался сигнал виброускорения с датчика типа KS-50, закрепленного на наружном кольце, в течение 10 с. Статическая нагрузка величиной 2 кГс прикладывалась на наружное кольцо вертикально.

Внешний вид стенда с установленным подшипником представлен на рис.1. В качестве усилителя сигнала использовался виброметр RFT 042, далее оцифровка и ввод в компьютер производились с помощью самописца S-Recorder.

Параллельно производилась запись сигнала с датчика частоты вращения вала.

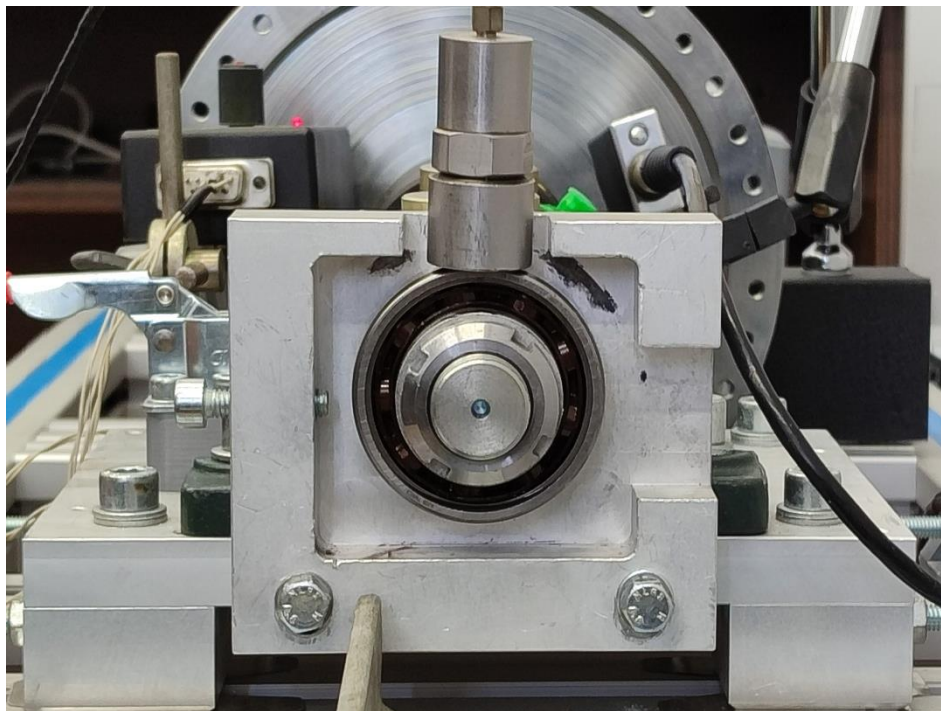


Рис. 1. Внешний вид испытательного стенда

Испытания проводились при частоте вращения вала 25 Гц (1500 об/мин), частота вращения сепаратора ориентировочно составляла 10,2 Гц, число тел качения в подшипнике равно 9. Соответственно, согласно приведенной выше формуле, в исследуемом сигнале должны были бы возникать ударные импульсы с частотой повторения 133 Гц и периодом около 7,5 мс.

Дамп сигналов виброускорения и огибающей представлены на рис. 2. Сигнал огибающей был получен путем цифровой обработки с использованием метода скользящего среднего.

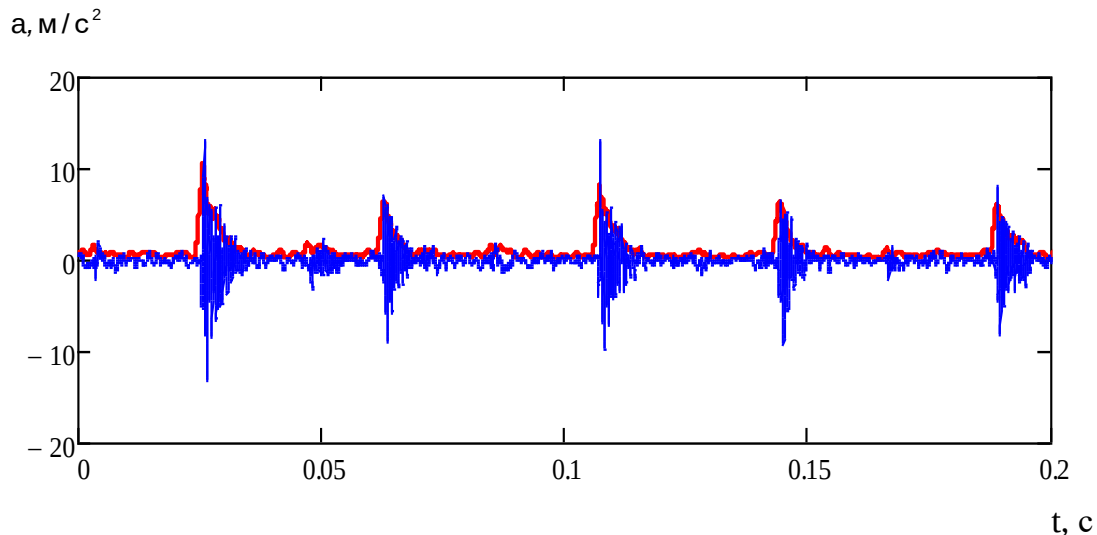


Рис. 2. Дамп сигналов виброускорения и огибающей

Из полученного дампа очевидно, что ударные импульсы возникают, однако период их повторения случайно меняется в интервале от 20 до 50 мс, т.е. частота ударных импульсов в несколько раз меньше ожидаемой.

Далее были вычислены амплитудные спектры сигналов виброускорения и огибающей, представленные на рис. 3 и рис. 4.

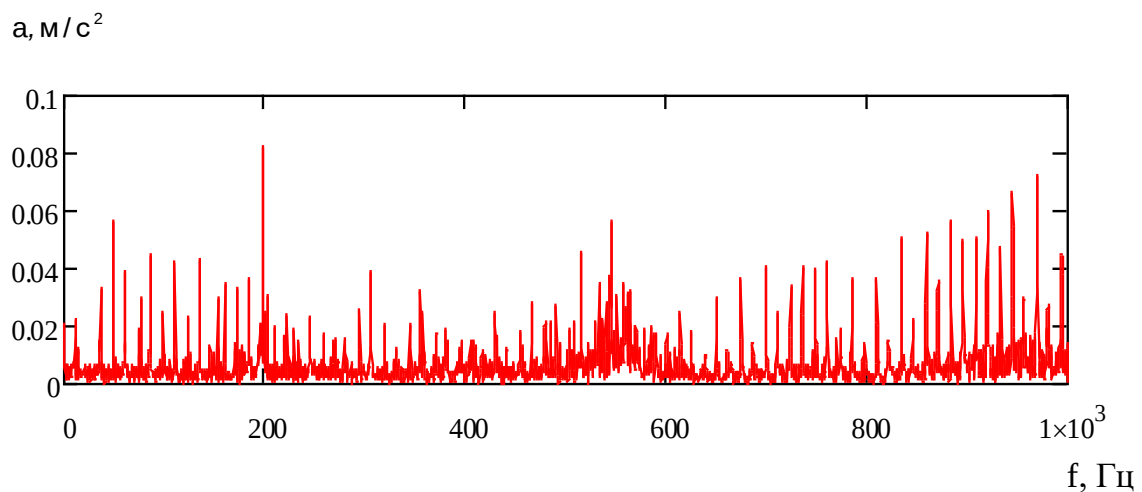


Рис. 3. Спектр сигнала виброускорения

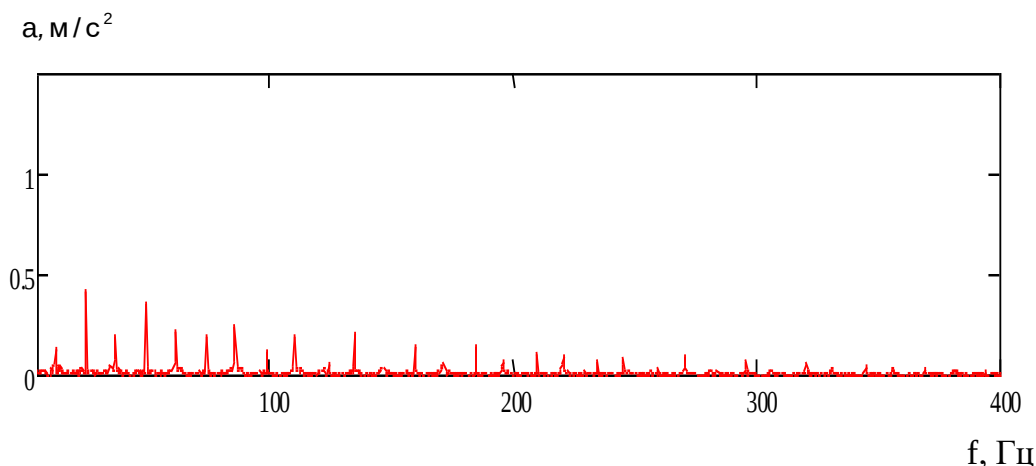


Рис. 4. Спектр сигнала огибающей

Очевидно, что ярко выраженный пик на частоте 133 Гц в спектрах отсутствует, и интерпретация результатов в плане распознавания дефекта затруднительна.

В связи с этим была проанализирована возможность использования статистического подхода. Проблема анализа в общем случае заключается в том, что плотность вероятности амплитуды ударного импульса является функцией двух временных процессов – вращения дефекта и вращения сепаратора, т.е. является трехмерной. Единственной исходной информацией для анализа является временной дамп процесса генерации ударных импульсов. Можно допустить эргодичность процесса, и вычислить вероятность усреднением по реализациям, однако возникает вопрос о принципе разбиения на реализации и принципе усреднения. Поэтому исследования ограничены частным случаем, используя следующие соображения.

Можно ввести понятие зоны нагружения – сектора, в котором из-за радиальной нагрузки люфт подшипника выбран, и при попадании тела качения в эту зону в нем неизбежно возникает какая-то реакция. Физическое положение зоны нагружения определяется вектором радиальной силы и при статической нагрузке не меняется.

Строго говоря, попадание ТК в зону дефекта не гарантирует появление ударного импульса, а также, что импульс будет единственным.

Тогда вероятность события появления ударного импульса $U(t)$ определяется независимыми событиями А и В:

- $P(A(t)) > 0$: тело качения находится в зоне дефекта, иначе $P(A(t)) = 0$;
- $P(B(t)) = 1$: дефект находится в зоне нагружения, иначе $P(B(t)) = 0$.

Очевидно, что $P(U(t)) = P(A(t)) \cdot P(B(t))$.

Далее можно ввести переменные:

- α : угол между дефектом и телом качения;
- φ : угол между дефектом и вектором радиальной силы.

Тогда, поскольку $P(A(t)) = f(\alpha(t))$ и $P(B(t)) = f(\varphi(t))$, и события А и В независимы, можно анализировать вероятность появления импульса как функцию

$$P(U(\alpha, \varphi)) = P(A(\alpha)) \cdot P(B(\varphi)).$$

При равномерном вращении функция $\varphi(t)$ может рассматриваться как периодическая. Соответственно, дамп можно разбить на реализации, равные периоду вращения вала T , синхронизируя начало дампов с помощью датчика угла поворота. Тогда в пределах дампа

$$\begin{aligned}\varphi(t) &= 2\pi f_0 t - \varphi_0, \\ \alpha_k(t) &= 2\pi(f_0 - f_c) * t - \frac{2\pi k}{z} - \alpha_d, \\ t &\in (0...T), \\ k &\in (0...z-1) \\ \alpha_0 &\in (0... \frac{2\pi}{z})\end{aligned}$$

где φ_0 - угол между дефектом и вектором радиальной силы в начале дампа;

α_d - угол между дефектом и нулевым телом качения в начале дампа;

k – номер тела качения.

Нумерация в каждом дампе начинается с ближайшего в начале дампа к дефекту тела и идет против направления вращения.

При жесткой синхронизации дампов φ_0 является константой. Однако угол α_d в разных реализациях меняется, и в пределе является случайным числом с равномерным распределением.

При этом

$$\begin{aligned}P(B(\varphi)) &= \begin{cases} 1, \varphi \in (-\delta\varphi... + \delta\varphi); \\ 0, \varphi \notin (-\delta\varphi... + \delta\varphi), \end{cases} \\ P(A(\alpha_k)) &= \begin{cases} p > 0, \alpha_k = 0 \pm \delta\alpha; \\ 0, \alpha_k \neq 0 \pm \delta\alpha, \end{cases}\end{aligned}$$

где $2\delta\varphi$ - длина зоны нагружения;

$2\delta\alpha$ - длина дефекта.

Поскольку задача оценки разметов дефекта на данном этапе работы не ставится, далее делаются следующие допущения:

- длина дефекта значительно меньше длины зоны нагружения (т.е. $\delta\alpha \approx 0$),
- и при этом дефект достаточно велик, так что в зоне дефекта появление ударного импульса гарантировано (т.е. $p = 1$).

Тогда, выражая зависимость $\alpha = f(\varphi)$, получаем условие появления ударного импульса в дампе $u(\varphi)$:

$$\varphi_0 - \delta\varphi < (\alpha_d + \frac{2\pi m}{z}) * \frac{f_0}{(f_0 - f_c)} < \varphi_0 + \delta\varphi,$$

где m – целое число.

Таким образом, ударные импульсы могут появляться только в определенном диапазоне фазовых углов, при этом значение самого угла в каждом дампе является случайным числом с равномерным распределением, реально в дампе появляется один или два импульса. Соответственно, функцию математического ожидания ам-

плитуд ударного импульса $u(\varphi)$, далее – фазовую диаграмму амплитуд, можно вычислить по данным эксперимента не взвешенным и условным (т.е. исключая нулевые значения) усреднением по реализациям.

Амплитуда ударного импульса является случайным числом, распределение которого при заданном φ в первом приближении можно считать нормальным. Математическое ожидание амплитуды ударного импульса определяется реакцией в теле качения, а также глубиной дефекта и скоростью тела качения (т.е. частотой вращения вала). Дисперсия обусловлена волнистостью дорожек, случайным смещением тел качения и т.п. Можно ввести функцию $R(\varphi)$, описывающую зависимость реакции в ТК от его углового положения по отношению к вектору радиальной силы Q . Эта функция детерминирована, поскольку реакции должны удовлетворять условию статического равновесия. Очевидно, что она обладает свойствами:

$$R(\varphi) = \begin{cases} Q, \varphi = 0; \\ > 0, \varphi \in -\delta\varphi \dots + \delta\varphi; \\ 0, \varphi \notin -\delta\varphi \dots + \delta\varphi, \end{cases}$$

и выполняется условие

$$P(U(\varphi)) | ((R(\varphi) > 0 \cap P(A) = 1) = 1.$$

Таким образом, в первом приближении при постоянной частоте вращения и статической нагрузке диаграмма амплитуд определяется как

$$u(\varphi + \varphi_0) = D * R(\varphi),$$

где D – постоянный коэффициент, зависящий от глубины дефекта и скорости вращения вала.

На основании проведенного анализа предлагается следующая методика.

На первом этапе экспериментально получают временной дамп ковровых и ударных импульсов $u(t)$, и дамп синхронизации с датчика оборотов. Далее разбиением на реализации и усреднением вычисляется фазовая диаграмма амплитуд $u(\varphi)$. В пределе, от ковровых импульсов на диаграмме должна появиться горизонтальная прямая, а от ударных импульсов – подобие холма с максимумом, фазовый угол которого указывает на место расположения дефекта. Относительная высота максимума может служить мерой степени развитости дефекта.

Поскольку выделение ударных импульсов при измерении не производилось, для оценки пригодности методики была вычислена фазовая диаграмма сигнала виброускорения, представленная на рис. 5. Ожидалось, что вследствие линейной зависимости амплитуды ускорения и амплитуды ударных и ковровых импульсов вид фазовой диаграммы качественно не изменится, но вследствие некорректного усреднения она будет зашумлена и несколько искажена.

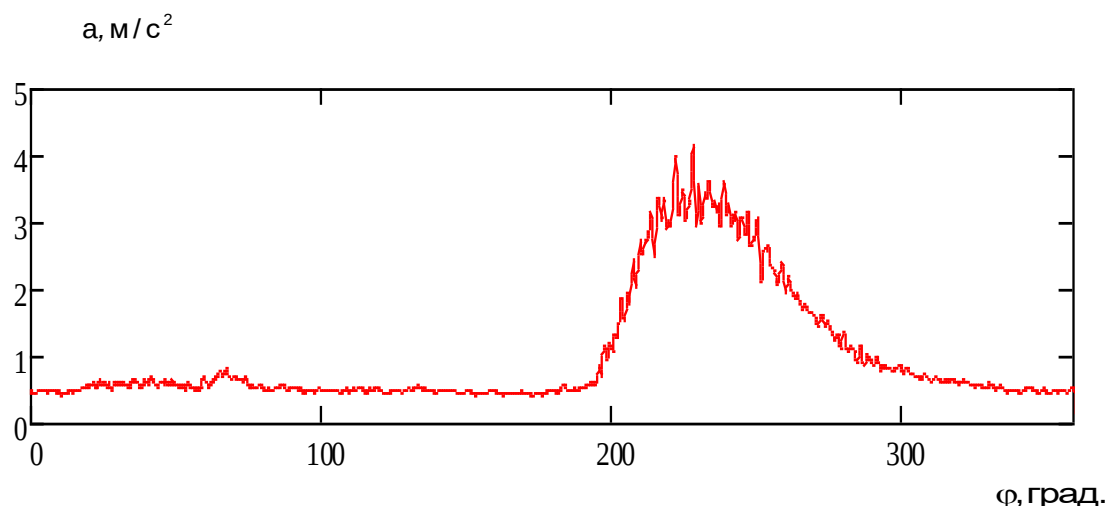


Рис. 5. Фазовая диаграмма виброускорения

Как видно из полученной диаграммы, ее форма вполне соответствует ожидаемой. Угол положения дефекта по диаграмме примерно 230-240 градусов, при истинном значении 225 градусов, то есть точность оценки места положения дефекта вполне удовлетворительна.

Определенным недостатком предлагаемой методики является необходимость использования датчика оборотов и записи длинного дампа сигнала, порядка нескольких сотен оборотов вала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключев В.В. Неразрушающий контроль. В 7 т. Т.7. Вибродиагностика / В.В. Ключев [и др.]. – М.: Машиностроение, 2007. – 732 с.

УДК 669.295

А.Б. Коломенский, С.В. Шахов, Б.А. Коломенский, И.И. Емельянов, А.В. Кочегаров

Филиал ПАО «Ил» - ВАСО, г. Воронеж

ПОВЫШЕНИЕ РАБОТЫ ПО РАСПРОСТРАНЕНИЮ ТРЕЩИН ПРИ ИСПЫТАНИЯХ НА УДАРНУЮ ВЯЗКОСТЬ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВЫСОКОЙ ПРОЧНОСТИ

Аннотация: исследовали ударную вязкость листовых титановых образцов с охрупченным концентратором и различными вариантами поверхностного окисления. Выявлено, что состояние поверхностных слоёв и оксидные плёнки могут оказывать заметное положительное влияние на работу по распространению трещины. Небольшой перепад микротвёрдости на поверхности в сочетании с низкотемпературной оксидной плёнкой повышают ударную вязкость

Ключевые слова: титан, отжиг, газонасыщение, оксидные плёнки, ударная вязкость

A.B. Kolomenskiy, S.V. Shahov, B.A. Kolomenskiy, I.I. Emelianov, A.V. Kochegarov

INCREASE OF WORK ON CRACKS PROPAGATION AT IMPACT STRENGTH TEST OF A HIGH STRENGTH TITANIUM ALLOY

Abstracts: The impact strength of titanium sheet samples with an embrittled concentrator and various surface oxidation variants was studied. It has been revealed that the condition of the surface layers and the oxide films can have a noticeable effect on the propagation work. A small difference in the microhardness of surface in combination with a low-temperature oxide film increases the impact strength.

Keywords: titanium, annealing, gas saturation, oxide films, impact strength test.

В работах [1, 2] сообщается о возможности использования регламентированного газонасыщения поверхности для повышения циклической долговечности листового титана. Это достигается за счёт оптимального содержания атомов внедрения кислорода в поверхностных слоях, что соответствует определённым значениям перепада микротвердости поверхности по отношению к сердцевине для различных сплавов. Такие значения перепадов получали высокотемпературным отжигом с последующим травлением на регламентируемую глубину.

В данной работе рассматривали вариант, при котором концентратор образцов сохранял охрупченные стенки после высокотемпературного отжига, а поверхность образцов изменяли, применяя травление на разную глубину сформированного после высокотемпературного отжига газонасыщенного слоя в сочетании с наличием оксидных плёнок после финишного отжига при разных температурах.

Таким образом, образование трещины при ударе маятникового копра при испытаниях происходило с равной во всех технологических вариантах затратой энергии, а вся разница в полученных значениях КСЧ приходилась на разную работу долома при распространении трещины.

Образцы для исследований (см. рис. 1) изготавливали фрезерованием из высокопрочного титанового сплава ВТ6ч.

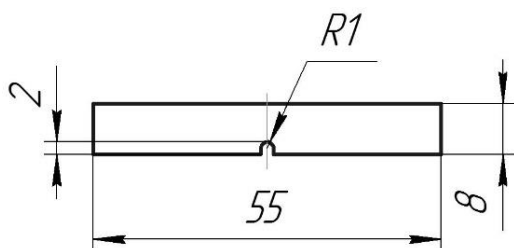


Рис. 1. Образцы для испытаний на ударную вязкость

Изготовленные образцы подвергали предварительному высокотемпературному воздушному отжигу по режиму 850 °С, 1ч. в лабораторной печи, при котором формировался газонасыщенный слой на глубину ~ 100 мкм (см. рис. 2). После этого удаляли поверхностную окалину пескоструйной обработкой при избыточном давлении 0,1 Мпа, при этом зона концентратора изолировалась, т.е. окалина там оставалась. Далее проводили облагораживающее травление в смеси кислот HF и HNO₃ на различную глубину вплоть до полного снятия слоя, при этом снятия газонасыщенного в концентраторе не происходило из-за того, что там на поверхности оставалась окалина. В заключение образцы проходили одночасовой воздушный финишный отжиг в интервале температур 350-650 °С.

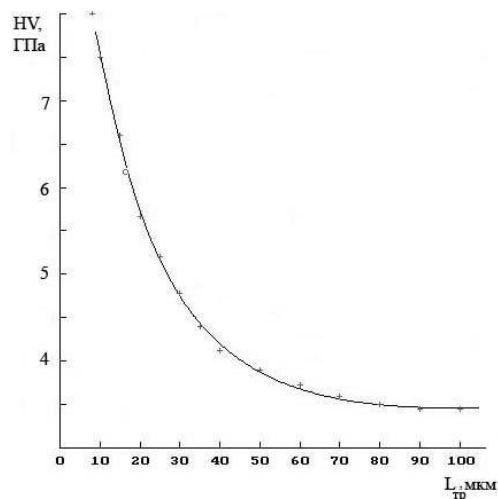
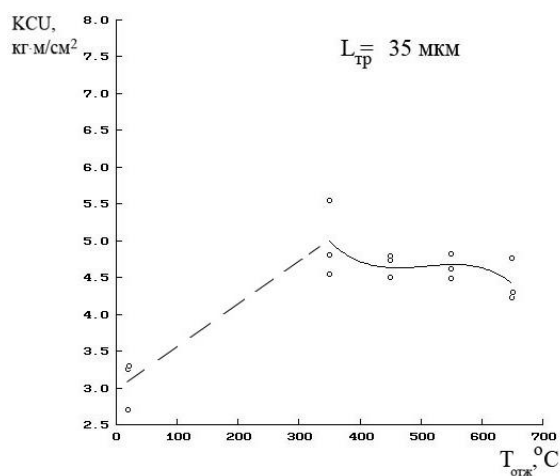


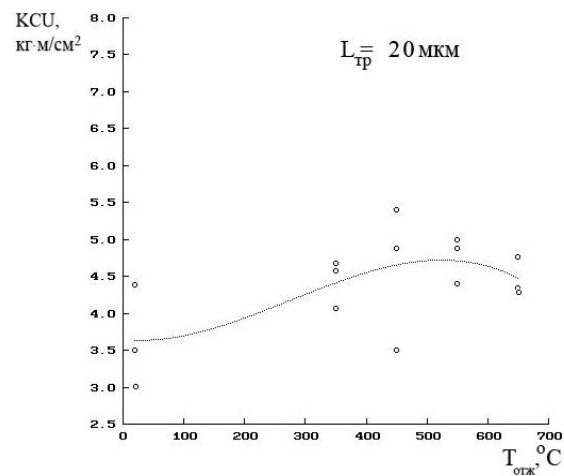
Рис. 2. Зависимость микротвёрдости поверхности HV образцов из сплава ВТ6ч после предварительного высокотемпературного отжига от глубины травления $L_{\text{тр}}$.

Испытания образцов на ударную вязкость (КСУ) производили согласно требованиям ГОСТ 9454-78 на маятниковом копре со шкалой 5 кг·м. Для исключения потери устойчивости и изгиба листовых образцов в процессе испытания применяли специальное приспособление.

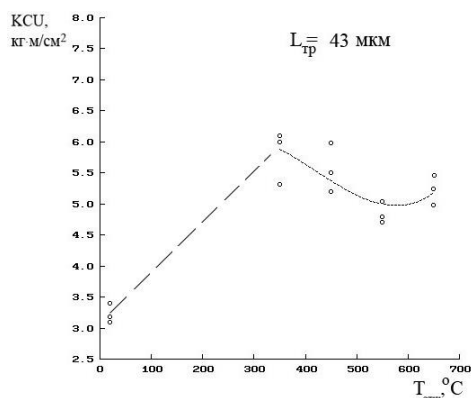
Результаты испытаний показаны на рис. 3.



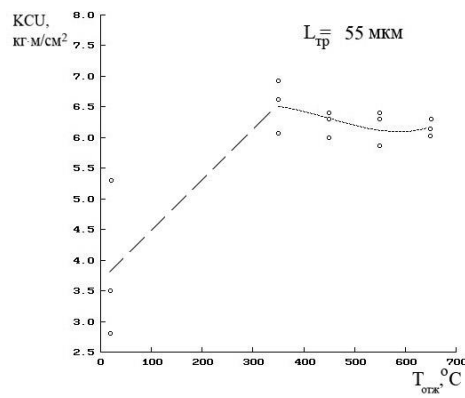
а



б



в



г

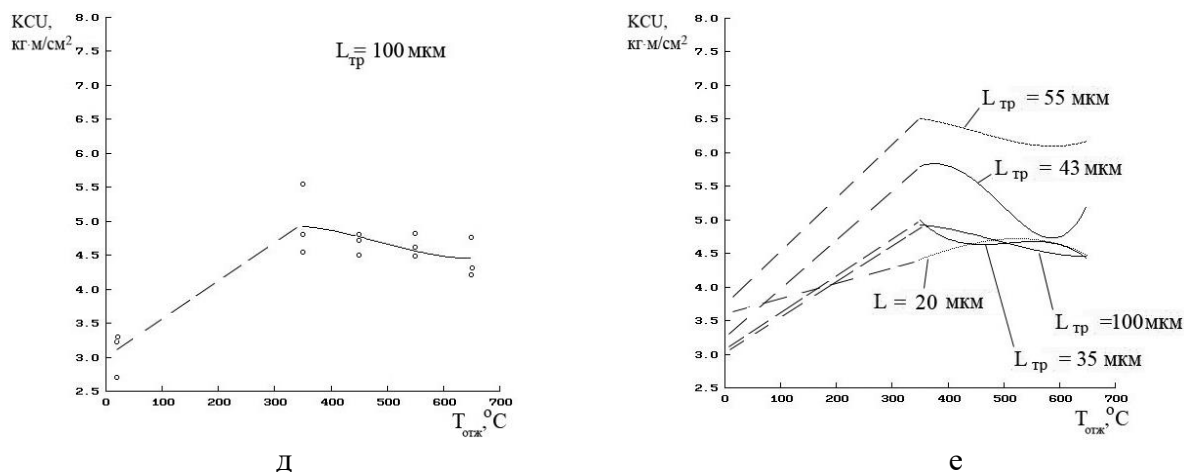


Рис. 3. Зависимости ударной вязкости КСУ от температуры финишного отжига $T_{отж}$ образцов из сплава ВТ6ч, прошедших предварительный высокотемпературный отжиг при 850 $^{\circ}C$, 1ч. и последующее регламентированное травление на глубину $L_{тр}$, мкм: 20 (а), 35 (б), 43 (в), 55 (г) и 100 (д), (е) – сравнительное влияние $L_{тр}$ на ударную вязкость КСУ.

Из полученных данных следует, что проведение финишного отжига, приводящее к появлению тонкой поверхностной плёнки, заметно повышает ударную вязкость образцов. Учитывая, что работа по образованию трещины в начальный момент разрушения приблизительно одинакова для всех исследованных вариантов (в концентраторах присутствует охрупченный слой с окалиной), вся разница в значениях КСУ приходится на разную работу долота.

Максимальная вязкость соответствует варианту с газонасыщенным подслоем, остающемся после травления на $L_{тр} = 55$ мкм ($\Delta HV = 8,7$ %) и $L_{тр} = 43$ мкм ($\Delta HV = 20,2$ %). Рост значений КСУ при этом составляет соответственно 75 % и 87 %.

Меньший съём - 20 мкм ($\Delta HV = 40$ %), как и полное стравливание газонасыщенного подслоя $L_{тр} = 100$ мкм ($\Delta HV = 0$) дают меньшие приросты ударной вязкости – соответственно 27 % и 56 %.

В целом из полученных результатов следует, что тонкая оксидная плёнка, формирующаяся на поверхности при отжиге с температурами в диапазоне от 350 до 650 $^{\circ}C$, оказывает существенное положительное влияние на рост работы долота при испытании на ударную вязкость, что согласуется с результатами [2, 3].

Что касается влияния температуры финишного отжига, то несколько лучшие результаты (~ на 7 %) соответствуют температуре 350 $^{\circ}C$.

Вывод: экспериментально установлено, что наличие поверхностной оксидной плёнки, формирующейся в процессе отжига при 350 до 650 $^{\circ}C$, значительно повышает работу распространения трещины при испытаниях на ударную вязкость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.Б. Коломенский, С.В. Шахов, Б.А. Коломенский Повышение ресурсных характеристик технического титана путем оптимизации параметров газонасыщенных слоев // Вестник Воронежского государственного технического университета. Том 14. №3. 2018. С.135-140.

2. А.Б. Коломенский, С.В. Шахов, Б.А. Коломенский. Влияние оксидных пленок на циклическую долговечность ЗТВ сварных соединений титановых сплавов // Сварочное производство. 2022. N 1. С.11-15.

3. А.Б. Коломенский, С.В. Шахов, Б.А. Коломенский Ударная вязкость титана и его сплавов в зависимости от глубины газонасыщенного слоя и температуры финишного отжига // Наука и технологии. Матер. XXXIV Всеросс. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения академика В.П. Макеева. Том 4.- М: РАН, 2014. с.104-112.

УДК 62-1/-9

М.Е. Куприянов, И.И. Ведерникова

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ КОНСТРУКЦИИ ВАЛА ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация: Использование современных CAE модулей для САПР систем — это достаточно удобный инструментарий для автоматизированного расчёта изделий машиностроения, позволяющий обеспечивать оптимальный конструктив, и выбирать подходящий материал, основываясь на приведенных расчётных значениях.

Ключевые слова: МКЭ, T-FLEX Анализ.

M.E. Kupriyanov, I.I. Vedernikova

IMPROVING THE RELIABILITY OF THE SHAFT DESIGN BY UPGRADING THE DESIGN

Abstract: The use of modern CAE modules for CAD systems is a fairly convenient tool for automated calculation of machine is a building product, which makes it possible to ensure optimal design and select the appropriate material based on the calculated values given.

Keywords: FEM, T-FLEX Analysis.

В процессе проектирования вала асинхронного электродвигателя "BAO2-450Lb 2У 2,5" была обнаружена проблема, а именно возможность разрушения стенок шпоночного паза при многократном повторении цикла «выхода на максимальную мощность с последующим полным торможением»

Для определения – насколько критична нагрузка в шпоночном соединении – была использована система T-FLEX Анализ, которая является интегрированной средой конечно-элементных расчётов в систему T-FLEX CAD. Она предоставляет инженерам и проектировщикам возможность эффективно решать сложные задачи, обеспечивая высокую точность и скорость обработки данных. В ее основе лежит метод конечных элементов (МКЭ), суть метода заключается в замене исходной пространственной конструкции сложной формы на дискретную математическую модель, отражающую физическую сущность и свойства исходного изделия.

Результаты анализа, представленные на рис. 1, показали, что передача крутящего момента через шпонку не допустима. Поэтому было принято решение заменить шпоночный паз на шлицевое соединение, а поскольку шлицы будут использоваться только для распределения нагрузки, то допуски на их обработку будут больше, соответственно это уменьшит стоимость операции.

Результаты анализа шлицевого соединения, представленные на рис. 2, показывают нам, что шлицы позволяют равномерно распределить нагрузку по всей площади контакта, что в свою очередь снижает концентрацию напряжений.

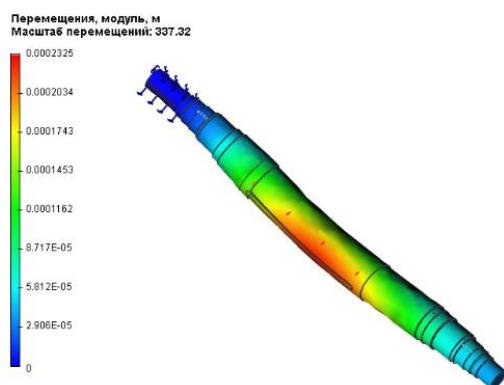


Рис. 1. Модуль перемещения шпоночного паза

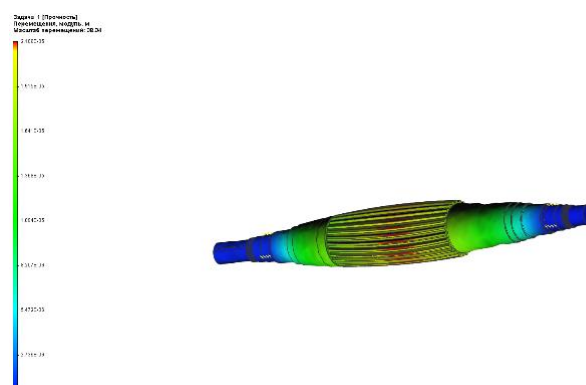


Рис. 2. Модуль перемещения шлицевого соединения

Также в ходе анализа конструкции системой «T-FLEX Анализ» было выявлено, что заложенный ранее материал, а именно сталь 30, не мог дать требуемые прочностные поверхностные характеристики даже с учетом термообработки, а также коэффициент запаса эквивалентных напряжений был недостаточен, что способствовало увеличению риска деформации или разрушения описываемого изделия. Изображение проведенного анализа приведено на рис. 3.

В результате проведенного анализа существующих материалов была выбрана легированная коррозионностойкая сталь 40X13, так как одним из условий выбора было одно из требований эксплуатации, которое предполагает использование всего объекта при относительной влажности воздуха равной 100 %. Последующее исследование при помощи системы «T-FLEX Анализ» позволило выявить полное соответствие предъявляемым требованиям. Анализ вала из материала 40X13 на накопление эквивалентных напряжений представлен на рис. 4.



Рис. 3. Коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям, сталь 30

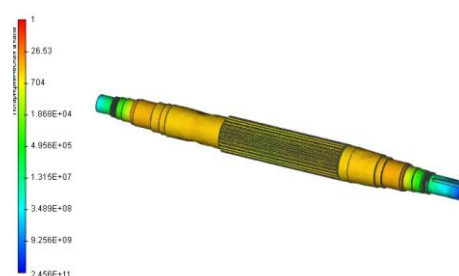


Рис. 4. Коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям, сталь 40X13

Таким образом, использование конечно-элементных расчётов позволяют не только повысить надёжность проектируемого изделия и уменьшить затрачиваемое время на определение оптимальных материалов и конструкторских решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 5632- 2014 Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные
2. T-FLEX Анализ - конечно-элементные расчёты <https://www.tflex.ru/products/raschet/analiz/>

УДК 614.843

С.О. Куртов, В.П. Малый, В.М. Макаров

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ НАСОСНО-РУКАВНЫХ СИСТЕМ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В УСЛОВИЯХ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУР ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация: В статье проведен анализ существующих решений, используемых для повышения надежности и сохранения работоспособности насосно-рукавных систем при тушении пожаров подразделениями пожарной охраны в условиях температуры окружающего воздуха -10°C и ниже.

Ключевые слова: пожарные рукава, пожарные разветвления, низкая и отрицательная температура, теплоизоляция.

S.O. Kurtov, V.P. Maly, V.M. Makarov

ANALYZE EXISTING METHODS OF IMPROVING THE RELIABILITY OF PUMP-AND-SLEEVE SYSTEMS WHEN EXTINGUISHING FIRES AT SUB-ZERO AMBIENT TEMPERATURES

Abstract: The article analyzes the existing solutions used to improve the reliability and maintain the serviceability of pump-and-sleeve systems when firefighting by firefighting units in the ambient air temperature of -10°C and below.

Keywords: fire hoses, fire branches, low and negative temperature, thermal insulation.

Исследования в области повышения надежности и сохранению работоспособности насосно-рукавных систем (далее НРС) при тушении пожаров подразделениями пожарной охраны в условиях отрицательных температур окружающей среды являются актуальными, о чем свидетельствует большое количество научных публикаций, авторских свидетельств и патентов [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10].

Научное сообщество, производители пожарной техники и технического вооружения, а также личный состав, непосредственно участвующий в тушении пожаров, продолжают активно разрабатывать и совершенствовать методы, направленные на обеспечение надежной работы НРС в условиях низких температур окружающей среды. Особое внимание уделяется вопросам сохранения работоспособности НРС при подаче воды и водных растворов в экстремальных климатических условиях.

В ходе проведенного анализа имеющихся публикаций и патентного поиска авторы предлагают условно разделить существующие решения на «пассивные» (сохраняющие тепло) и «активные» (увеличивающие температуру огнетушащего вещества) [10].

«Пассивные» решения и способы:

1. Пожарный рукав теплосберегающий [6];
2. Устройство для подогрева жидкости в пожарных рукавах, выполненное на основе пожарного гидроэлеватора Г-600А [8];
3. Утепление пожарных трехходовых разветвлений, основные варианты представлены на рис. 1. [10].

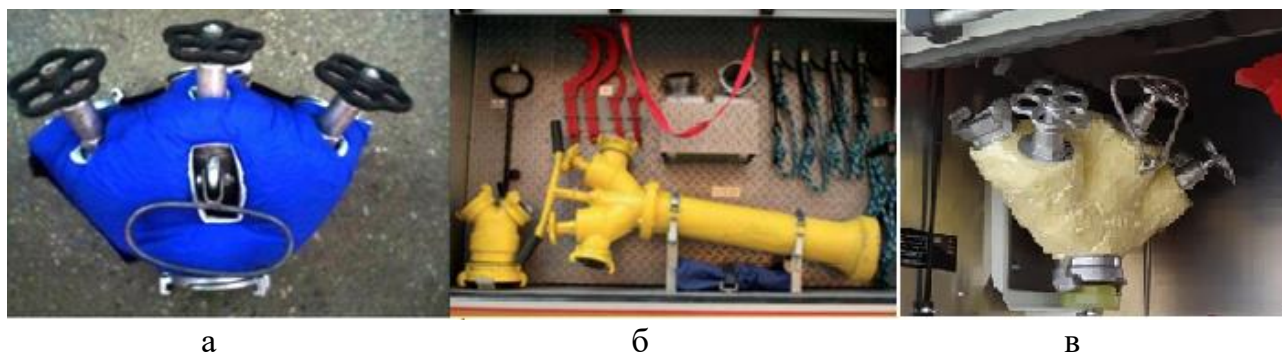


Рис. 1. Варианты «пассивной» теплозащиты трехходовых разветвлений
(а – тканевый чехол, б – криогенный изоляционный материал,
в – слой утеплителя из пенополиуретана)

«Активные» решения и способы:

1. Пожарно-спасательный автомобиль северный, выполненный в климатическом исполнении ХЛ (для холодного климата) [4];
2. Вихревой теплогенератор ВТГ-110 [2];
3. Вставка для подогрева воды, подаваемой по рукавной пожарной линии [5];
4. Устройство, позволяющее повысить эффективность работы насосно-рукавных систем в условиях воздействия отрицательных температур окружающей среды [4] рис.2.



Рис. 2. Вид разработанного авторами компактного раскладного устройства, позволяющего повысить эффективность работы насосно-рукавных систем в условиях воздействия отрицательных температур окружающей среды [4]

Во время межведомственного опытно-исследовательского учения сил и средств единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций в Арктической зоне Российской Федерации («Безопасная Арктика – 2023») авторами настоящей работы проведены эксперименты по определению теплозащитной эффективности (одного из «пассивных» способов) теплоизоляции пожарного трехходового разветвления (далее РТ-80) путём сравнения скорости остывания воды в разветвлении стандартного исполнения (рис. 3а), и разветвления с теплозащитой (рис. 3б), выполненной путем нанесения на наружную поверхность пенополиуретановой монтажной пеной [10].



Рис. 3. Фрагменты экспериментальных исследований по определению эффективности теплозащиты РТ-80, выполненной путем нанесения слоя пенополиуретановой монтажной пены (фото авторов)

При подготовке к эксперименту один из патрубков каждого РТ-80 с номинальным диаметром DN80 закрывали стандартной пожарной головкой-заглушкой. Затем в полость заливали воду, температура которой составляла $+28^{\circ}\text{C}$. После этого второй патрубок разветвлений с таким же номинальным диаметром DN80 также закрывали пожарной головкой-заглушкой (для создания герметичности). Подготовленные для исследований РТ-80 размещали снаружи здания на специально сооруженном стенде, где температура наружного воздуха на момент фиксации составляла -18°C .

В ходе эксперимента измерения температуры воды в пожарных разветвлениях проводились с интервалом в 15 минут. Для этого использовались хромель-алюмелевые термопары, выполняющие функцию точечных термодетекторов. Динамика понижения температуры воды в полости РТ-80 видна из таблицы.

Таблица. Динамика снижения температуры воды в пожарных разветвлениях

Время, мин	0	15	30	45	60
Температура воды в стандартном разветвлении (без теплозащитного слоя), $^{\circ}\text{C}$	28	10	2		
Температура воды в пожарном разветвлении с теплозащитой, выполненной путем запенивания поверхности, $^{\circ}\text{C}$	28	18	11	6	2
Температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$	-18	-18	-18	-18	-18

Из данных, приведенных в таблице, видно, что при идентичных начальных условиях - температуре воды +28°C и температуре охлаждающего воздуха -18°C - время достижения околонулевой температуры (точки замерзания воды) в пожарном разветвлении с теплозащитой, созданной путем нанесения пенополиуретана на внешнюю поверхность, составляет 60 минут. Это в два раза дольше по сравнению с нетеплоизолированным разветвлением, где аналогичный результат достигается за 30 минут. Данные результаты убедительно свидетельствуют о высокой эффективности предложенной технологии теплозащиты металлических элементов НРС с использованием пенополиуретанового покрытия.

Заключение

1. Проведен анализ различных методов, направленных на обеспечение работоспособности и надежности насосно-рукавных систем при эксплуатации в условиях низких температур окружающей среды.

2. Экспериментально доказана высокая эффективность использования теплозащиты для пожарного разветвления, путем нанесения на его внешнюю поверхность слоя полиуретановой монтажной пены толщиной около 10 мм, по сравнению со стандартным вариантом РТ-80.

3. Данный метод теплозащиты, отличающийся простотой, доступностью и низкой стоимостью, рекомендуется авторами для внедрения в подразделениях МЧС России, функционирующих в условиях экстремально холодного климата.

4. В дальнейшем авторы намерены провести экспериментальные исследования по оценке теплозащитной эффективности и других представленных в настоящей работе решений пассивного и активного типа, которые могут повысить надежность насосно-рукавных систем и предотвратить их отказы при эксплуатации в условиях отрицательных температур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эволюция технических средств обеспечения работоспособности насосно-рукавных систем пожарных автомобилей при низких температурах / М. В. Алешков, А. В. Рожков, В. М. Климовцов, Р. А. Емельянов // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2008. – № 2. – С. 36-40. – EDN SKAVCD.

2. Двоенко, О. В. Насосно-рукавные системы пожарных автомобилей, обеспечивающие тушение пожаров и аварийное водоснабжение на объектах энергетики в условиях низких температур: специальность 05.26.03 "Пожарная и промышленная безопасность (по отраслям)": автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Двоенко Олег Викторович. – Москва, 2014. – 22 с. – EDN ZPNGHX.

3. История развития технических средств борьбы с пожарами, приспособленных для работы в условиях низких температур / М. В. Алешков, М. Д. Безбородько, И. А. Ольховский, О. В. Двоенко // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. – Т. 25, № 11. – С. 77-83. – DOI 10.18322/PVB.2016.25.11.77-83. – EDN XCNSUD.

4. Куртов, С. О. Устройство, позволяющее повысить эффективность работы насосно-рукавных систем в условиях воздействия отрицательных температур окружающей среды / С. О. Куртов, В. А. Горшунов // Молодые ученые в решении актуальных проблем безопасности: Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции, Железногорск, 26 мая 2023 года. – Железногорск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства

Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий», 2023. – С. 340-342. – EDN OLTVDN.

5. Патент на полезную модель № 103480 U1 Российская Федерация, МПК А62С 27/00. Пожарно-спасательный автомобиль северный, выполненный в климатическом исполнении ХЛ (для холодного климата) (варианты): № 2010114516/12: заявл. 12.04.2010: опубл. 20.04.2011 / М. В. Алешков, В. Н. Казаков, Е. А. Емельянов, А. В. Плосконосов; заявитель Открытое акционерное общество "Варгашинский завод противопожарного и специального оборудования". – EDN YOVIAL.

6. Авторское свидетельство № 1586722 А1 СССР, МПК А62С 33/00. Вставка для подогрева воды, подаваемой по рукавной пожарной линии: № 4440332: заявл. 13.06.1988: опубл. 23.08.1990 / М.Д. Безбородько, М.В. Алешков; заявитель ВЫСШАЯ ИНЖЕНЕРНАЯ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ШКОЛА. – EDN MJENPB.

7. Патент на полезную модель № 123676 U1 Российская Федерация, МПК А62С 33/00. Пожарный рукав теплосберегающий: № 2012135895/12: заявл. 22.08.2012: опубл. 10.01.2013 / А. К. Беликов, Н. А. Панкратьев, В. Н. Пятачев [и др.]. – EDN PHRGEA.

8. Патент на полезную модель № 203100 U1 Российская Федерация, МПК А62С 27/00. пожарная автоцистерна с системой обеспечения работоспособности насосно-рукавных систем в условиях экстремально низких температур: № 2020105720: заявл. 06.02.2020: опубл. 22.03.2021 / В. Н. Казаков, Е. А. Емельянов, И. Н. Смоленский [и др.]; заявитель Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. – EDN CRLQTQ.

9. Патент на полезную модель № 222925 U1 Российская Федерация, МПК А62С 31/00, А62С 3/00. Устройство для подогрева жидкости в пожарных рукавах: № 2023128973: заявл. 09.11.2023: опубл. 23.01.2024 / М. А. Савин, Л. В. Плотников, Д. К. Курбатова, И. Э. Кацнельсон; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Уральский институт Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий". – EDN EGNCMW.

10. Малый, В. П. Исследование эффективности метода запенивания, применяемого для создания тепловой защиты пожарных рукавных разветвлений / В. П. Малый, С. О. Куртов, А. Ю. Трояк // Современные проблемы гражданской защиты. – 2023. – № 4(49). – С. 162-169. – EDN CIQPZC.

УДК 621.311.22

Д.И. Менделеев^{1,2}, А.А. Потапов¹

¹АО «Татэнерго» филиал «Казанская ТЭЦ-2»

²ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»

АНАЛИЗ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ВИНТОВЫХ КОМПРЕССОРОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Аннотация: Статья посвящена анализу режимов работы винтовых компрессоров, используемых в составе вспомогательного оборудования парогазовых установок (ПГУ). Рассмотрены основные факторы, влияющие на работу компрессоров и условия эксплуата-

ции. Проведена оценка влияния работы винтовых компрессоров на общую надежность и эффективность парогазовых установок. Предложены рекомендации по оптимизации режимов работы компрессоров для повышения долговечности оборудования и снижения рисков аварийных ситуаций. Результаты исследования могут быть использованы для улучшения эксплуатационных характеристик ПГУ и снижения затрат на техническое обслуживание.

Ключевые слова: винтовые компрессоры, парогазовые установки, надежность, режимы работы, вспомогательное оборудование, эксплуатация, оптимизация, техническое обслуживание.

D.I. Mendeleev^{1,2}, A.A. Potapov¹

¹JSC "Tatenergo" branch Kazan Thermal Power Station-2

²Kazan State Power Engineering University

ANALYSIS OF SCREW COMPRESSOR OPERATING MODES AND THEIR IMPACT ON THE RELIABILITY OF COMBINED CYCLE POWER PLANTS

Abstracts: The article is devoted to the analysis of operating modes of screw compressors used as part of the auxiliary equipment in combined cycle power plants (CCPP). The main factors affecting compressor performance and operating conditions are examined. The impact of screw compressor operation on the overall reliability and efficiency of CCPP's is evaluated. Recommendations for optimizing compressor operating modes to enhance equipment durability and reduce the risk of failures are provided. The results of the study can be used to improve the operational performance of CCPP's and reduce maintenance costs.

Keywords: screw compressors, combined cycle power plants, reliability, operating modes, auxiliary equipment, operation, optimization, maintenance.

Винтовые компрессоры широко используются в промышленности благодаря своей надежности, высокой производительности и способности работать в широком диапазоне давлений. Однако эффективность их работы зависит от выбора оптимального режима эксплуатации. Исследование режимов работы винтового компрессора позволяет определить ключевые параметры, влияющие на его производительность, энергопотребление и долговечность.

В данной статье рассматривается модульная компрессорная станция (МКС), которая предназначена для обеспечения сжатым воздухом технологического оборудования и устройств производственного помещения (цеха) - пневмоприводы арматуры. Основные характеристики станции для производства сжатого воздуха представлены в табл. 1. [1-3]

Таблица 1. Основные параметры и характеристики МКС

Параметр	Характеристика
Компрессорная установка	R4IU-10-2000
Вспомогательное оборудование	осушитель, охладитель, конденсатосборник, адсорбционный осушитель, фильтр, аккумулирующий ресивер
Сжимаемый газ	атмосферный воздух
Давление сжатия, не более кгс/см ²	10
Производительность станции, м ³ /мин	0,47
Температура окружающего воздуха, °С	+5...+35

Параметр	Характеристика
Номинальная мощность, кВт	4
Тип компрессора	Винтовой, маслозаполненный Ротационный винтовой блок
Система управления	Микропроцессорный Хе-50 Двухпозиционное (Load/Unload)

Агрегат представляет собой одноступенчатый, винтовой компрессор с приводом от электродвигателя. Сжатие производится с помощью системы двух сцепленных (внутреннего и наружного) спиральных роторов. Компрессор оборудован автоматической системой управления пуском и остановом. Воздух пройдя впускной клапан поступает в корпус компрессора. Сжатие происходит на спиральных роторах до давления 10 кгс/см².

В процессе сжатия температура воздуха повышается. Для её снижения предусмотрена система охлаждения, которая состоит из компрессора хладагента, испарителя, теплообменника, термостата и сепаратора. Охлаждающая жидкость под давлением подается в камеру сжатия. Смесь воздуха с хладагентом выпускается из компрессора в сепаратор, где из воздуха удаляется практически весь хладагент, за исключением нескольких десятитысячных долей процента. Хладагент возвращается в охлаждающую систему, а воздух проходит через вторичный охладитель и выпускается из компрессора. Охлажденный и частично осушенный воздух поступает на фильтр, затем направляется в адсорбционный осушитель.

Сжатый, охлажденный и осушенный воздух собирается в аккумулирующем ресивере и поступает в систему сжатого воздуха. При увеличении давления в системе более 10 кгс/см² происходит открытие предохранительного клапана. [4–5]

Сравнение режимов работы: Винтовые компрессоры могут работать в различных режимах, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. В данной статье проводится сравнение двух основных подходов к управлению компрессором: работа с включением/отключением по уставкам давления и постоянная работа со сбросом излишка воздуха через регулятор. Эти режимы отличаются по принципу управления, энергопотреблению, износу оборудования и другим параметрам (табл. 2).

1. Режим включения/отключения по уставкам давления (рис. 1)

Принцип работы: Компрессор включается, когда давление в системе падает ниже заданной нижней уставки (например, 6 бар). Компрессор отключается, когда давление достигает верхней уставки (например, 8 бар). Цикл повторяется по мере необходимости.

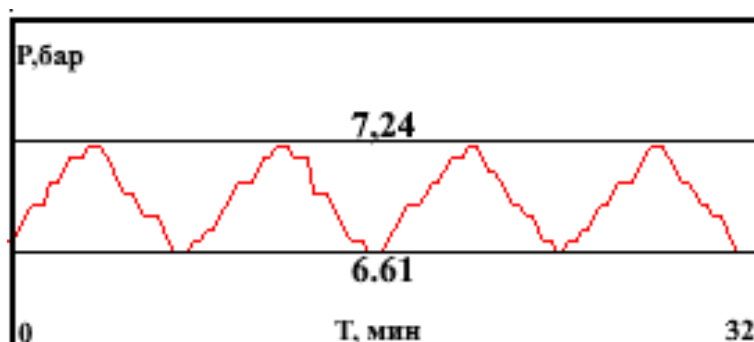


Рис. 1. Режим работы компрессора по уставкам давления

Преимущества: 1. Энергосбережение: Компрессор работает только тогда, когда это необходимо, что снижает энергопотребление при непостоянной нагрузке. 2. Уменьшение износа оборудования: поскольку компрессор не работает постоянно, снижается нагрузка на механические компоненты, такие как подшипники и роторы. 3 Простота управления: Система управления не требует сложных регуляторов, достаточно реле давления.

Недостатки: 1. Частые пуски и остановки: при высокой частоте циклов включения/отключения увеличивается износ электродвигателя и пусковой аппаратуры. 2. Колебания давления: В системе могут наблюдаться перепады давления между нижней и верхней уставками, что может быть критично для некоторых процессов. 3. Ограниченная гибкость: Режим плохо подходит для систем с резко изменяющейся нагрузкой, так как компрессор может не успевать реагировать на изменения. (рис. 2)

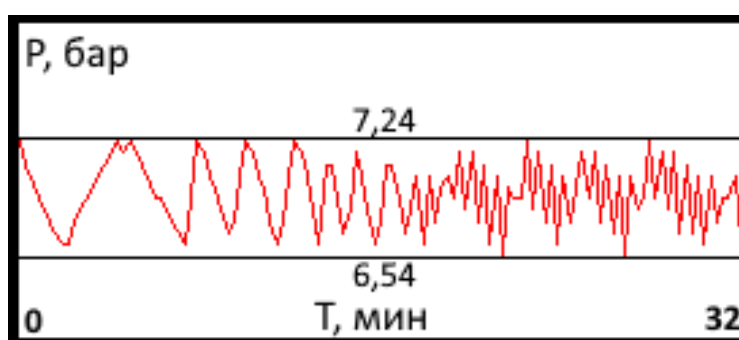


Рис. 2. Режим работы компрессора при постоянных изменениях расходов воздуха

2. Режим постоянной работы со сбросом излишка воздуха (рис. 3)

Принцип работы: Компрессор работает непрерывно, независимо от текущего потребления воздуха. Излишки сжатого воздуха сбрасываются в атмосферу через специальный регулятор (например, клапан сброса давления). Давление в системе поддерживается на постоянном уровне.

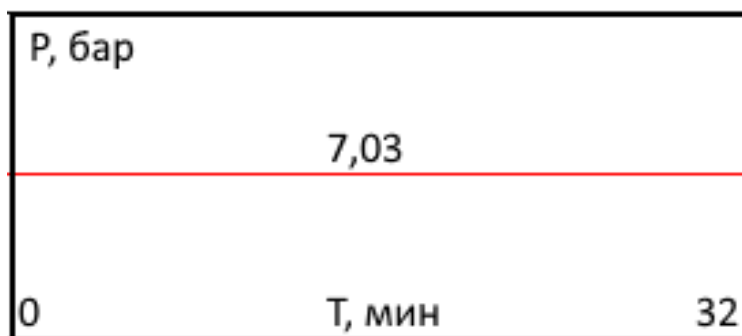


Рис. 3. Режим работы компрессора со сбросом излишка воздуха

Преимущества: 1. Стабильное давление: В системе поддерживается постоянное давление, что важно для процессов, требующих высокой стабильности. 2. Отсутствие частых пусков/остановок: Компрессор работает в непрерывном режиме, что снижает износ электродвигателя и пусковой аппаратуры. 3. Подходит для пере-

менных нагрузок: Режим хорошо адаптируется к резким изменениям потребления воздуха, так как компрессор всегда готов к подаче.

Недостатки: 1. Высокое энергопотребление: Компрессор работает постоянно, даже когда потребление воздуха минимально, что приводит к перерасходу энергии. 2. Потери сжатого воздуха: Сброс излишков воздуха в атмосферу приводит к потерям энергии, затраченной на его сжатие. 3. Увеличение износа компрессора: Постоянная работа приводит к более быстрому износу механических компонентов, таких как роторы и подшипники.

Таблица 2. Сравнение режимов работы компрессора

Параметр	Включение/отключение по уставкам	Постоянная работа со сбросом излишков
Энергопотребление	50–70% от номинальной мощности (в зависимости от времени простоя)	70–80% от номинальной мощности
Стабильность давления	Колебания в диапазоне 6–8 бар	Постоянное давление 7 бар $\pm$ 0,2 бар
Износ оборудования	Износ из-за частых пусков/остановок (10–20 циклов в час)	Износ из-за постоянной работы (24/7)
Потери воздуха	Нет	10–30% от общего объема сжатого воздуха
Гибкость при переменных нагрузках	Задержка реакции 5–10 секунд	Мгновенная реакция на изменения
Сложность управления	Простое управление (реле давления)	Требуется регулятор сброса и система контроля
Энергопотребление	2-2,8 кВт (50-70% нагрузки)	3-3,5 кВт (75-85% нагрузки)
Циклы работы	4-8 в час (в зависимости от потребления воздуха)	Непрерывная работа
Стабильность давления	$\pm$ 1 бар (6-8 бар)	$\pm$ 0,2 бар (7 $\pm$ 0,2 бар)
Годовой износ	20% (пусковые нагрузки)	15% (равномерный износ)
Потери воздуха	Нет	0,05-0,09 м ³ /мин (10-20%)

Выводы. Старт-стоп режим экономичнее по потреблению электроэнергии на 25–30 %, однако постоянный режим обеспечивает: на 40 % стабильнее давление, на 25 % меньше механический износ. Режим включения/отключения по уставкам предпочтителен для систем с непостоянной нагрузкой, где важно минимизировать энергопотребление и снизить износ оборудования. Однако он не подходит для систем, требующих высокой стабильности давления. Режим постоянной работы со сбросом лучше использовать в системах с постоянной или резко изменяющейся нагрузкой, где критично поддержание стабильного давления. Однако этот режим требует дополнительных мер для снижения энергопотребления, таких как использование частотных преобразователей.

Для повышения эффективности работы компрессора в обоих режимах можно использовать: Частотные преобразователи: позволяют регулировать производительность компрессора в зависимости от нагрузки, снижая энергопотребление и износ. Системы рекуперации тепла: позволяют использовать тепло, выделяемое компрессором, для других нужд. Интеллектуальные системы управления: автоматически выбирают оптимальный режим работы в зависимости от текущих условий. [5–8]

Заключение. Выбор режима работы винтового компрессора зависит от требований системы и условий эксплуатации. Режим включения/отключения по уставкам давления подходит для систем с непостоянной нагрузкой, тогда как постоянная ра-

бота со сбросом излишков воздуха обеспечивает стабильность давления, но требует больших энергозатрат. Оптимизация работы компрессора возможна за счет использования современных систем управления и энергосберегающих технологий. И лучший вариант будет, когда возможно комбинировать режимы по потребностям, сохраняя надежность, безопасность и экономичность работы как отдельной установки, так и всего основного и вспомогательного оборудования парогазовой установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А.А., Петров Б.С. Винтовые компрессоры: теория и практика. – М.: Машиностроение, 2018.
2. Смирнов В.И. Энергоэффективность промышленных компрессоров. – СПб.: Энерготех, 2020.
3. Johnson A., Smith R. Optimization of Screw Compressor Performance. – Journal of Mechanical Engineering, 2019.
4. Зубарев Андрей Михайлович, Кузин Иван Анатольевич, Хабибова Наталья Замиловна Сравнительный анализ эффективности применения винтовых компрессоров // Успехи в химии и химической технологии. 2016. №2 (171).
5. Никифоров Александр Георгиевич, Муслова Любовь Анатольевна АНАЛИЗ РАБОТЫ ОДНОСТУПЕНЧАТЫХ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ЭКСПЛУАТАЦИИ // Омский научный вестник. Серия «Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение». 2023. №3.
6. Менделеев, Д. И. Применение и использование ресурсов тепловых электростанций для выработки электроэнергии / Д. И. Менделеев, Г. Е. Марьин // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 21–24 апреля 2020 года. Том 1. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2020. – С. 222-226. – EDN SNJXAT.
7. Анализ применения систем накопления электроэнергии на тепловых электрических станциях / Д. И. Менделеев, Л. А. Галимзянов, А. Ю. Федотов, Д. А. Россихин // Развивая энергетическую повестку будущего: Сборник докладов Международной научно-практической конференции для представителей сообщества молодых инженеров ТЭК, Санкт-Петербург, 10–11 декабря 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина), 2021. – С. 73-78. – EDN TENPJU.
8. Менделеев, Д. И. Экологическая трансформация энергетики: сокращение удельных выбросов и зависимость от внешних условий / Д. И. Менделеев, Д. А. Россихин, Л. А. Галимзянов // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 2023. – № 2(140). – С. 121-125. – EDN KQGDIS.

УДК 621.45.03

С.Л. Панченко

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ОХЛАЖДЕНИЯ ВОЗДУХА В ВОЗДУХО-ВОЗДУШНОМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ АВИАЦИОННОГО ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация: В статье обоснована необходимость интенсификации процесса охлаждения газовой турбины в авиационных турбореактивных двигателях. Направление развития авиационных двигателей предполагает возрастание значений температуры газов перед турбиной. Однако данное обстоятельство приводит к увеличению тепловой нагрузки на элементы газовой турбины. В связи с этим интенсификация процесса охлаждения воздуха в воздухо-воздушном теплообменнике является основным способом интенсификации процесса охлаждения элементов турбины. Предлагается интенсификация процесса охлаждения воздуха в воздухо-воздушном теплообменнике авиационного турбореактивного двигателя за счет создания поперечной кольцевой накатки в теплообменных трубах.

Ключевые слова: охлаждение воздуха, воздухо-воздушный теплообменник, интенсификация процесса теплообмена, поперечная кольцевая накатка.

S.L. Panchenko

INTENSIFICATION OF AIR-COOLING PROCESS IN AIR-TO-AIR HEAT EXCHANGER OF AIRCRAFT TURBOJET ENGINE

Abstract: The article substantiates the need to intensification of gas turbine cooling process in aircraft turbojet engines. The direction of engines development implies an increase the temperature of the gases in front of the turbine. However, this circumstance leads to an increase of gas turbine elements thermal load. Therefore, the air cooling process intensification in air-to-air heat exchanger is the main way to gas turbine elements cooling intensification. It is proposed to the air cooling process intensification in air-to-air heat exchanger of aircraft turbojet engine by creating a transverse annular knurling in heat exchange tubes.

Keywords: air cooling, air-to-air heat exchanger, heat transfer process intensification, transverse annular knurling.

Трубчатые воздухо-воздушные теплообменники применяются в авиационных турбореактивных двигателях в основном самолетов военного назначения (двигатели АЛ-31Ф, Д-30Ф6, НК-25) [5]. Они предназначены для снижения температуры воздуха, идущего на охлаждение элементов газовой турбины. Поскольку газовая турбина является наиболее теплонагруженной частью турбореактивного двигателя, охлаждение ее элементов необходимо всегда, а для некоторых режимов с наибольшей тепловой нагрузкой, что актуально для вышеупомянутых двигателей, нужно еще более интенсивное охлаждение, и оно достигается за счет дополнительного снижения температуры воздуха в трубчатом воздухо-воздушном теплообменнике.

Данное снижение температуры осуществляется следующим образом (рис. 1). Трубчатый воздухо-воздушный теплообменник установлен в наружном контуре 2 двигателя и закреплен на корпусе камеры сгорания 3. В качестве воздуха, используемого для охлаждения турбины, используется вторичный воздух камеры сгорания, не принимающий участие в процессе горения топлива. Он подается в трубы воздухо-воздушного теплообменника 3. При этом снаружи теплообменник обдувается воздухом второго контура, температура которого на несколько сот градусов ниже, чем у воздуха, проходящего в трубах теплообменника и предназначенного для охлаждения турбины. В результате обдува воздухо-воздушного теплообменника воздухом второго контура температура выходящего из данного теплообменника воздуха, который далее идет на охлаждение элементов газовой турбины, снижается на 150...220 градусов [2, 5].

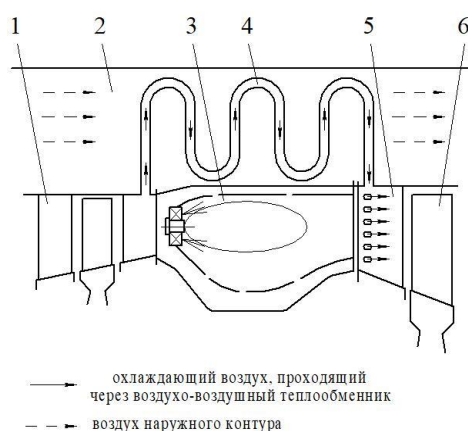


Рис. 1. Схема охлаждения воздуха в воздухо-воздушном теплообменнике:
1 – компрессор;
2 – наружный контур двигателя;
3 – камера сгорания;
4 – воздухо-воздушный теплообменник;
5 – сопловая лопатка турбины;
6 – рабочая лопатка турбины

По мере развития авиации все более требуются самолеты военного назначения с большой тягой или гражданские с большей экономичностью. Данные цели достигаются увеличением тяги авиационного двигателя, либо при одной и той же тяге – снижением расхода топлива. В свою очередь это возможно за счет увеличения такого важного параметра термодинамического цикла работы турбореактивных двигателей, как температура газов перед турбиной, поскольку при ее увеличении растет полезная работа цикла, а значит и возрастает тяга, а при неизменной тяге за счет увеличения данной температуры возможно снизить расход топлива, а также уменьшить габаритные размеры и массу двигателя, что для авиации не менее важно. Ещё недавно температура газов перед турбиной не превышала значения 1000 К, тогда как в настоящее время она достигает значений 1600...1700 К и выше, но даже такие значения с учетом современных требований не являются достаточными. Для проектируемых двигателей нового поколения необходимой температурой является уже значение 2000...2200 К, и вообще, увеличение температуры газов перед газовой турбиной является генеральным направлением развития авиационного двигателестроения [1].

Однако увеличение температуры газов перед газовой турбиной приводит к возрастанию тепловой нагрузки на двигатель и в первую очередь – на его наиболее теплонегруженные элементы, к которым относится в первую очередь газовая турбина, а также участок вала ротора турбокомпрессора с опорными подшипниковыми узлами в месте крепления турбины. Возрастание тепловой

нагрузки может привести к снижению надежности работы турбины и всего авиационного двигателя, поскольку именно надежность работы элементов турбины, как наиболее теплонагруженного элемента, определяет надежность работы двигателя и авиационной силовой установки в целом. Хотя в последнее время предпринимаются попытки изготовления сопловых, рабочих лопаток и других элементов турбины из жаропрочных материалов, эти работы довольно наукоемки, трудоемки и ресурсоемки, находятся только на уровне испытаний опытных образцов и отстают от необходимости увеличения температуры газов перед газовой турбиной.

В связи с этим, для повышения надежности работы газовой турбины и двигателя в целом, возможно применение более холодного воздуха для охлаждения элементов турбины, чего можно достичь некоторым изменением конструкции воздухо-воздушного теплообменника, направленными на интенсификацию процесса теплообмена.

Из теории теплопередачи известно [4], что при любом режиме движения жидкостей и газов в гладких каналах (трубах), в том числе развитом турбулентном (именно такой режим движения воздуха наблюдается в рассматриваемом случае из-за его больших скоростей и малых значений вязкости), около стенки трубы имеется ламинарный пограничный слой, где движение теплоносителя (в данном случае воздуха) имеет характер ламинарного, слоистого, и передача теплоты происходит не конвекцией, а теплопроводностью через слои воздуха. Но воздух имеет малый коэффициент теплопроводности, что и влияет на снижение интенсивности передачи теплоты через стенку трубы теплообменника от горячего теплоносителя к холодному. Поэтому разрушение ламинарного пограничного слоя, (турбулизация пристенного слоя теплоносителя) позволит интенсифицировать процесс теплопередачи и таким образом лучше охладить воздух, проходящий внутри трубы воздухо-воздушного теплообменника.

Наиболее простым способом интенсификации теплообмена в трубах без усложнения их конструкции является создание дискретно-шероховатой поверхности теплообмена [3]. Примером данной поверхности является поперечная кольцевая накатка на стенке трубы, получаемая способом накатывания роликами и являющаяся наименее трудоемкой в изготовлении (рис. 2).

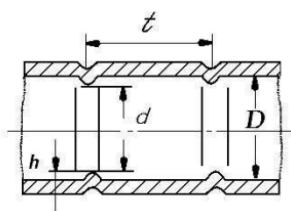


Рис. 2. Схема поперечной кольцевой накатки в трубе

При применении данного способа в трубе, методом накатывания роликом, с определенным шагом t (см. рис. 2) снаружи образуются кольцевые углубления, а внутри трубы – кольцевые выступы высотой h , благодаря которым и разрушается ламинарный пограничный подслой, что интенсифицирует процесс теплопередачи. При этом в месте образования кольцевых выступов внутренний диаметр трубы D уменьшается до размера d , равного $D - 2h$. Размеры t и h подбираются экспериментально с целью наибольшего увеличения коэффициента теплопередачи от горячего воздуха к холодному через стенку трубы.

На рис. 3 показана объемная модель участка обычной гладкой трубы теплообменника и трубы с нанесением поперечной кольцевой накатки.

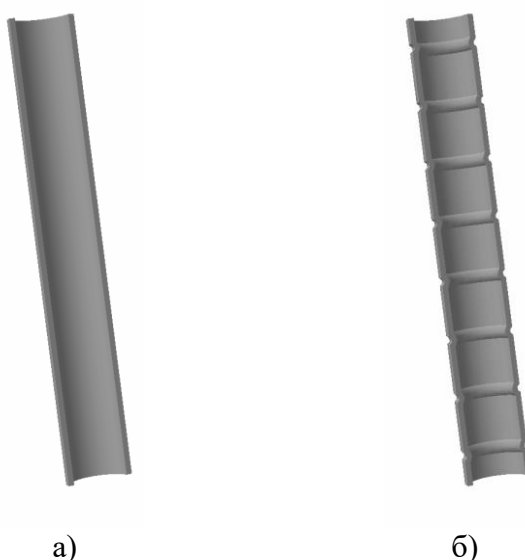


Рис. 3. 3D-модель (в разрезе) гладкой трубы теплообменника (а) и трубы с нанесением поперечной кольцевой накатки (б)

Применение поперечной кольцевой накатки на протяжении всей длины трубы воздухо-воздушного теплообменника позволит осуществить турбулизацию потока воздуха, проходящего в данной трубе, интенсифицировав таким образом процесс передачи теплоты от данного воздуха более холодному воздуху второго контура, которым труба обдувается снаружи. Это позволит снизить температуру воздуха, идущего на охлаждение газовой турбины, до более низких значений, чем при применении штатного теплообменника с гладкой трубой, что в условиях увеличения температуры газов перед турбиной позволит лучше охладить ее элементы, снизить температурные нагрузок на них, что способствует увеличению уровня надежности и ресурса газовой турбины, а также авиационного двигателя и силовой установки в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Даниленко, Н.В. Теория авиационных двигателей / Н.В. Даниленко, П.М. Кривель: Учебник. В 2 ч. Ч. 1. Рабочий процесс и характеристики силовой установки и ее газотурбинного двигателя. Иркутск: ИВВАИУ (ВИ), 1977. – 468 с.
2. Евдокимов, А.И. Конструкция и прочность авиадвигателей / А.И. Евдокимов, С.В. Коцюбинский, В.Б. Фролов, А.Н. Горский, Д.В. Титов. – М.: Военно-воздушная инженерная академия имени Н.Е. Жуковского, 2007. – 339 с.
3. Лаптев, А.Г. Методы интенсификации и моделирования тепломассообменных процессов. Учебно-справочное пособие / А.Г. Лаптев, Н.А. Николаев, М.М. Башаров. – М.: «Теплотехник», 2011. – 335 с.
4. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, А.М. Михеева. – 2-е изд., стереотип. – М.: «Энергия», 1977. – 344 с.

5. Панченко, С.Л. Системы охлаждения камер сгорания и турбин двигателей летательных аппаратов и газотурбинных установок: учебное пособие / С.Л. Панченко, С.А. Толстов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 296 с.

УДК 614.843:614.842.62

Б.А. Полоса, И.В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ НАПОРНЫХ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Аннотация: в статье решается актуальная задача по повышению надёжности напорных пожарных рукавов в месте крепления рукавов и соединительной арматуры путём нанесения термоусадочного материала («латексным чехлом»). Также проработан вопрос замены уплотнительных колец на полугайках.

Ключевые слова: пожарный рукав, термоусадка, модернизация, соединительная головка.

B.A. Polosa, I.V. Saraev

ON THE ISSUE OF INCREASING THE RELIABILITY OF PRESSURE FIRE HOSES

Abstract: the article solves the urgent problem of improving the reliability of pressure fire hoses at the attachment point of the hoses and connecting fittings by applying a heat-shrinkable material («latex cover»). The issue of replacing sealing rings on semi-nuts has also been worked out.

Keywords: fire hose, heat shrink, modernization, connecting head.

Одной из распространённых проблем в работе напорных пожарных рукавов являются их порезы/порывы, а также перетирание в местах крепления к соединительной головке. Не стоит забывать и про уплотнительные кольца на соединительной арматуре, которые могут менять эластичность (затвердевать) на морозе, что приводит к неплотному прилеганию в области крепления и, как следствие, к потере огнетушащих веществ. Все эти манипуляции занимают дополнительное время на устранение и замену, что негативно сказывается на общей эффективности боевых действий по тушению пожаров.

При этом общеизвестно, что установка пожарного автомобиля на водоисточник является важным шагом для поддержания тактических возможностей подразделения пожарной охраны [1, 2]. Основная проблема заключается в том, что запаса воды, содержащегося в пожарных машинах, зачастую хватает лишь на 8-10 минут интенсивной подачи огнетушащих веществ (ОТВ), что редко оказывается достаточным для локализации и ликвидации пожара.

Подача ОТВ производится при помощи пожарных рукав, которые представляются в виде гибкого трубопровода, предназначенного для транспортировки ОТВ под давлением (рисунок 1). Рукава имеют соединительные элементы для подключения к пожарному оборудованию и коммуникациям пожаротушения [3].



Рис. 1. Общий вид напорного пожарного рукава

Современные пожарные рукава изготавливаются из пропитанного специальным составом брезента или синтетической ткани и рассчитаны на рабочее давление не менее 1,0 МПа. Для повышения водонепроницаемости, прочности и защиты от агрессивных сред (нефтепродуктов, кислот, высоких и низких температур) рукава могут иметь резиновое или полимерное покрытие изнутри, металлическое армирование (оплётку) и/или полимерное покрытие снаружи [4].

Для присоединения к пожарному оборудованию (гидрантам, разветвлениям, гидроэлеваторам, пеногенераторам, стволами т.д.) и соединения между собой рукава имеют соединительные головки (рис. 2). Диаметры и конфигурация головок могут быть различными в разных странах и для разных типов пожарного оборудования. Все соединительные головки имеют в себе резиновые уплотнительные кольца (прокладки).



Рис. 2. Общий вид соединительной головки

Таким образом, место крепления пожарного рукава на соединительной арматуре – это наиболее уязвимый элемент рукава, поскольку она постоянно подвергается значительным внешним нагрузкам (рис. 3).



Рис. 3. Деформированный пожарный рукав



Рис. 4. Пожарный рукав с термоусадочным материалом («латексным чехлом») на месте крепления рукава и соединительной арматуры

Для решения указанных проблем предлагается дополнительно защищать место крепления рукава к соединительной арматуре термоусадочным материалом в результате чего на месте соединения рукава с полугайкой будет закрыт «латексным чехлом», который предотвращает образование перегибов (рис. 4).

Также предлагается производить замену стандартных уплотнительных резинок на полугайках (рис. 5). Эти изменения позволят улучшить качество и надёжность пожарных рукавов, что, в свою очередь, повысит эффективность работы пожарных расчётов и уменьшит время, затрачиваемое на устранение и замену неисправных элементов.

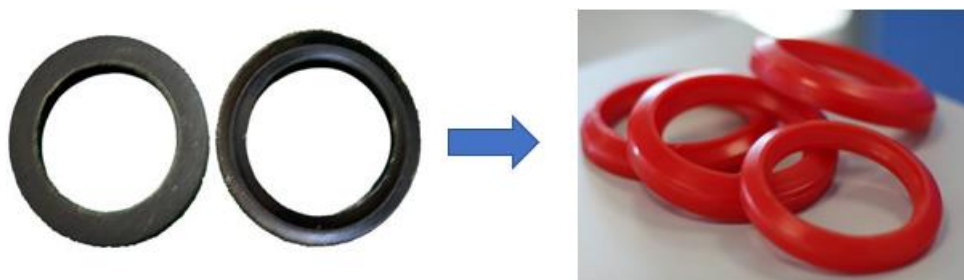


Рис. 5. Стандартные уплотнительные кольца и предлагаемые для замены

Решение проблемы потери эластичности (замерзания) уплотнительных колец заключается в замене резинок, представленных на рисунке 5, на изделия из полиуретана. Этот материал устойчив к низким температурам, более мягкий и обеспечивает плотное соединение, что решает нашу задачу.

Таким образом, для решения указанных проблем с пожарными рукавами предлагается оснащение места крепления рукавов термоусадочным материалом («латексным чехлом»). Также предлагается заменить уплотнительные резинки на полугайках. Эти изменения позволят улучшить надёжность эксплуатации пожарных рукавов, что, в свою очередь, повысит эффективность работы пожарных расчётов и уменьшит время, затрачиваемое на устранение и замену неисправных элементов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 26 октября 2017 г. № 472 «Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны».
2. Приказ МЧС России от 20 октября 2017 г. № 452 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны»

3. Приказ МЧС России от 01.10.2020 № 737 «Об организации материально-технического обеспечения системы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»

4. ГОСТ 34779-2021 «Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний».

УДК 66.047

Н.А. Рыбаков, П.В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ О МОДЕРНИЗАЦИИ ПОДЪЕМНО-ТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТА И ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: в данной статье рассматривается инженерно-техническое решение по модернизации подъемно-транспортных устройств. Модернизация подъемно-транспортных устройств для ремонта пожарных автомобилей является крайне важной задачей. Во-первых, современные технологии позволяют значительно ускорить процесс диагностики и ремонта техники, что критически важно для оперативности пожарных служб. Во-вторых, современные подъемники обеспечивают более безопасные условия работы для специалистов, минимизируя риск травм.

Ключевые слова: ремонт, подъемно-транспортное устройство, модернизация, техническое обслуживание, волновая передача

N.A. Rybakov, P.V. Puchkov

ON THE ISSUE OF MODERNIZATION OF LIFTING AND TRANSPORT DEVICES FOR REPAIR AND MAINTENANCE OF FIRE FIGHTING EQUIPMENT

Abstract: this article discusses an engineering and technical solution for the modernization of lifting and transport devices. The modernization of lifting and transport equipment for the repair of fire trucks is an extremely important task. Firstly, modern technologies can significantly speed up the process of diagnostics and repair of equipment, which is critically important for the efficiency of fire services. Secondly, modern lifts provide safer working conditions for specialists, minimizing the risk of injury.

Keywords: repair, lifting and transport device, modernization, maintenance, wave transmission

Износ парка аварийно-спасательной и пожарной техники является одной из серьезных проблем, с которой сталкиваются пожарно-спасательные подразделения. С течением времени многие машины теряют свою первоначальную производительность и надежность, что может негативно сказаться на качестве выполнения спаса-

тельных операций. Необходимость ремонта техники становится особенно актуальной в условиях увеличения числа чрезвычайных ситуаций.

Регулярные проверки и техническое обслуживание являются важными для предотвращения отказов техники. Исправная техника позволяет быстрее реагировать на вызовы и более эффективно справляться с возгораниями и авариями. В условиях современных вызовов важно, чтобы пожарно-спасательные подразделения имели доступ к надежной и высокоэффективной технике, способной выполнять свои функции на должном уровне. Таким образом, ремонт техники является неотъемлемой частью обеспечения безопасности населения и эффективности работы службы. Модернизация подъемно-транспортных устройств для ремонта пожарных автомобилей является крайне важной задачей. Во-первых, современные технологии позволяют значительно ускорить процесс диагностики и ремонта техники, что критически важно для оперативности пожарных служб. Во-вторых, современные подъемники обеспечивают более безопасные условия работы для специалистов, минимизируя риск получения травм.

Кроме того, модернизация оборудования также помогает отслеживать состояние пожарных автомобилей в режиме реального времени, позволив проводить плановые ремонты до появления серьезных проблем. Это не только повышает надежность техники, но и продлевает срок её службы.

В данной статье рассматриваются предложения по разработке и внедрению комплексного подхода к модернизации стандартных подъемно-транспортных устройств (рисунок), ориентированного на специфические потребности ремонта пожарных автомобилей.

В отличие от существующих решений, исследование предлагает оригинальные конструктивные изменения и технологии, которые значительно улучшают функциональные характеристики и безопасность эксплуатации оборудования.

Также ключевым аспектом новизны является интеграция современных автоматизированных систем, что позволяет повысить эффективность работы и снизить трудозатраты. Применение таких подходов создает новые возможности для оптимизации процессов технического обслуживания в сфере пожарной безопасности.

Рассмотрим несколько ключевых направлений модернизации:

- улучшение маневренности за счет установки на подъемно-транспортное устройство системы поворотных колес для повышения маневренности устройства в ограниченных пространствах гаража.

- энергетическая эффективность может быть достигнута заменой ручного подъема грузов на высокоэффективные двигатели, а также возможность использования аккумуляторов для автономного питания.



Рисунок. Однобалочный мини козловой кран с ручным подъемом грузов

- оптимизация конструкции за счет пересмотра дизайна грузоподъемного механизма с целью уменьшения его веса, что улучшит маневренность. Использование более легких и прочных материалов (сплавов), таких как алюминий (и его сплавы) или композитные материалы.

- повышение безопасности эксплуатации подъемного устройства обеспечивается установкой датчиков превышения нагрузки и систем аварийной остановки, которые будут предупреждать оператора о перегрузке.

Представленные выше предложения по модернизации подъемно-транспортного устройства помогут повысить его эффективность и безопасность, а также улучшить условия работы в пожарно-спасательном гарнизоне и продлить срок службы оборудования.

Например, передвижная стойка подъемно-транспортного устройства с колесами-роликами обладает несколькими преимуществами по сравнению со стационарной. Во-первых, она обеспечивает гибкость в использовании, позволяя легко перемещать устройство в зависимости от потребностей работы и расположения грузов. Это особенно удобно в помещениях обслуживания пожарно-спасательной техники, где требуется частая перенастройка. Во-вторых, передвижные стойки занимают меньше места и могут быть установлены в ограниченных пространствах, что увеличивает их универсальность. Кроме того, они часто легче в установке и демонтаже, что экономит время и усилия при проведении работ. Наконец, мобильность передвижных стоек позволяет быстро реагировать на изменения в условиях работы, что может существенно повысить общую эффективность и продуктивность. Передвижные стойки имеют системы безопасности, такие как блокировки колес и стабилизаторы, предотвращающие опрокидывание или движение устройства во время работы.

Замена ручного подъема грузов на высокоэффективные двигатели — это решение, которое не только повысит производительность, но и повысит безопасность и комфорт работы. Лебедочная конструкция является эффективным инструментом для значительного сокращения усилия, необходимого для подъема и перемещения тяжестей. Такой механизм можно будет использоваться для подъема груза достаточно большой массы, что облегчит труд сотрудников пожарно-спасательной части, которые обслуживают пожарные автомобили.

Рассмотрим механизм лебедочного типа, который может быть использован в ПСЧ № 55 ФГКУ «26 отряд ФПС ГПС ГУ МЧС России по Нижегородской области», где необходимо применять подъемно-транспортные устройства с широким диапазоном развиваемых моментов и скоростей, когда сначала необходим большой крутящий момент, но малая скорость перемещения, а затем малый момент и большая скорость перемещения.

Предлагается на однобалочный мини козловой кран с ручным подъемом грузов смонтировать в опорах стоек платформы тросовый барабан и волновой редуктор, установленный соосно с последним и включающий плунжерный волнообразователь с трубчатым распределителем. Создание конструкции, которая объединяет характеристики скоростного двигателя, использующего отслеживающий диск, и моментного двигателя с фрикционной волновой передачей, представляет собой интересную и потенциально эффективную инженерную задачу. Рассмотрим каждую из этих технологий, их совместимость и преимущества, а также возможность интеграции в единое устройство. Скоростные двигатели, как правило, характеризуются высокой скоростью вращения при относительно низком крутящем моменте. Они хорошо

подходят для устройств, где требуется быстрое движение, например, в системах передачи или механизмах управления. Отслеживающий диск — это может быть компонент, который отслеживает перемещение или положение других частей машины, обеспечивая точность и быструю реакцию на команды управления. Так, они могут быть использованы для точного управления положением и скоростью.

Потенциальные преимущества комбинированной конструкции:

1. Универсальность. Объединение скоростного двигателя с фрикционной волновой передачей предоставляет возможность работать при различных режимах - от высоких скоростей до значительных моментов. Это позволяет обеспечивать необходимую производительность, адаптируясь к требованиям конкретного применения.

2. Эффективность и производительность. Скоростной двигатель может обеспечивать быструю реакцию на команды управления, в то время как моментный двигатель может обеспечить необходимую силу для подъема и перемещения тяжелых грузов. Это может значительно повысить общую производительность системы.

3. Снижение нагрузки на детали. Фрикционная волновая передача может эффективно распределять нагрузки, что может уменьшить износ деталей, увеличивая срок службы конструкции.

4. Устойчивость к перегрузкам. Комбинированная система может быть более устойчивой к перегрузкам или ударам, что делает ее более надежной в сложных условиях эксплуатации.

Внедрение современных технологий и оборудования позволяет значительно ускорить процессы диагностики и ремонта, что особенно критично в экстренных ситуациях, когда каждая минута на счету. Модернизированные подъемные устройства не только повышают производительность труда, но и обеспечивают безопасность сотрудников, снижая риск травм и повышая производительность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 1 октября 2020 г. № 737 «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».

2. Гурин В.В., Тихонов В.В. Механика: учебник для вузов. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2018. — 366 с.

3. Пучков П.В., Нестеров Д.А. Конструкция мобильного подъемника для проведения технического обслуживания пожарной техники. Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов Всероссийского круглого стола, Иваново, 15 мая 2020 г. — Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. — ISBN 978-5-6042853-7-4, С. 104-107

4. Пучков П.В., Легкова И.А., Иванов В.Е., Покровский А.А. Разработка устройств для технического обслуживания пожарных рукавов. «Современные проблемы гражданской защиты» Выпуск №4 (41) 2021 С.64-69

5. Ширяев, В. В. Разработка подъемного механизма в башенной сушилке для сушки пожарных рукавов / В. В. Ширяев, Д. Ю. Сударьков, В. Е. Иванов // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. — Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. — С. 331-334.

6. Иванов, В. Е. Снижение металлоемкости конструкции средствами Autodesk Inventor / В. Е. Иванов // Надежность и долговечность машин и механизмов: Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2019 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2019. – С. 427-429.

УДК 629.3.027.5

И.Ф. Салихов, П.В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН В РАЙОНАХ С ЭКСТРЕМАЛЬНО-НИЗКИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ

Аннотация: В статье проводится детальный анализ изменения свойств автомобильных шин в Заполярье, где преобладают отрицательные температуры, которые оказывают значительное влияние на её свойства. Рассматриваются основные факторы, способствующие ухудшению свойств резины, включая герметичность, износостойкость и сцепление с дорогой. Также изучаются методики адаптации резинотехнических изделий к экстремальным условиям эксплуатации. В статье представлены данные исследований, подтверждающие корреляцию между климатическими условиями и физико-механическими свойствами резины, а также предлагаются рекомендации для автомобилистов по эксплуатации автомобильной резины. Результаты исследования могут быть полезны для потребителей, стремящихся обеспечить безопасность и эффективность эксплуатации своего автомобиля в условиях крайнего севера.

Ключевые слова: детальный анализ, автомобильные шины, Заполярье, климат, свойства резинотехнических изделий

I.F. Salikhov, P.V. Puchkov

ANALYSIS OF TIRE RELIABILITY IN AREAS WITH EXTREMELY LOW TEMPERATURES

Abstract: The article provides a detailed analysis of changes in the properties of automobile tires in the Arctic, where negative temperatures prevail, which have a significant impact on its properties. The main factors contributing to the deterioration of rubber properties, including tightness, wear resistance and traction, are considered. Methods of adapting rubber products to extreme operating conditions are also being studied. The article presents research data confirming the correlation between climatic conditions and the physico-mechanical properties of rubber, and also offers recommendations for motorists on the operation of automotive rubber. The results of the study may be useful for consumers seeking to ensure the safety and efficiency of their car in the Far North.

Keywords: detailed analysis, automobile tires, Arctic, climate, properties of rubber products.

В современном мире человек не может себе представить жизнь без автомобилей. В свою очередь машина состоит из разных узлов, одной из немало важных составляющих автомобиля является автомобильная резина, которая обеспечивает плавное движение автомобиля, его подрессоривание, изменение направления движения и передачу всех нагрузок от автомобиля на дорогу. Все мы задумывались о том, что может повлиять на поведение автомобиля в зимний период. Задумывались прежде всего об управляемости. Все это зависит от автомобильных шин. Автомобильная шина — один из наиболее важных элементов колеса, представляющий собой упругую резино-металло-тканевую оболочку, установленную на обод диска. Например, в пожарных автомобилях, автомобилях общего назначения, легковых автомобилях для связи с дорогой используются автомобильные шины с высокой износостойкостью, хорошим сцеплением с любым типом дорожного покрытия (рис.1).

Однако возникают несколько проблем, при эксплуатации автомобильных шин в условиях экстремально-низких температур. Первой проблемой является потеря эластичности, что негативно сказывается на сцеплении с дорогой (рис. 2). Это может привести к увеличению тормозного пути и повышенному риску аварий. Так же в условиях отрицательных температур шины могут подвергаться деформации при длительной стоянке, что со временем влияет на их геометрию и работоспособность. При низких температурах давление воздуха в шинах может понижаться, что приводит к ухудшению управляемости и увеличению расхода топлива. С изменением температуры очень сильно изменяются свойства резины, причем работоспособность деталей из нее по разным причинам уменьшается.



Рис. 1. Автомобильная шина при нормальных условиях эксплуатации



Рис. 2. Пример потери эластичности резины при отрицательных температурах

Как следует из рис. 3, с понижением температуры резины предел прочности растет, а эластичность падает и при -80°C она становится практически равной нулю.

Отметим, что прочность резины, увеличивающаяся с понижением температуры в первом приближении по линейному закону (рис. 3), достигает при -80°C примерно такого же значения, какое при комнатной температуре имеет совершенно лишенный эластичности эбонит.

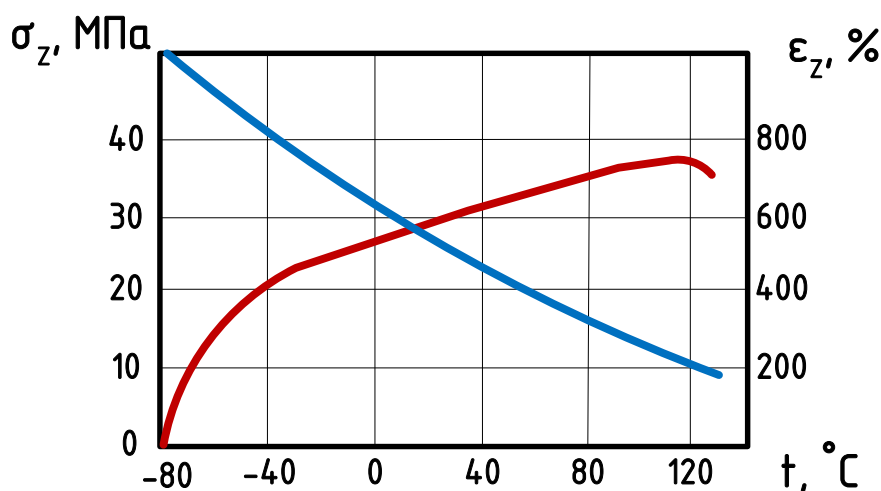


Рис. 3. Зависимость предела прочности на растяжение σ_z и относительного удлинения ϵ_z резины из натурального каучука от температуры

Таким образом, основным неблагоприятным следствием понижения температуры является уменьшение эластичности резины, которая по мере охлаждения приближается по хрупкости к эбониту. Уже при $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ наиболее распространенные сорта резины не способны обратимо деформироваться в необходимых пределах, и только вулканизатор на базе специальных морозостойких каучуков сохраняют требующуюся эластичность при температуре -50°C и ниже. Из чего следует, что резиновые изделия в зимнее время требуют к себе пристального внимания и осторожного обращения.

Большое внимание стоит уделить осторожному обращению при зимней эксплуатации автомобилей с деталями, изготовленными из бензо- и маслостойкой резины. По сравнению с обычной резиной она обладает пониженной морозостойкостью, и поэтому уже при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ изделия из нее становятся хрупкими. Важно прогревать пневматические шины, сильно охладившиеся при длительной стоянке или продолжительной остановке автомобилей на морозе. Такое нагревание происходит само по себе в процессе движения автомобиля за счет превращения в тепло энергии непрерывного деформирования перекачивающихся шин (рис. 4).

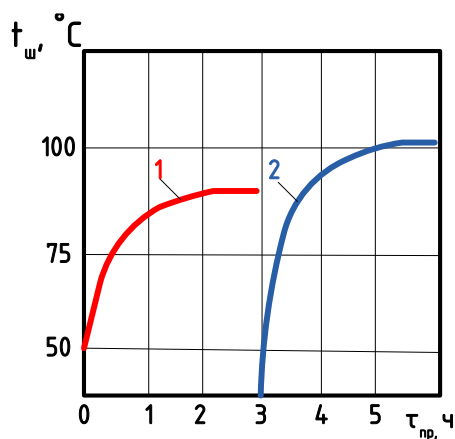


Рис. 4. Зависимость температуры воздуха в шине $t_{ш}$ от времени пробега $\tau_{пр}$:
1 — при нормальном давлении;
2 — при давлении, пониженном по сравнению с нормой на 30 %

Однако первое время после начала движения колеса с места холодные шины имеют недостаточную эластичность и вследствие этого легко могут быть повреждены в результате больших динамических нагрузок (рис. 5).

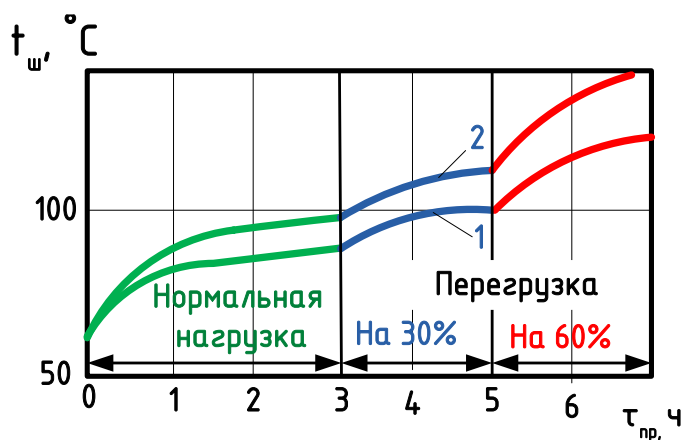


Рис. 5. Зависимость температуры деталей шины $t_{ш}$ от времени пробега $\tau_{пр}$ при различных нагрузках:
1 — в камере;
2 — в плечевой части шины

Поэтому сначала автомобиль должен двигаться с небольшой скоростью по наиболее ровным участкам местности или дороги, избегать крутых поворотов, резкого торможения и т. д. Все резиновые детали и в особенности те, которые деформируются в процессе работы, нужно в некоторых случаях зимой подогреть.

Исходя из этого представим несколько мер по обеспечению безопасности при эксплуатации автомобильных шин:

1. Все резиновые детали необходимо ежедневно проверять на отсутствие повреждений. Крайне низкая температура может вызвать трещины на шинах «одеревенение» деталей и даже их полное рассыпание, а лед на дорогах — привести к возникновению порезов и вызвать аварийную ситуацию.

2. Следует накачивать шины желательно в обогреваемом помещении, учитывая некоторые особенности. Так как из-за изменения давления в зависимости от температурных условий газ имеет способность сжиматься, шины следует слегка перекачать, чтобы на морозе они обрели нормальное давление. Перед поездкой после продолжительной стоянки следует некоторое время «покатать» автомобиль взад-вперед. Длительно контактирующая с грунтом резина от пониженной температуры приобретает плоскую форму, для восстановления которой потребуется некоторое время и плавные перемещения.

3. Регулярно проверяйте давление в шинах с помощью манометра и убедитесь, что оно соответствует рекомендациям производителя вашего автомобиля. Во время сильных холодов подумайте о том, чтобы немного увеличить давление в шинах, для компенсации возможных перепадов, вызванных холодной погодой.

4. Зимние шины вместе с колесными дисками следует регулярно мыть, чтобы удалить грязь и вредные дорожные реагенты. При этом лучше сразу не выезжать на сильный мороз, чтобы вода в микротрещинах, расширяясь, не портила резину и защитный слой на дисках. Помочь могут специальные составы-кондиционеры для покрышек, которые заполняют микротрещины и образуют тонкую защитную пленку.

Результаты проведенного исследования показывают, что использование специальных материалов, разработанных для эксплуатации в холодных климатических условиях, позволяет сохранить эластичность и стабильность шин, что критически

важно для безопасного передвижения. Кроме того, особое внимание следует уделять протектору: его дизайн и глубина могут существенно повлиять на сцепление с дорогой и управляемость автомобиля. Таким образом, для обеспечения безопасности и эффективности автомобилей в условиях экстремального холода крайне важно учитывать характеристики шин и выбирать модели, соответствующие климатическим условиям. Применение современных технологий и материалов в производстве зимних шин поможет значительно улучшить их эксплуатационные характеристики и защитит водителей от возможных рисков на дороге.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изменение свойств резины в зависимости от температуры https://studopedia.ru/15_100517_izmenenie-svoystv-rezini-v-zavisimosti-ot-temperaturi.html
2. Правильная эксплуатация зимних шин <https://www.4tochki.ru/spravochnye-statii/pravilnaya-ekspluatatsiya-zimnih-shin/>
3. Курочкин В.Ю., Семенов А.Д. Базовые шасси пожарных автомобилей и спасательной техники: учебное пособие — Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2019. с. 123-124.
4. Покровский, А. А. Разработка конструкции устройства для проведения технического обслуживания шасси пожарных автомобилей среднего класса / А. А. Покровский, В. П. Зарубин, П. В. Пучков // Современные проблемы гражданской защиты. — 2021. — № 4(41). — С. 103-110.
5. Бык, Н. О. Повышение внедорожных характеристик пожарной техники с колесным двигателем / Н. О. Бык, П. В. Пучков // Надежность и долговечность машин и механизмов : сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России и 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов, Иваново, 16 апреля 2020 года. — Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2020. — С. 8-13.

УДК 621.43

О.А. Смирнова, П.В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РОТОРНОГО И ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация: В данной статье рассматриваются отличительные особенности роторного двигателя внутреннего сгорания по сравнению с поршневым двигателем внутреннего сгорания. В первой части статьи описываются основные принципы работы роторного двигателя, его конструктивные особенности и преимущества. Далее представлен сравнительный анализ эффективности, надежности и эксплуатационных характеристик обоих типов

двигателей. В заключение поднимаются вопросы о будущем роторных двигателей в свете современных тенденций экологичности и энергоэффективности в автомобильной и аэрокосмической технике. Статья будет полезна для инженеров, студентов технических специалистов и всех, интересующихся развитием технологий двигателей внутреннего сгорания.

Ключевые слова: роторный двигатель, характеристика, преимущества и недостатки, технология двигателей внутреннего сгорания.

O.A. Smirnova, P.V. Puchkov

COMPARATIVE ANALYSIS OF ROTARY AND RECIPROCATING INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Annotation: This article discusses the distinctive features of a rotary internal combustion engine compared to a reciprocating internal combustion engine. The first part of the article describes the basic principles of operation of a rotary engine, its design features and advantages. After a comparative analysis of the efficiency, reliability and performance of both types of engines. In conclusion, questions are raised about the future of rotary engines in the light of current trends in environmental friendliness and energy efficiency in automotive and aerospace technology. The article will be useful for engineers, students of technical specialists and anyone interested in the development of internal combustion engine technologies.

Keywords: rotary engine, characteristics, advantages and disadvantages, technology of internal combustion engines.

В современных автомобилях и других транспортных средствах двигатели внутреннего сгорания занимают важное место, обеспечивая необходимую мощность и производительность. Среди различных типов таких двигателей два наиболее известных представителя — это роторные и поршневые двигатели. Каждый из них обладает уникальными конструктивными особенностями, принципами работы и характеристиками, что делает их подходящими для различных сфер применения. Анализ роторного и поршневого двигателей внутреннего сгорания, поможет понять их преимущества и недостатки, а также области применения. Понимание этих различий поможет более глубоко оценить, какие решения могут быть наиболее эффективными в зависимости от потребностей пользователей и технологических требований. Роторный двигатель, который также именуется как двигателем Ванкеля, как и более привычные нам автомобильные моторы, относится к двигателям внутреннего сгорания, хотя и не похож на традиционные поршневые агрегаты.

Рассмотрим устройство данного двигателя. Установленный на валу ротор жёстко соединён с зубчатым колесом, которое входит в зацепление с неподвижной шестернёй статора. Диаметр ротора намного превышает диаметр шестерни статора, несмотря на это ротор с зубчатым колесом обкатывается вокруг шестерни. Каждая из вершин трёхгранного ротора совершает движение по эпитрохоидальной поверхности цилиндра, и отсекают переменные объёмы камер в цилиндре с помощью трёх радиальных уплотнений — апексов.

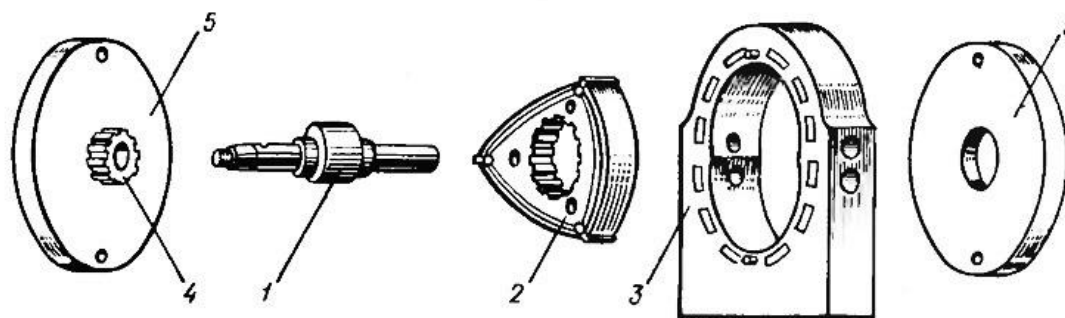


Рис. 1. Основные детали РПД:

1 – эксцентриковый вал; 2 – ротор с шестерней; 3 – корпус;
4 – неподвижная шестерня; 5 – боковая крышка.

Такая конструкция позволяет осуществить любой 4-тактный цикл. Роторный, а точнее — роторно-поршневой двигатель (РПД) работает на бензине, имеет в своей конструкции системы смазки, охлаждения, зажигания со свечами, и питания — с форсунками, а раньше и с карбюратором. Все они похожи на традиционные поршневые двигатели внутреннего сгорания.

Сердцем роторного двигателя является та же деталь, что даёт ему название, — ротор. Он в РПД фактически выполняет роль поршней вместе с шатунами. Сделан ротор из специального чугуна и выглядит как треугольник Рело.

Ротор располагается в аналоге блока цилиндров - статоре, представляющий собой камеру овальной формы. Правильность исполнения данной формы называется эпитрохоида. Принципом данной камеры является то, что все три вершины ротора в любой момент его движения находятся в контакте со стенкой камеры. То есть между сторонами ротора и камерой всегда остаются полости, не сообщающиеся друг с другом. А на вершинах ротора имеются уплотнительные пластинки, которые обеспечивают герметичное прилегание к корпусу.

Ротор в РПД может быть не один, а больше. Вместе со статорами они располагаются друг за другом, и все закреплены на эксцентриковом валу — аналогом является коленвал в поршневых двигателях. При этом роторы не просто вращаются, а двигаются внутри камер по особой траектории. В центре ротора имеется отверстие с внутренней шестернёй, которая совершает оборот вокруг стационарной (неподвижной) шестерни на боковой стенке камеры.

Механизм газораспределения, распределительный вал и клапаны в данном двигателе заменены впускными и выпускными окнами в боковых или торцевых стенках корпуса. В момент движения ротор в нужные моменты открывает и закрывает собой впускные и выпускные окна. На рис. 2 представлен принцип работы двигателя Ванкеля.

Достоинства и недостатки двигателя Ванкеля представлены в таблице.

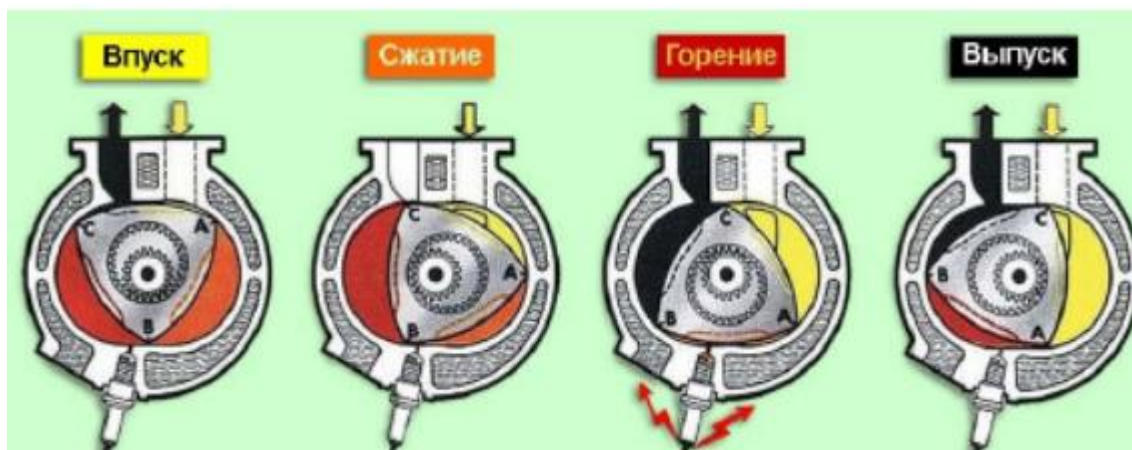


Рис. 2. Стадии работы роторного двигателя

Таблица. Достоинства и недостатки двигателя Ванкеля

Достоинства	Недостатки
Маленькие габариты и масса двигателя. В роторном двигателе намного меньше деталей по сравнению с обычным поршневым — здесь нет массивного блока цилиндров, поршней с шатунами, привода ГРМ.	Устройство роторного двигателя обуславливает высокий расход топлива и недостаточную экологичность по сравнению с поршневыми моторами. Всё потому, что в процессе работы высокооборотного роторного двигателя топливо часто не успевает полностью сгореть.
Хорошая сбалансированность при работе. Во время работы РПД в нём нет возвратно-поступательного движения деталей. Работа роторного двигателя поэтому ещё и тише, чем поршневого двигателя внутреннего сгорания.	Значительный расход масла. Для смазки уплотнений определённое количество моторного масла попадает в рабочую полость и смешивается с топливовоздушной смесью, сгорая вместе с ней. Кроме того, в таких моторах необходимо использовать специализированные масла, которые образуют минимум нагара.
Быстрое достижение максимального крутящего момента. Если у поршневого двигателя мощность на коленвал от одного поршня передаётся только в течение его полуоборота (180 градусов), то у роторного двигателя в силу особенностей его работы это же длится порядка $\frac{3}{4}$ оборота вала (270 градусов)	Склонность к перегреву. Намного сильнее и неравномерно нагреваются по сравнению с поршневыми. Часть двигателя, где протекают такты впуска и сжатия, холоднее, чем в части, где проходят такты сгорания и выпуска.
Высокая мощность при небольшом рабочем объёме.	Мало специализированных сервисов. РПД мало распространены и при этом имеют много нюансов при ремонте.

Основным отличием роторного двигателя от поршневого двигателя внутреннего сгорания является:

1. Количество движущих частей. В поршневом двигателе подвижных деталей более 40: шатуны, распределительный вал, клапаны, коромысла, зубчатый ремень, шестерни, коленчатый вал и поршни. В роторном двигателе только три движущиеся части: роторы и выходной вал.

2. Направление движения деталей. В поршневом двигателе детали меняют направление при вращении, а в роторном они постоянно движутся в одном и том же направлении.

3. Процесс сгорания. Поршневой двигатель внутреннего сгорания за такт сжигает примерно 80 % топливовоздушной смеси в камере сгорания, а роторный двигатель, в свою очередь, сжигает только 70 %.

4. Устойчивость к высоким оборотам. Роторный двигатель более устойчив к высоким оборотам, что позволяет разгонять автомобиль на низших передачах до максимально возможных на них скоростей без перегрузки двигателя.

Оба типа двигателей имеют свои уникальные преимущества и недостатки. Поршневые двигатели доказали свою эффективность и надежность на протяжении многих лет, оставаясь основным выбором для массового автомобилестроения. Однако роторные двигатели, благодаря своей компактной конструкции, меньшему количеству подвижных деталей и высокой мощности на единицу объема, обладают потенциалом для применения в разных сферах, таких как спортивные автомобили, легкие летательные аппараты и даже в качестве дронов. Будущее роторных двигателей зависит от ряда факторов, включая дальнейшие исследования и разработки, направленные на повышение их топливной эффективности и уменьшение вредных выбросов. Технологические инновации, такие как использование новых материалов и систем управления, могут способствовать улучшению производительности роторных двигателей. В условиях растущих требований к экологии и устойчивой мобильности роторные двигатели могут получить второе дыхание, особенно если их адаптировать для работы на альтернативных видах топлива.

Таким образом, хоть поршневые двигатели сегодня занимают лидирующие позиции, роторные двигатели могут занять свое место в будущем машиностроении, если будут правильно оптимизированы и сфокусированы на потребностях современного рынка. Развитие технологий и изменение общественных ожиданий могут привести к тому, что мы увидим новое поколение роторных двигателей, способных конкурировать с традиционными двигателями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двигатель Ванкеля // КГБПОУ «Каменский Агротехнический техникум» URL: https://k-a-t.ru/PM.01_mdk.01.01/3_dvs_8_vankel/ (дата обращения: 22.03.2025).

2. Роторно-поршневой двигатель // Wikipedia® — зарегистрированный товарный знак некоммерческой организации «Фонд Викимедиа» (Wikimedia Foundation, Inc.) URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Роторно-поршневой_двигатель (дата обращения: 22.03.2025).

3. Роторы vs поршни: гонка вооружения // © 2000-2025 Тюменская интернет-газета «Вслух.ру» URL: https://vsluh.ru/novosti/transport/rotory-vs-porshni-gonka_vooruzheniya_162171/?ysclid=m8kcaltjr0298026112 (дата обращения: 02.02.2025).

4. Роторно-поршневой двигатель. Устройство, сравнение автомобилей с роторным и классическим поршневым двигателем // © DRIVE2.RU, 2025 URL: <https://www.drive2.ru/b/640108457852165288/?ysclid=m8k9vtqroo806770882> (дата обращения: 22.03.2025).

5. Устройство и эксплуатация транспортных средств: учебное пособие / Р. И. Харламов, И. В. Сараев, А. Н. Бочкарев, М. С. Кнутов. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. URL: <https://bibliomchs37.ru/book/5133> (дата обращения: 22.03.2025).

УДК 621, 614.84

Н.А. Сырейщиков, В.Е. Иванов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЯХ

Аннотация: статья посвящена проблеме восстановления резьбовых соединений в конструкциях пожарных автомобилей. В работе систематизированы основные виды дефектов резьбы: потеря подвижности, заедание, износ витков, срыв резьбы, трещины и обломы крепежных элементов. Рассмотрены современные методы восстановления, включая механические способы (нарезка метчиком, использование экстракторов, наплавка), применение резьбовых втулок, а также инструменты диагностики (ультразвуковой контроль, визуальный осмотр). Правильный выбор методов восстановления резьбы напрямую влияет на надежность и работоспособность пожарных автомобилей.

Ключевые слова: резьба, резьбовое соединение, пожарный автомобиль, коррозия, прочность.

N.A. Syreyshchikov, V.E. Ivanov

RESTORATION OF THREADED CONNECTIONS USED IN FIRE TRUCKS

Abstract: the article is devoted to the problem of restoration of threaded connections in fire trucks. The work systematizes the main types of thread defects: loss of mobility, seizure, wear of threads, thread stripping, cracks and breaks of fasteners. Modern methods of restoration are considered, including mechanical methods (tapping, use of extractors, surfacing), the use of threaded bushings, as well as diagnostic tools (ultrasonic testing, visual inspection). The correct choice of thread restoration methods directly affects the reliability and performance of fire trucks.

Keywords: thread, threaded connection, fire truck, corrosion, strength.

Состояние технических средств, обеспечивающих пожарную безопасность, требует особого внимания. Пожарные автомобили часто работают в экстремальных условиях: высокие температуры, большие нагрузки, агрессивные среды могут привести к повреждению резьбовых соединений [1, 2]. Кроме того, износ деталей и их старение также играют немаловажную роль. Восстановление резьбовых соединений становится критически важным для поддержания боевой готовности пожарной тех-

ники, что, в свою очередь, спасает жизни людей и предотвращает разрушения [3]. Согласно статистике, более 30 % поломок пожарных автомобилей происходит из-за неисправностей в узлах, связанных с резьбовыми соединениями. Это подчеркивает актуальность вопроса их восстановления и технического обслуживания.

Современные технологии восстановления резьбовых соединений позволяют быстро и эффективно проводить такие работы. Однако, несмотря на наличие различных методов, многие организации сталкиваются с необходимостью разработки специфических решений, учитывающих особенности конструкций и эксплуатации пожарных автомобилей.

Основными неисправностями резьбовых соединений являются: коррозия, износ резьбы, деформация элементов, усталостное разрушение и др. Возможно так же ослабление соединения в результате воздействия вибрации, динамических нагрузок и температурных воздействий. Коррозия является самой распространённой неисправностью резьбовых соединений, которая приводит к разрушению резьбы, заеданию и затруднению сборки и разборки [4, 5]. Заедание резьбы может быть связано с несоответствием шероховатости, по резьбе рекомендуемым значениям, попаданием абразивных частиц между витками резьбы при закрутке. Изнашивание витков резьбы связано демонтажем и ремонтом узлов и агрегатов пожарных автомобилей. Для рассмотренных неисправностей характерны обломы болтов (шпилек) в отверстиях, что затрудняет восстановление резьбовых соединений.

Эти и многие другие примеры неисправностей резьбовых соединений, требуют необходимости внедрения новых более продвинутых технологий и методов в их восстановлении. Несмотря на то, что каждый из способов восстановления резьбы имеет свои преимущества и недостатки, можно выделить наиболее оптимальные, экономичные и эффективные методы.

Механическое восстановление: одним из наиболее распространенных методов является механическое восстановление резьбы. При этом используется метчик для нарезки новой резьбы или восстановления уже существующей. Например, если резьба на креплении одного из узлов пожарного автомобиля повреждена, то мастер может нарезать новую резьбу, используя метчик соответствующего размера. Этот метод также может включать использование специальных расточных инструментов для удаления изношенной части резьбы.

Первым шагом необходимо выкрутить «прикипевшие» болты, для этого применяют нагрев с использованием горелок и прочих нагревательных элементов. Так же применяют различные химические смеси для очищения резьбы от коррозионных отложений, пыли, грязи, обеспечивающие дополнительное скольжение резьбовых соединений [6]. Например, использование серной кислоты. Для этого вокруг головки прикипевшего болта делают бортик из воска, пластилина или другого инертного материала. В получившийся «бассейн» кладут небольшой кусочек цинка и заливают его серной кислотой. Начинается реакция гальванизации, в результате которой ржавчина на болте разрушается. Одним из эффективных способов выкручивания резьбы считается применение экстракторов. Сначала при помощи керн в болте делается углубление, сверлится отверстие, после чего инструмент вставляется в его центр. Экстрактор ввинчивается до упора, после чего выкручивается вместе с болтом.

Высверливание. Этот способ используют только в крайних случаях, так как велик риск повредить резьбу. Сначала по центру обломка тонким сверлом делается отверстие. После этого его начинают медленно расширять до тех пор, пока от болта не останется только тонкая стенка с резьбой. Оставшийся металл аккуратно ломается и извлекается из отверстия.

Восстановление резьбы с помощью метчика. Инструмент применяют при нарезании канавок, образующих необходимую геометрию. При работе с метчиком нужно смазать его маслом, располагать инструмент следует четко по вертикали, а после формирования заданной поверхности проверить результат контрольным болтом.

Использование свертыша. Это цилиндрическое приспособление с резьбой нужного диаметра и шага внутри и крупной — снаружи. Чтобы восстановить резьбу, нужно высверлить отверстие и подобрать соответствующий метчик. В отверстие ставят свертыш, верхнюю часть которого при необходимости допустимо срезать. Затем на границе делают засечки при помощи керна, чтобы свертыш не смог выкрутиться из отверстия.

Нарезание резцом. Выполняется на токарных станках и станках с ЧПУ. Заготовка устанавливается в шпиндель, вращается вокруг своей оси, резьбовой резец устанавливается в суппорт станка.

Фрезерование. Специальные резьбофрезеральные станки позволяют нарезать фрезой внутренние и наружные резьбы.

Использование эпоксидного клея. Этот способ не подходит для восстановления и усиления соединений, подвергающихся высоким нагрузкам и вибрациям [7]. Также эпоксидный клей нецелесообразно использовать, если предполагается его работа в условиях повышенных температур.

Холодная сварка. Можно применять только при работе с неответственными деталями, не подвергающимися высоким нагрузкам и вибрациям. Соединения получаются более надёжными, чем при использовании для восстановления резьб эпоксидного клея.

Замена узлов и деталей. В случаях, когда повреждение резьбового соединения является значительным и не поддается восстановлению, может потребоваться полная замена детали. Например, если резьбовое соединение на креплении гидравлического насоса прошло критические изменения, целесообразнее заменить весь узел. Это может потребовать значительных затрат, но безопасность и надежность надежность соединения имеет первостепенное значение.

Не менее важным этапом является регулярная проверка состояния резьбовых соединений, что позволяет заранее выявить потенциальные проблемы. Такой подход позволяет сократить время простоя авто и предотвратить серьезные поломки в будущем. Проводимые проверки должны включать детальный осмотр всех резьбовых соединений на наличие течей, коррозии или других повреждений. Применение ультразвуковой диагностики или механических измерительных инструментов может помочь в выявлении скрытых повреждений.

Как мы видим, каждый из этих методов, несомненно требует кропотливого подхода к реализации, что позволяет сохранить ПА, его узлы и агрегаты в исправном состоянии, в зависимости от характера повреждений и результатов диагностики, специалисты должны выбрать оптимальный способ ремонта для сохранения его работоспособности

Восстановление резьбовых соединений у пожарных автомобилей — это ключевой процесс, от которого зависит их работоспособность подразделения и способность эффективно выполнять поставленные задачи. С учетом актуальности данной темы следует внедрять новые технологии и методы восстановления резьбовых соединений, проводить регулярные проверки и диагностики. Таким образом, поддерживая пожарные автомобили в исправном состоянии, мы обеспечиваем более высокий уровень безопасности как для пожарных, так и для граждан, что делает нашу жизнь более защищенной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение эффективности эксплуатации пожарной техники за счет создания необходимых условий для ее ремонта и технического обслуживания / И. А. Легкова, В. П. Зарубин, В. Е. Иванов, А. А. Покровский // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 2(51). – С. 47-55.

2. Калиахметов, М. К. Совершенствование процесса технического обслуживания пожарной техники / М. К. Калиахметов, В. В. Ширяев, В. Е. Иванов // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 23 ноября 2023 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2023. – С. 448-452.

3. Пучков, П. В. Повышение надежности машин и механизмов за счет применения трибологически безопасных резьбовых соединений / П. В. Пучков, А. В. Топоров, В. Е. Иванов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2024. – № 5. – С. 198-202. – DOI 10.36652/0202-3350-2024-25-5-198-202.

4. Каргаев, З. С. Исследование влияния некоторых жидких сред на коррозионное разрушение резьбовых соединений / З. С. Каргаев, П. В. Пучков // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2022. – С. 497-501.

5. Разработка способов защиты резьбовых соединений пожарной техники от коррозии / А. В. Топоров, П. В. Пучков, В. Е. Иванов, С. С. Кузин // Пожарная и аварийная безопасность. – 2019. – № 1(12). – С. 59-65.

6. Пучков, П. В. Исследование эффективности применения различных смазочных материалов для повышения работоспособности и надежности резьбовых соединений / П. В. Пучков // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2022. – С. 534-538.

7. Сотов, В. Е. Анализ клеевых составов, применяемых для ремонта пожарной техники / В. Е. Сотов, В. Е. Иванов // Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-

летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 608-612.

УДК 620.178.74

И.Ф. Тангатаров, П.В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

УДАРНАЯ ВЯЗКОСТЬ НЕКОТОРЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

Аннотация: в данной статье исследуется ударная вязкость сплавов на основе алюминия: силумина АК7 и дюралюминия Д16Т, применяемых для изготовления пожарно-технического оборудования. Проведены испытания на ударный изгиб по методу Шарпи. Проведен анализ ударной вязкости сплавов на основе алюминия.

Ключевые слова: ударная вязкость, концентратор напряжений, силумин, дюралюминий, маятниковый копер, поверхность излома

I.F. Tangatarov, P.V. Puchkov

IMPACT STRENGTH OF SOME ALUMINUM ALLOYS USED IN FIRE FIGHTING EQUIPMENT

Abstract: this article examines the impact strength of aluminum-based alloys: silumin AK7 and duralumin D16T, used for the manufacture of fire-fighting equipment. Impact bending tests were performed using the Sharpie method. The impact strength of aluminum-based alloys is analyzed.

Keywords: impact strength, stress concentrator, silumin, duralumin, pendulum coper, fracture surface

Одним из важных механических свойств конструкционных материалов является ударная вязкость, которая характеризует способность материалов поглощать механическую энергию без нарушения целостности строения. Испытание материалов на ударный изгиб (метод Шарпи) относится к динамическим испытаниям для определения условий возникновения хрупкого состояния. Ударная вязкость также характеризует пластичность материала. Металлы и сплавы обладают различной способностью поглощать ударные нагрузки. Рассмотрим способность некоторых алюминиевых сплавов сопротивляться динамическим нагрузкам. Для испытания были выбраны два алюминиевых сплава: литейный сплав - силумин марки АК7 (Состав: Al — 87,6–93,6 %, Si — 6–8 %, Fe — до 1,3 %, Cu — до 1,5 %, Mn — 0,2–0,6 %) и деформируемый сплав - дюралюминий Д16Т (Al — 90,9–94,7 %, Cu — 3,8–4,9 %, Mg — 1,2–1,8 %, Mn — 0,3–0,9 %, Fe — до 0,5 %). Данные сплавы выбраны не случайно, так как из этих сплавов изготавливают пожарно-техническое оборудование: из силумина АК7 изготавливают головки пожарные соединительные ГМ-65, ГР-50 и т.д. (рис. 2а), а из сплава Д16Т лестницы пожарные штурмовые металлические

ЛШМ (рис. 2б). Механические свойства данных алюминиевых сплавов различны, особенно ударная вязкость. Для проведения испытаний ударной вязкости подготовлены образцы согласно ГОСТ 9454 квадратного сечения 10х10 мм и длиной 55 мм. На образцах по середине выполнен концентратор напряжений U-образной формы (рис. 1а).

Испытания образцов проводились на маятниковом копре КМ-1, с молотом весом 10 Н и запасом энергии при угле $\alpha = 116^\circ$ равным 100 кгсм.

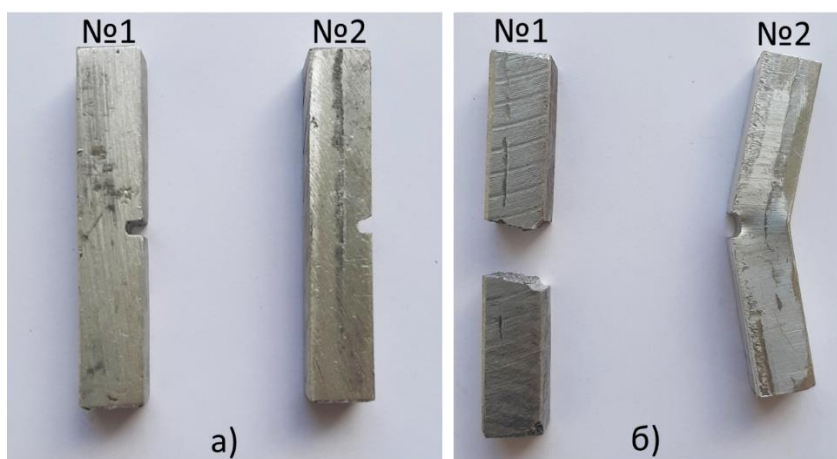


Рис. 1. Стандартные образцы для испытания материалов на ударный изгиб (№1 - силумин марки АК7; №2 - деформируемый сплав Д16Т):
а – до испытания; б – после испытания



Рис. 2. Пожарно-техническое оборудование:
а - головка пожарная соединительная ГМ-65;
б - лестница пожарная штурмовая металлическая ЛШМ

В результате испытания на ударный изгиб образец из силумина был разрушен свободно падающим молотом без значительных затрат энергии: на образование трещины, ее распространение по сечению образца и формирование поверхности разлома. Об этом свидетельствует угол подъема маятника $\beta = 113^\circ$ после разрушения образца. Для разрушения образца из дюралюминия потенциальной энергии, запа-

сенной копром, взведенным на угол $\alpha=116^\circ$ оказалось недостаточно. Как видно из рис. 1б образец из дюралюминия деформировался, но не разрушился после первого удара молотом, что говорит о его высокой ударной вязкости.

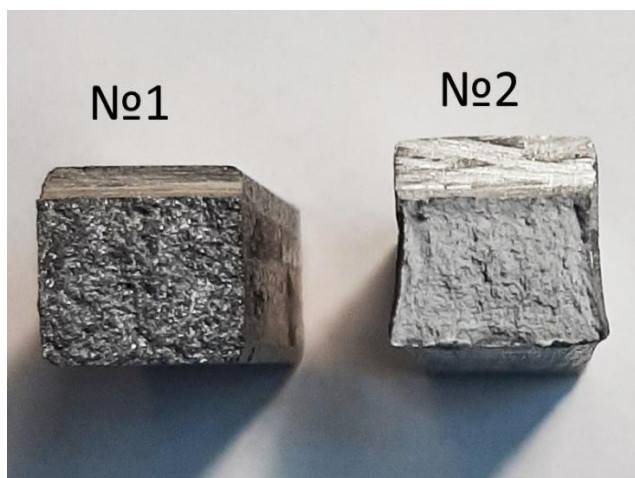


Рис. 3. Поверхность излома образцов:
(№1 - силумин марки АК7;
№2 - деформируемый сплав Д16Т)

Если рассмотреть поверхность излома образцов из алюминиевых сплавов, то можно наблюдать следующее (рис. 3): у образца № 1 (силумин) наблюдается блестящая (кристаллический излом) поверхность излома, строение излома ручьеистое с отсутствием зон пластической деформации, что свидетельствует о том, что данный сплав достаточно хрупкий. У образца № 2 (дюралюминий) поверхность излома негладкая, матовая, рассеивает свет, строение поверхности волокнистое, кроме того, с левой и с правой стороны образца наблюдаются зоны предварительной пластической деформации, что свидетельствует о высокой вязкости данного материала.

Сравнивая значения ударной вязкости алюминия и сплавов на его основе (при $T = 20^\circ\text{C}$): КСУ (чистый Al) = 140 Дж/см^2 , КСУ (Д16Т профиль) = $41,2 \text{ Дж/см}^2$, КСУ (АК7) = $0,6 \text{ Дж/см}^2$ можно сделать вывод, что сплавы на основе алюминия обладают меньшей вязкостью и пластичностью, чем чистый алюминий. Данный факт связан с наличием в сплавах алюминия специальных примесей других химических элементов как металлических, так и не металлических. Например: кремний в составе сплава силумин значительно повышает его хрупкость. Однако кремний наделяет данный сплав очень ценным литейным свойством – высокой жидкотекучестью, что очень важно при создании литейных сплавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бернштейн М.Л., Займовский В.А. Механические свойства металлов: Учебник для вузов. — М.: Металлургия. 1979. — 495 с.
2. Гуляев А.П. Металловедение. — М.: Металлургия, 1986. — 542 с.: ил.
3. Лахтин Ю.М. Материаловедение. — М.: Машиностроение, 1993. — 448 с.
4. Конструкционные материалы / Б.Н. Арзамасов, В.А. Брострем, Н.А. Буше и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова. — М.: Машиностроение, 1990. — 687 с.
5. Жуков, В. Е. К вопросу о зарождении трещин в низкоуглеродистой стали при ударных нагрузках / В. Е. Жуков, П. В. Пучков // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2023. – С. 65-68. – EDN ZWASCO.

6. Пучков, П. В. К вопросу повышения долговечности соединительных рукавных головок, изготовленных из материалов с низкой ударной вязкостью / П. В. Пучков // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : Сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Иваново, 14 октября 2021 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2021. – С. 121-125. – EDN LCRUFC.

7. Пучков, П. В. Разработка технических решений по защите пожарнотехнического вооружения, изготовленного из материалов с низкой ударной вязкостью / П. В. Пучков // Устойчивость материалов к внешним воздействиям : Сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции, Химки, 23 сентября 2020 года. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2020. – С. 86-90. – EDN IESDRA.

8. Иванов, В. Е. Современное программное обеспечение для проведения прочностных исследований разрабатываемых конструкций / В. Е. Иванов, А. Ю. Головатенко // Надежность и долговечность машин и механизмов : СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Иваново, 15 апреля 2021 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2021. – С. 224-227. – EDN OHARHK.

УДК 621.91.01

А.В. Токарев

Филиал ПАО «Ил»-ВАСО

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ПРИ ПРОКАТКЕ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Аннотация: в статье рассматривается технология изготовления заготовок режущих инструментов (прокатка сверл, зенкеров, штамповка фрез и т. д.) из быстрорежущих сталей методом горячей пластической деформации. Констатируется, что при изготовлении заготовок инструмента из быстрорежущей стали P18 методами пластической деформации появляется брак в виде трещин. В качестве критерия рекомендован метод испытания образцов на кручение в нагретом состоянии (горячее кручение). Учитывая, что результативный признак (брак или годный) имеет качественный характер, для определения тесноты связи была применена корреляция качественных признаков. В работе на основе анализа полученных данных, показано что математическая статистика позволяет установить лабораторный показа-

тель пластичности конкретной марки инструментальной стали для данной технологической операции пластической прокатки.

Ключевые слова: метод горячей пластической деформации, испытание образцов на кручение, математическая статистика, корреляция качественных признаков, коэффициент ассоциации.

A.V. Tokarev

DETERMINATION OF THE CRITERION OF TECHNOLOGICAL PLASTICITY WHEN ROLLING CUTTING TOOLS MADE OF HIGH-SPEED STEEL

Abstract: the article discusses the technology of manufacturing blanks of cutting tools (rolling drills, countersinks, punching cutters, chisels, etc.) from high-speed steels by hot plastic deformation. It is stated that in the manufacture of tool blanks from high-speed steel P18 by plastic deformation methods, defects appear in the form of cracks. The method of testing samples for torsion in a heated state (hot torsion) is recommended as a criterion. Considering that the effective feature (marriage or berry) has a qualitative character, correlation of qualitative features was used to determine the closeness of the relationship. Based on the analysis of the data obtained, it is shown that mathematical statistics make it possible to establish a laboratory indicator of the ductility of a particular brand of tool steel for a given technological operation of plastic rolling.

Keywords: hot plastic deformation method, torsion testing of samples, mathematical statistics, correlation of qualitative characteristics, association coefficient.

Применение методов пластической деформации при изготовлении заготовок режущих инструментов (прокатка сверл, зенкеров, штамповка фрез и т. д.) выдвинуло новые требования к инструментальным сталям, в частности к их пластичности в горячем состоянии.

Практика на нашем предприятии показала, что при изготовлении заготовок инструмента из быстрорежущей стали P18 методами пластической деформации появляется брак в виде трещин. Возникла необходимость в создании метода оперативного контроля быстрорежущей стали по пластичности для определения пригодности ее для винтового проката сверл. Для этого надо было найти такой показатель свойств стали, который можно было бы легко определять и который был бы тесно связан со свойствами стали при винтовой прокатке.

Был выбран и рекомендован инструментальному подразделению завода метод испытания образцов на кручение в нагретом состоянии (горячее кручение).

За показатель пластичности при кручении принимаем величину относительного сдвига

$$\gamma = \frac{\pi D n}{l_0},$$

где D – диаметр рабочей части образца;

l_0 – длина рабочей части образца;

n – число оборотов одного торца заготовки относительно противоположного при его деформации до разрушения.

При постоянных размерах образца угол сдвига пропорционален числу оборотов n , который можно поэтому принять за показатель пластичности при сравнительной оценке сталей различных марок и плавок.

Поступающую на предприятие быстрорежущую сталь поплавно подвергали испытанию на установке на кручение при различных температурах (700, 800, 900, 1000, 1100, 1150, 1200 °C). Фиксировали химический состав плавки, величину зерна, карбидную неоднородность, центральную рыхлость, диаметр проката, а также результаты проката сверл из данной плавки стали (наличие или отсутствие брака по трещинам при прокатке).

Задача заключалась в определении тесноты связи между каждой характеристикой плавки (факториальный признак) [1, с. 20] и результатами проката – наличие или отсутствие брака (результативный признак) [2, с. 32]. Характеристика плавки, имеющая наиболее тесную связь с результатами проката, и может быть выбрана как критерий для оценки пригодности плавки для проката [3, с. 40].

Учитывая, что результативный признак (брак или годный) имеет качественный характер, для определения тесноты связи была применена корреляция качественных признаков.

Зависимость результативного признака от каждого из факториальных признаков (теснота связи между ними) характеризуется коэффициентом ассоциации A , который вычисляют следующим образом (1). Определяем среднее значение данного факториального признака [4, с. 31]. Затем частные значения этого признака разбиваем на две группы, в первую включаем значения признака меньшие и равные среднему, а во вторую – больше среднего. Для каждой группы подсчитываем количество плавки с различными результативными признаками (наличие или отсутствие брака при прокатке сверл). По полученным данным (табл. №1) рассчитываем коэффициент ассоциации:

$$A = \frac{ad - bc}{\sqrt{(a+c)(b+d)(a+b)(c+d)}}, \quad (1)$$

где a и c – количество плавки сталей, дающих при прокатке брак при числе оборотов образца до разрушения соответственно $n \leq \bar{n}$ и $n > \bar{n}$;

b и d – количество плавки сталей, дающих прокат без брака соответственно при $n \leq \bar{n}$ и $n > \bar{n}$;

**Таблица 1. Количество случаев брака при прокате сверл
в зависимости от пластичности материала**

Число оборотов образца до разрушения	Количество плавки, прокатанных		Общее количество плавки
	с браком	без брака	
$n \leq 7,57$	19	7	26
$n > 7,57$	1	18	19
	$\sum = 20$	$\sum = 25$	$\sum = 45$

Как пример рассмотрим значения A для показателя пластичности при 1100 °C.

1. Находим среднее значение n числа оборотов образца до разрушения:

$$\bar{n} = \frac{\sum n}{N} = \frac{340,7}{45} = 7,57.$$

2. Подсчитываем количество партий, прокатанных без брака и с браком, для $n \leq 7,57$ и $n > 7,57$.

3. Составляем комбинационную табл. 1.

4. Рассчитываем коэффициент ассоциации

$$A = \frac{19 \cdot 18 - 7 \cdot 1}{\sqrt{(19+1)(7+18)(9+17)(1+18)}} = 0,67.$$

Так же были получены показатели тесноты связи результатов проката заготовок с другими характеристиками плавок (табл. 2).

Таблица 2. Зависимость брака при прокатке сверл из стали Р18 от исследуемых факторов

Исследуемый фактор	Количество опытов	Коэффициент ассоциации A	Среднее значение числа оборотов до разрушения n
Пластичность при температуре в $^{\circ}\text{C}$:			
1200	31	0,35	6,81
1150	20	0,9	6,69
1100	45	0,67	7,57
1000	45	0,46	7,08
900	37	-0,19	6,08
800	35	0,31	6,68
700	11	-0,44	2,9
Карбидная неоднородность	25	-0,05	-
Диаметр заготовки	45	-0,36	-
Центральная рыхлость	18	-0,11	-
Зависимость пластичности от марки стали (Р18 и Р18М)	40	0,09	-

Наиболее тесно с результатами проката связан показатель пластичности при температуре 1150 и 1100 $^{\circ}\text{C}$. Следовательно, один из этих показателей может быть применен для оценки партии металла по ее пригодности для проката сверл.

Таким образом, для оценки пригодности быстрорежущей стали Р18 данной плавки для винтового проката достаточно испытать образец на горячее кручение при температуре 1150 и 1100 $^{\circ}\text{C}$. Если число оборотов до разрушения образца будет более 7,6 (или 6,7), то сталь пригодна для винтового проката.

Выводы.

1. Математическая статистика позволяет установить лабораторный показатель пластичности конкретной марки инструментальной стали для данной технологической операции пластической прокатки [5, с. 523].

2. Установленный для быстрорежущей стали Р18 показатель пластичности в виде числа оборотов образца до разрушения при температуре 1100 или 1150 °С определяет с высокой вероятностью пригодность плавки для пластического секторного проката заготовок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Браунли К.А. Статистические исследования в производстве. // Машиностроитель. – 1981 - №11 - С. 19-23.

2. Кацев П.Г. Применение математической статистики к исследованию режущего инструмента /П.Г. Кацев, В.И. Сиськов / -Станки и инструмент – 1976 №1 -С. 31-33.

3. Айвазян С.А. Применение методов корреляционного и регрессионного анализа к обработке результатов эксперимента. // Машиностроитель. – 1977 - №9 - С. 39-41.

4. Айвазян С.А., Кацев П.Г. Метод определения существенности различия между двумя средними показателями. // Машиностроитель. – 1979 - №2 - С. 22 - 23.

5. Гласс Дж. Теория вероятности и математическая статистика. -М. Прогресс – 1976 - 496 с.

УДК 004.42

Л.Ю. Фомичев¹, О.И. Жарков²

¹ Государственное бюджетное учреждение города Москвы «Центр экспертиз, исследований и испытаний в строительстве»

² Общество с ограниченной ответственностью «ЕМЕ»

**ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ**

Аннотация: В статье представлена программа для расчета надежности систем автоматической пожарной сигнализации. Рассмотрены предпосылки для расчета надежности, важность данной характеристики для средств пожарной автоматики и систем противопожарной защиты. Представлены функциональные возможности программы, процесс работы программы и результаты выполненного анализа.

Ключевые слова: вероятность безотказной работы; пожарная безопасность; автоматическая пожарная сигнализация; надежность технических устройств; нефтегазовая отрасль.

L.Y. Fomichev, O.I. Zharkov

**SOFTWARE FOR CALCULATING THE RELIABILITY
OF AUTOMATIC FIRE ALARM SYSTEMS**

Abstracts: The article presents a software tool designed for calculating the reliability of automatic fire alarm systems. It discusses the prerequisites for reliability calculations, the importance of this characteristic for fire automation equipment, and fire protection systems. The functional capabilities of the software, its workflow, and the results of the conducted analysis are presented.

Keywords: probability of failure-free operation; fire safety; automatic fire alarm; reliability of technical devices; oil and gas industry.

Срок службы и надежность технических устройств являются ключевыми характеристиками, определяющими их эффективность и безопасность в процессе эксплуатации. Надежность, как комплексное свойство устройства, отражает его способность выполнять требуемые функции в заданных условиях в течение определенного времени. Этот параметр становится особенно критичным в областях, где отказ оборудования может привести к катастрофическим последствиям, таким как человеческие жертвы, материальный ущерб или экологические катастрофы.

Для средств пожарной автоматики и систем противопожарной защиты надежность имеет ключевое значение. Данные системы предназначены для предотвращения, локализации и ликвидации пожаров, а также для защиты жизни людей и материальных ценностей. Отказ таких систем в критический момент может привести к трагическим последствиям, поэтому их проектирование, производство и эксплуатация должны соответствовать строгим требованиям по надежности. Устойчивость к внешним воздействиям, долговечность компонентов, способность функционировать в экстремальных условиях — все эти факторы напрямую влияют на эффективность противопожарных систем.

Для средств пожарной автоматики, как и для любых технических систем, показатели надежности снижаются по мере роста интенсивности отказов во времени, которая напрямую связана с этапами жизненного цикла технических систем и сроком службы в целом [1]. На рис. 1 представлен график интенсивности отказов во времени электронных устройств здесь I — период приработки, выявление дефектов монтажа; II — период эксплуатации; III — период роста интенсивности отказов в результате старения элементов).

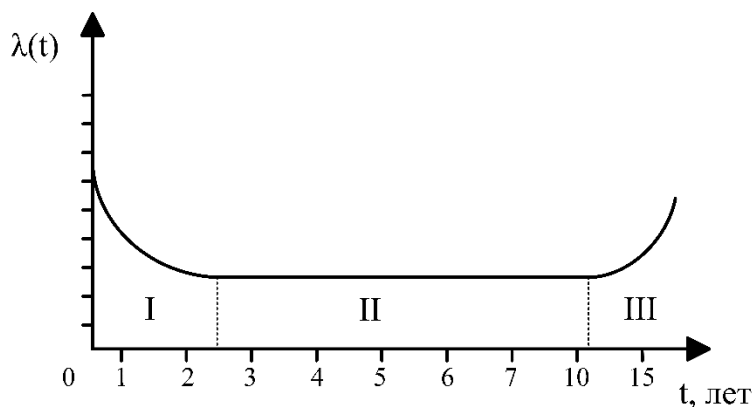


Рис. 1. График интенсивности отказов во времени электронных устройств

Согласно нормативным требованиям, при достижении предельного или неопределенного срока службы средств пожарной безопасности, указанного в технической документации, дальнейшая эксплуатация таких средств возможна только после проведения испытаний на их работоспособность. Испытания проводятся ежегодно, начиная с момента достижения предельного срока службы и до замены оборудования. Решение о продолжении эксплуатации систем сверх установленного срока службы принимается контролируемым лицом на основании результатов проведенных испытаний.

Для небольших зданий и сооружений, а также для зданий и объектов, где отсутствуют помещения высокой категории пожарной опасности, данный вопрос не является критическим, так как замена элементов системы или системы целиком по истечению срока службы не потребует значительных финансовых затрат. Однако для производств с непрерывным циклом, где в технологических процессах присутствуют легковоспламеняющиеся жидкости, газы, взрывоопасные вещества и среды, вопрос надежности систем противопожарной защиты и средств пожарной безопасности является ключевым. В связи с этим возникает необходимость объективной оценки надежности средств пожарной безопасности [2].

Разработанная программа предусматривает расчет надежности любой системы на основании наработки на отказ каждого элемента и планируемого срока эксплуатации.

Формула для расчета интенсивности отказа в программной среде Jupyter Notebook представлена на рис. 2 [3].

$$Q(t_0) = 1 - \exp(-\lambda t_0)$$

```
In [2]: def q(lamb, T):
        return 1 - np.exp(-lamb * T)

In [3]: def p(lamb, T):
        return np.exp(-lamb * T)

In [4]: def convert_years_to_hours(years):
        return 365 * 24 * years
```

Рис. 2. Формула расчета интенсивности отказа

Рассмотрим функциональные возможности программы для сравнения надежности трех систем с целью принятия решения о резервировании существующей системы или замены.

В качестве примера исследуем надежность системы пожарной сигнализации с резервированием ее линейными пожарными извещателями (термокабелем Protectowire) на примере резервуара для хранения нефтепродуктов с двумя установленными извещателями ИП101-07ем и линейным пожарным извещателем. Согласно схеме, представленной на рис. 3, сигнал «Пожар» поступает на ПКП при срабатывании по схеме «ИЛИ»: либо двух извещателей ИП101-07ем, либо при срабатывании термокабеля.

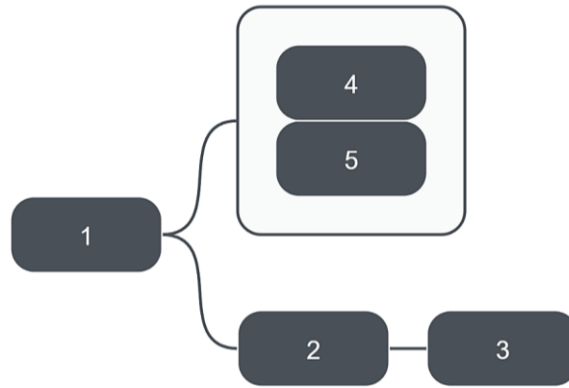


Рис. 3. Логическая схема системы автоматической пожарной сигнализации:
 1 – приемно-контрольный прибор «Дозор-4»; 2 – модуль интерфейсный РИМ-530;
 3 – линейный тепловой извещатель Protectowire (термокабель);
 4, 5 – извещатель пожарный взрывозащищенный тепловой программируемый ИП101-07ем

Значения наработки на отказ и интенсивности отказов элементов системы пожарной сигнализации представлены в табл. 1.

Таблица 1. Значения наработки на отказ и интенсивности отказов элементов системы пожарной сигнализации

Наименование элемента системы	Наработка на отказ, ч	Интенсивность отказов λ , 1/ч
Модуль интерфейсный РИМ-530	590 000	$1,7 \cdot 10^{-6}$
Прибор приемно-контрольный «Дозор-4»	590 000	$1,7 \cdot 10^{-6}$
Извещатель пожарный взрывозащищенный тепловой программируемый ИП101-07ем	60 000	$1,6 \cdot 10^{-5}$
Линейный тепловой извещатель Protectowire (термокабель)	219 000	$4,6 \cdot 10^{-6}$

Необходимые значения для каждого элемента системы в зависимости от параллельного или последовательного соединения вводятся в программную среду и производится расчет (рис. 4).

```

In [5]: # наработка на отказ, часы
T1 = 60_000 # ИП101
T2 = 219_000 # Термокабель

In [6]: # интенсивность отказов
lamb_1 = 1/T1
lamb_2 = 1/T2
print(f"lambda_1 = {lamb_1}\n lambda_2 = {lamb_2}")

lambda_1 = 1.6666666666666667e-05
lambda_2 = 4.566210045662101e-06

In [7]: years = [year for year in range(1, 11)]
# совместная вероятность ИП101
q_1 = [q(lamb_1, convert_years_to_hours(year)) for year in years]
# совместная вероятность Термокабель
q_2 = [q(lamb_2, convert_years_to_hours(year)) for year in years]
# совместная вероятность 2х датчиков ИП101
q_11 = [qq ** 2 for qq in q_1]
# совместная вероятность 3х датчиков
q_112 = [qq11 * qq2 for qq11, qq2 in zip(q_11, q_2)]

In [8]: pd.DataFrame([q_1, q_2, q_11, q_112], index=["ИП101", "Термокабель", "Система двух ИП101", "Система двух ИП101 и Термокабеля"], columns=years).T
    
```

Рис. 4. Формула расчета интенсивности отказа

Производится расчет вероятности безотказной работы, вероятности отказа. Результаты расчета приведены в табл. 2.

Таблица 2. Значения вероятности безотказной работы системы

Вероятность безотказной работы системы	Срок эксплуатации, t									
	1 год	2 года	3 года	4 года	5 лет	6 лет	7 лет	8 лет	9 лет	10 лет
$P_1(t)$	0,932	0,869	0,811	0,756	0,705	0,657	0,613	0,572	0,533	0,497
$P_2(t)$	0,967	0,908	0,836	0,757	0,679	0,603	0,531	0,466	0,406	0,353
$P_3(t)$	0,984	0,964	0,938	0,905	0,868	0,827	0,783	0,737	0,692	0,647

Затем формируется график зависимости вероятности безотказной работы от срока эксплуатации систем (рис. 5).

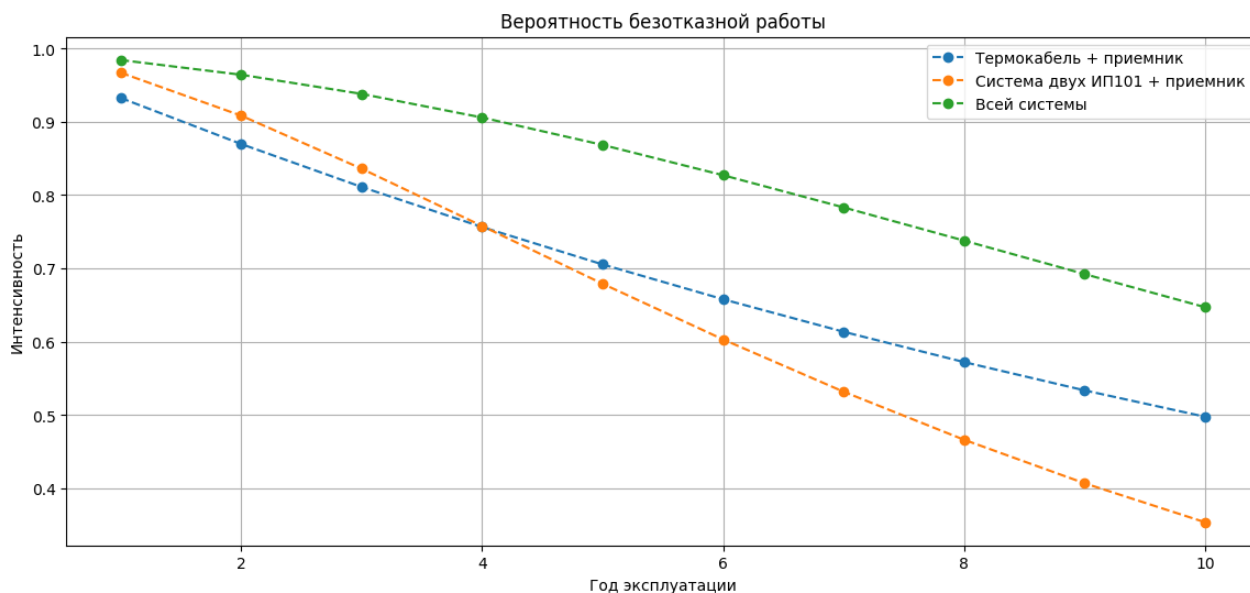


Рис. 5. График вероятности безотказной работы системы с различными компонентами.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что автоматическая пожарная сигнализация с извещателями ИП101-07ем имеет значительную вероятность отказа уже к 7 году эксплуатации, поэтому резервирование ее линейным пожарным извещателем позволит увеличить значение вероятности безотказной работы почти в 2 раза, что будет достаточным для продолжения процесса эксплуатации автоматической пожарной сигнализации без ущерба для системы обеспечения пожарной безопасности объекта.

Расчетная программа написана на языке Python с применением среды разработки Jupyter Notebook, библиотек Pandas для работы с табличными данными и Matplotlib — для визуализации полученных данных, что позволило эффективно выполнить расчет и сравнить надежность различных компоновок системы пожарной сигнализации. По результатам исследования в Федеральной службе по интеллектуальной собственности зарегистрирована программа для ЭВМ № 2024691471 от

23.12.24 «Программа для расчета показателей надежности автоматической пожарной сигнализации» [4].

Разработанная программа для расчета показателей надежности автоматической пожарной сигнализации представляет собой инструмент, который позволяет анализировать и сравнивать различные технические решения для обеспечения требуемого уровня надежности системы. Программа ориентирована на использование в учебных, научно-исследовательских и проектных целях, а также для оптимизации систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ефремов, А.А. Теория надежности : конспект лекций / А. А. Ефремов. — Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. — 83 с.
2. РД ЭО 0585—2004. Методика оценки технического состояния и остаточного ресурса пожарных извещателей и приемно-контрольных приборов систем пожарной сигнализации АЭС. — URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/53/53716/> (дата обращения: 23.10.2024).
3. Фомичев, Л.Ю. Повышение надежности автоматической пожарной сигнализации на объектах хранения нефти и нефтепродуктов / Л. Ю. Фомичев, И. А. Минаева // Безопасность труда в промышленности. — 2024. — № 12. — С. 47–52. — DOI: 10.24000/0409-2961-2024-12-47-52.
4. Программа для ЭВМ № 2024691471. Программа расчета показателей надежности автоматической пожарной сигнализации : № 2024691471 : заявл. 27.11.2024 : опубл. 23.12.2024. Бюл. № 1 / Л. Ю. Фомичев. — URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=EVM&DocNumber=2024691471&TypeFile=html (дата обращения: 11.02.2024).

УДК 621.002.5-192

А.В. Широухов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ В УСЛОВИЯХ УДАРНЫХ НАГРУЗОК

Аннотация: в работе приводится анализ статистики выхода из строя подшипников качения, работающих в механизмах подверженных ударным и вибрационным нагрузкам и приведены рекомендации по совершенствованию конструкций.

Ключевые слова: подшипники качения, механизмы с повышенными ударными и вибрационными нагрузками, абсолютные вибраций подшипников, инерционные нагрузки, интенсивное тепловыделение в подшипниковых узлах.

A.V. Shiroukhov

FEATURES OF ROLLING BEARINGS OPERATION UNDER SHOCK LOADS

Abstracts: provides an analysis of the statistics of the failure of rolling bearings operating in mechanisms subject to shock and vibration loads and provides recommendations for improving structures.

Keywords: rolling bearings, mechanisms with increased shock and vibration loads, absolute bearing vibrations, inertial loads, intense heat generation in bearing assemblies.

В настоящее время во многих отраслях промышленности находят применение различные виды компрессорного и насосного оборудования. Несмотря на разнообразие конструкций, подавляющее большинство приходится на оборудование поршневого типа. Данный факт обуславливается преимуществами, которыми обладают данный тип конструкций, вместе с тем, подобный тип механизмов обладает и рядом недостатков. В качестве одного из основных недостатков можно рассматривать ограниченный ресурс опор качения коленчатых валов. Данный факт является прямым следствием условий, в которых работают подобные узлы, где основным негативным фактором является воздействие ударных радиальных нагрузок. Надежность, долговечность и ремонтпригодность подшипникового узла во многом определяет качество всей конструкции.

Отказы кривошипно-шатунных и эксцентриковых механизмов при эксплуатации в большинстве случаев связаны с выходом из строя подшипникового узла. Как правило, в качестве опор валов используют подшипники качения. Анализ причин выхода из строя подшипников [1, 2], применяемых в механизмах с повышенными ударными и вибрационными нагрузками, показывает, что к основным причинам нарушения работоспособности данного узла следует отнести:

- перегрев сепаратора и последующее его разрушение, как результат повышения трения в парах «сепаратор-тело качения» и «сепаратор-кольцо», проворачивание обоймы подшипника в посадочных отверстиях, реже проворачивание на валу;

- абразивное, усталостное изнашивание, наклеп поверхностей тел качения и реборд обойм.

Конструктивно, механизмы на основе кривошипно-коленчатых и эксцентриковых валов являются наиболее неблагоприятными, с точки зрения сочетания негативных факторов, воздействующих на подшипник. Если рассмотреть условия эксплуатации подобных конструкций, проанализировать характер взаимодействия компонентов, то следует выделить следующее:

- из анализа планов скоростей и ускорений компонентов конструкции видно, что значения ускорений, действующих в подобных механизмах, существенно превышают «нормальные» значения – значения ускорения свободного падения. Учитывая воздействия данных ускорений, а также возвратно-поступательный характер движения, неминуемо будут возникать колебания элементов конструкции (сепаратора, тел качения), а учитывая вес компонентов, будет возникать и дополнительное силовое воздействие, обусловленное инерционными составляющими.

- если выделить радиальную составляющую в возникающих ускорениях, и определить соответствующую силовую составляющую воздействия, то можно убедиться, что данные значения могут достигать до 10 % от штатной грузоподъемности узла [3]. Данный факт обуславливается значительной массой элементов рабочих механизмов конструкции;

- особенности эксплуатации оборудования данного типа подразумевают работу с высокими частотами вращения валов (до 3000 об/мин), соответственно значения линейных скоростей отдельных элементов конструкции могут достигать 20 м/с;

Вибрационные составляющие силового воздействия на элементы подшипникового узла следует рассматривать в зависимости от характера и природы источника колебаний. Если вибрации узла вызваны колебаниями самого устройства, их следует отнести к общим или абсолютным вибрациям. Если вибрации являются следствием колебаний отдельных элементов самого узла (обойм подшипника, тел качения, сепаратора), то их следует относить к частным или относительным вибрациям.

Изучению относительных вибраций посвящено большое количество исследований [3]. Вместе с тем, исследования по изучению общих или абсолютных вибраций подшипников и их влияний на возникающие при этом дополнительные нагрузки практически отсутствуют.

Для рассмотрения работы подшипникового узла с точки зрения аналитической оценки воздействия ускорений и сил инерции, сделаем допущение, о том, что элементы подшипника под воздействием сил (без описания их природы) подвержены упругим деформациям, что изменяет их геометрию. Соответственно, при условии действия данного допущения, ось вала и соответственно оси колец подшипника уже не являются совпадающими и статичными в пространстве, так как совершают некие перемещения. То есть, в отличие от классической схемы работы узла, здесь следует рассматривать условия нагружения подшипника, где его элементы подвержены колебаниям, и ось под воздействием силовой составляющей данных колебаний перемещается по круговой или эллиптической траектории. Также следует учитывать возможность линейного перемещение оси, в зависимости от направления колебаний. В любом случае, возникают дополнительные силы инерции, которые оказывают влияние на работу отдельных элементов подшипника (рис. 1). Сосредоточим внимание на варианте, в котором ось совершает колебания по круговой траектории. Данный случай наиболее часто встречается в практике.

Рассмотрим систему координат, связанную с корпусом конструкции, соответственно с наружным кольцом подшипника. В данном случае рассматриваемая система, назовем ее система XOY , будет являться неподвижной. В этой системе ось подшипника OZ совпадает с центром колебаний (точка O , рис.1). Далее рассмотрим систему, связанную с внутренним кольцом подшипника, назовем ее система $X'O'Y'$. Данная система будет являться подвижной, т.к. под воздействием упругих деформаций, возникающих под воздействием генерируемых сил, ось подшипника (OZ') изменяет свое положение, а соответственно и система координат $X'O'Y'$ связанная с внутренним кольцом подшипника и телами качения, с центром в точке O' так же будет изменять свое положение (рис.1а).

Определим перемещение и ускорение тел качения в подвижной и неподвижной системе координат. Рассмотрим перемещение центра тяжести произвольного тела качения (точка A , рис.1а). В процессе работы подшипника тело качения будет совершать сложное движение, состоящее из переносного поступательного вместе с системой $X'O'Y'$ и относительного вращательного по отношению к этой системе в плоскости перпендикулярной оси подшипника OZ . Вращением тела качения вокруг собственной оси в данном случае, пренебрегаем (рис. 1б).

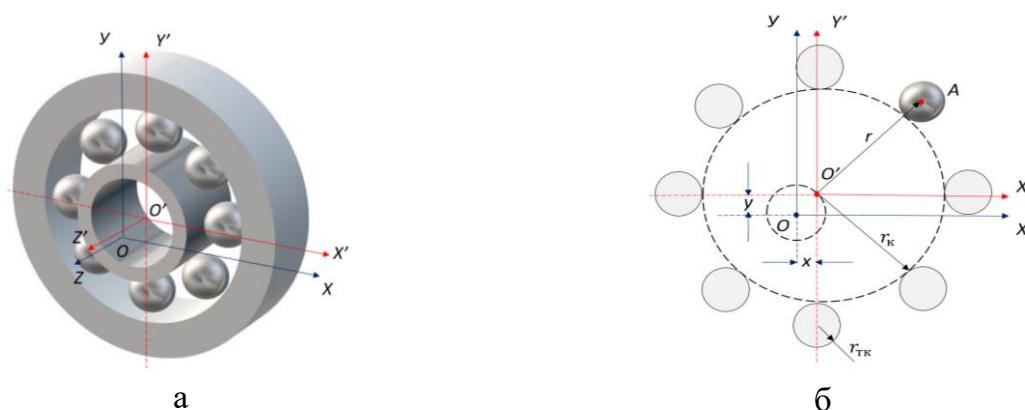


Рис. 1. Расчетная схема колебаний подшипника

Исходя из расчетной схемы, угловую скорость относительного движения центра тяжести тела качения определяется следующим образом:

$$\omega_0 = \omega r_k / 2(r_{TK} + r_k), \quad (1)$$

где ω_0 - угловая скорость относительного движения центра тяжести тела качения;

ω - угловая скорость абсолютного движения;

r_k - радиусы внутреннего кольца подшипника;

r_{TK} - радиус тела качения.

Рассматривая существующий размерный ряд стандартных подшипников, можно сделать допущение, что $r_k \gg r_{TK}$, тогда зависимость (1) примет вид:

$$\omega_0 = \omega / 2.$$

Учитывая конструктивные особенности различных подшипников, погрешность расчетов [3] не превышает 15 %.

Запишем уравнение движения центра тяжести тела качения (точка A) в неподвижной системе координат, т.е. в проекциях на оси XOY :

$$\begin{aligned} x &= e \cos \omega t + r \cos(\omega t / 2 + \varphi_0); \\ y &= e \sin \omega t + r \sin(\omega t / 2 + \varphi_0), \end{aligned} \quad (2)$$

где $r = (D + d) / 4$, соответственно:

D - диаметры наружного кольца подшипника;

d - внутренний посадочный диаметры подшипника;

φ_0 - угол, положение тела качения в подшипнике.

Величину абсолютного ускорения ε_a и текущий угол положения тела качения φ , определяющий направление ускорения, можно определить по формулам:

$$\varepsilon_a = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2}, \quad \varphi = \arctan \frac{\ddot{y}}{\ddot{x}}, \quad (3)$$

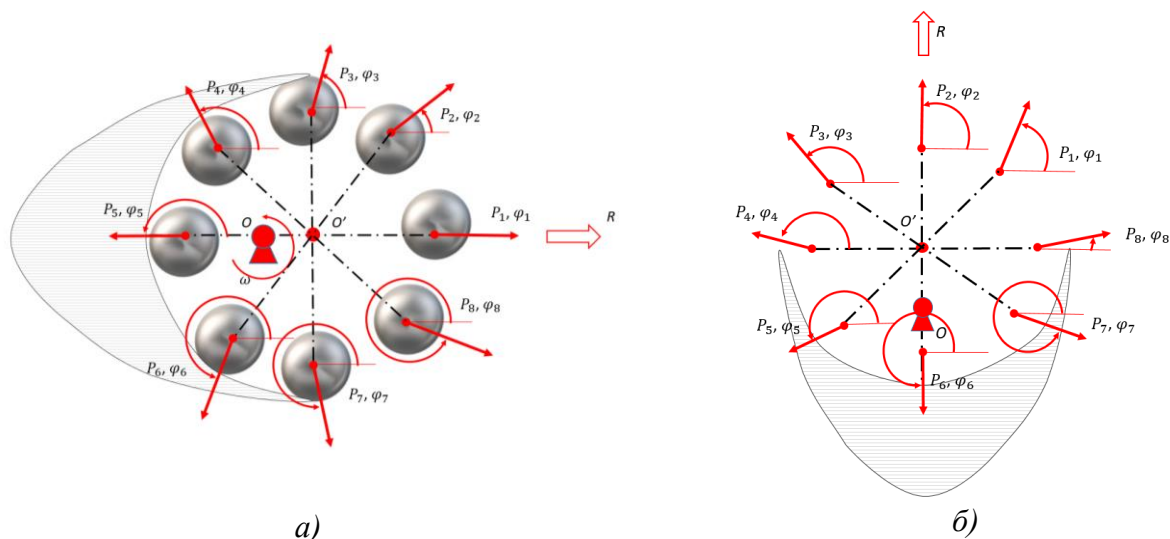
где $\ddot{x}, \ddot{y}$ - проекции абсолютного ускорения на неподвижные оси координат.

Таким образом, зная направление и величину ускорения, можно определить силу инерции, действующую на тело качения, по формуле:

$$P_i = m\varepsilon_a, \quad (4)$$

где m - масса тела качения.

Из анализа плана ускорений и возникающих сил инерции (рис. 2) видно, что силы инерции, действующие на тела качения подшипника, в каждый момент времени, будут отличаться по направлению (в зависимости от положения тела качения, т.е. угла φ) [3]. Соответственно, в процессе перемещения тела качения, силы инерции будут отклоняться от радиального направления, направления характерного для стационарного режима работы оборудования. Так же следует отметить, что собственные моменты, создаваемые телами качения в каждый момент движения, принимают различные значения: в ряде положений они будут сонаправлены с направлением основного вращательного движения, т.е. моменты способствуют качению, а в ряде положений – противоположны, т.е. препятствуют вращению (рис. 2). При этом, силы инерции будут причиной появления касательных составляющих, которые в свою очередь увеличивают трения в паре «тело качения - сепаратор» а, следовательно, и дополнительные моменты сопротивления вращению.



а)

б)

Рис. 2. План сил инерции тел вращения
а – положение $\omega t = 0^\circ$; б – положение $\omega t = 90^\circ$;
вращение тел качения - по часовой стрелке

Так же следует учитывать, что в зависимости от способа установки внутреннего кольца подшипника на валу и внешнего в корпусе возникает дополнительная сила в паре «сепаратор-кольцо (внутреннее или наружное), которая также создает сопротивление качению [4].

Таким образом, можно определить ряд выводов, которые необходимо учитывать при конструировании подшипниковых узлов механизмов, работающих в условиях вибрационных и ударных нагрузок:

- абсолютные вибрации, возникающие при воздействии радиальных ударных и вибрационных нагрузок, приводят к возникновению дополнительных сил инерции, которые в свою очередь приводят к увеличению моментов сопротивления вращению тел качения и подшипников в целом;

- увеличение инерционных нагрузок, действующих на тела качения, приводит к увеличению амплитуды колебаний подшипника в целом;

- увеличение абсолютных вибрации приводит к увеличению момента сопротивления вращению сепаратора.

На основании вышеизложенного, следует сформулировать рекомендации по конструированию подшипниковых узлов машин и механизмов, работающих в условиях ударных и вибрационных нагрузках:

- при расчете подшипников необходимо использовать более высокие значения коэффициентов динамической безопасности и коэффициента долговечности [5,6];

- следует применять подшипники с латунными сепараторами, центрированными по наружному кольцу, либо отдавать предпочтение подшипникам с легкими (полимерными) сепараторами, нежелательно применение тонкостенных сепараторов и сепараторов, центрированных по телам качения;

- при проектировании следует избегать осевого нагружения подшипника;

- при установке подшипника следует использовать посадки с небольшим натягом, но с обязательной фиксацией колец подшипника от проворачивания;

Соблюдение приведенных рекомендаций позволит создать надежные и долговечные подшипниковые узлы, способные работать в машинах и механизмах подверженных ударным и вибрационным нагрузкам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дефекты и повреждения подшипников. «Ф и Ф - Инжиниринг и сбыт приводной техники». <https://fif-group.ru/article/defekty-i-povrezhdeniya-podshipnikov/>

2. Повреждения подшипников качения и их причины. Авторское право SKF.2002г. <https://detmeh.ru/img/pdf/0pdf0e919b9c185b72bba196596e7a5e2e2b.pdf>

3. Кузьмичев В.А. Основы проектирования вибрационного оборудования. Учебник для ВУЗов. [Текст]/ Кузьмичев В.А.// Издательство Лань. 2014 г. – 208 с. ISBN 9-785-811416738

4. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 2-х книгах. Изд. 3-е испр. [Текст] / Орлов П.И. // М., «Машиностроение», 1988 г. – 560 с. ISBN 5-217-00222-0

5. Широухов А.В. Прикладные аспекты проектирования механических приводов: Учебное пособие [Текст] /СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2020 г. – 184 с. ISBN 978-5-906765-48-2

6. Шейнблит А. Е. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб, пособие. Изд-е 2-е, перераб. и дополн. [Текст]/ Шейнблит А. Е./ — Калининград: Янтар. сказ. 2002 г. — 454 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 621.313.333

В.Г. Белоногов

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОФАЗНЫМ СИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ С УЛУЧШЕННЫМИ ВИБРОШУМОВЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Аннотация: предложена структура синхронного электропривода с улучшенными виброшумовыми характеристиками, приведен подход к его моделированию с учетом насыщения исполнительного двигателя и зубчатости сердечников.

Ключевые слова: синхронный электропривод, многофазный электродвигатель, виброшумовые характеристики.

V.G. Belonogov

DEVELOPMENT OF A CONTROL SYSTEM FOR A MULTIPHASE SYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH IMPROVED VIBRATION-NOISE CHARACTERISTICS

Abstracts: The structure of a synchronous electric drive with improved vibration-noise characteristics is proposed and an approach to its modeling is given, taking into account the saturation of the actuator and the gearing of the cores.

Keywords: synchronous electric drive, multiphase electric motor, vibration-noise characteristics.

Одним из перспективных направлений в развитии электропривода (ЭП) является разработка систем переменного тока, выполненных на базе синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ).

В общем случае синхронных двигателей радиальные магнитные силы, действующие в воздушном зазоре, являются прямой функцией квадрата магнитной индукции. Эти силы способны вызывать динамические изменения в структуре статора, что является причиной возникновения магнитных шумов [1]. В частности, если период пространственной волны магнитного поля достаточно велик, это может привести к значительным вибрациям статора. При увеличении порядка гармоник волны, эффект от сил уменьшается, что снижает вибрации. Наиболее заметные вибрации могут быть связаны со вторым и четвертым порядками гармоник. [1]

Переходя к специфике синхронных двигателей с постоянными магнитами (СДПМ), где ток возбуждения $I_{dv} = 0$, мы обнаруживаем, что характер вибраций меняется. В СДПМ отсутствие тока возбуждения приводит к уменьшению магнитной индукции в воздушном зазоре, что в свою очередь снижает величину радиальных магнитных сил и, как следствие, уровень вибраций и магнитных шумов [2]. Это является преимуществом таких двигателей. Однако, с другой стороны, это также может сказаться на потерях в магнитопроводе и ухудшить общие характеристики двигателя, что становится недостатком.

Квадраты амплитуд радиальных сил равны:

$$P_{2m}^2 = P_{2d}^2 + P_{2q}^2 \quad (1)$$

$$P_{4m}^2 = P_{4d}^2 + P_{4q}^2 \quad (2)$$

Соответственно квадрат действующего значения тока статора

$$I_s^2 = \frac{1}{2} \sum_{v=1,3}^{v<m} (I_{sq(v)}^2 + I_{sd(v)}^2), \quad (3)$$

и электромагнитный момент

$$M = \frac{m}{2} p \sum_{v=1,3}^{v<m} v i_f' L_{m(v)} I_{sq(v)}. \quad (4)$$

В целевой функции учитывается только вторая гармоника радиальной силы, так как она оказывает наиболее сильное влияние на магнитный шум и вибрацию электрической машины. Приведенные уравнения соответствуют общему случаю: наличию продольной и поперечной составляющих векторов $I_{s(v)}$.

Высшие гармоники тока играют роль в снижении действующего значения тока. Следует отметить, что в случае СДПМ целесообразнее, чтобы высшие гармоники должны содержать лишь поперечную составляющую [3]. Продольная составляющая должна быть равна нулю $I_{sd(v)} = 0, v = 3, 5..m$. Однако следует отметить, что введение продольной составляющей, для решения задачи уменьшения виброусилий, имеет место. При этом нужно понимать, что поперечная составляющая в СДПМ способствует размагничиванию постоянных магнитов, но так как введение данной составляющей, в асинхронных и синхронных ЭП с электромагнитными роторами, дает результат снижения виброусилий [3], имеет смысл проведения исследований с ЭП в котором исполнительный двигатель СДПМ.

За определение значений поперечных и продольных составляющих приведенных векторов тока статора отвечает блок функциональный (БФ) (рис. 2).

Блок функциональный, в свою очередь, включает в себя два блока нелинейности: БН1 и БН2.

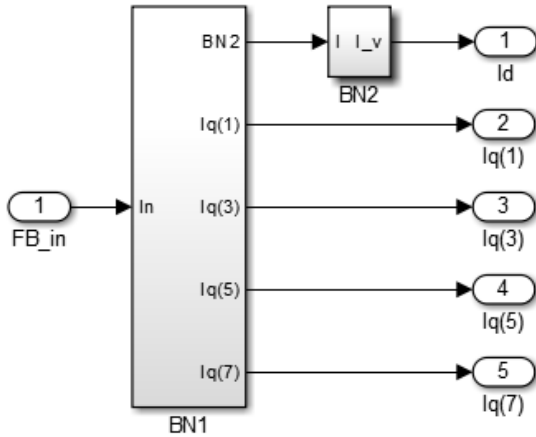


Рис. 2. Модель блока функционального (БФ)

БН1 функционально отвечает за формирование значений поперечных составляющих приведенных векторов тока статора, а БН2 – за выработку продольных составляющих соответственно.

Определение значения поперечных составляющих приведенных векторов тока статора. Для этого ставится задача минимизации действующего значения тока

$$I_s^2 = \frac{1}{2} \left(I_{sd(1)}^2 + \sum_{v=1,3}^{v < \mu} I_{sq(v)}^2 \right) = \min, \quad (5)$$

$$\sum_{v=1,3}^{v < m} I_{sd(v)}^2 = \min, \quad (6)$$

при обеспечении требуемого момента

$$M - \frac{m}{2} p \sum_{v=1,3}^{v > m} v i_f' L_{m(v)} I_{sd(v)} = 0. \quad (7)$$

Рассмотрим функцию

$$F = \sum_{v=1,3}^{v < m} I_{sq(v)}^2 + \lambda \left(M - \frac{m}{2} \sum_{v=1,3}^{v < m} v i_f' L_{m(v)} I_{sq(v)} \right), \quad (8)$$

где λ – вспомогательная переменная.

Тогда

$$\frac{\partial F}{\partial I_{sq(v)}} = 2 I_{sq(v)} - \frac{m}{2} p v i_f' L_{m(v)} \lambda = 0, \quad (9)$$

$$I_{sq(v)} = \frac{m}{4} p v i'_f L_{m(v)} \lambda, L_{m(v)} = \frac{M}{\frac{m}{2} p v I_f}, \quad (10)$$

$$\frac{\partial F}{\partial \lambda} = M - \frac{m}{2} p \sum_{v=1,3}^{v < m} v i'_f L_{m(v)} I_{sq(v)} = 0, \quad (1.22)$$

$$M - \frac{m^2}{8} p^2 \lambda \sum_{v=1,3}^{v < m} v^2 (i'_f L_{m(v)})^2 = 0. \quad (11)$$

Отсюда

$$\lambda = \frac{8M}{m^2 p^2 \sum_{v=1,3}^{v < m} v^2 (i'_f L_{m(v)})^2} = 0, \quad (12)$$

$$I_{sq(v)} = \frac{2M}{m p} \frac{v i'_f L_{m(v)}}{\sum_{\mu=1,3}^{\mu < m} (\mu i'_f L_{m(\mu)})^2}. \quad (13)$$

Схема блока нелинейности, реализуемая в Simulink, выглядит следующим образом (рис. 3).

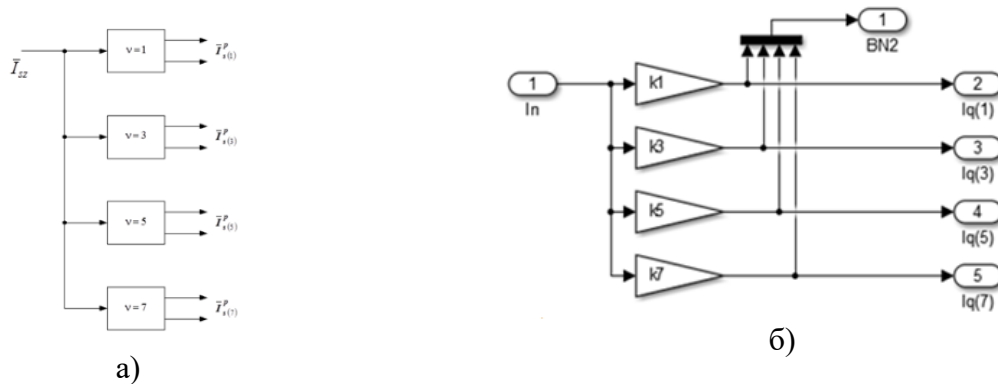


Рис. 2. Блок нелинейности БН1:
а – структурная схема; б – Simulink-модель

Simulink позволяет использовать программный код, реализующий решение на Сн необходимый для загрузки библиотеки и вызова ее функций. Код компилируется в бинарный файл, который распознается Simulink и связывается с общей библиотекой. Этот двоичный файл называется S-функцией. Коэффициенты гармоник, полученные при помощи S-функции, заносятся в соответствующие усилители БН1 (рис. 3а), которые отрабатывают соответствующее усиление по каналам.

Определение значения продольной составляющей вектора тока статора, приведенного к первой пространственной гармонике. Для этого случая ставится задача компромиссной минимизации действующего значения тока статора и магнитных шумов [3]:

$$F = P_{2d}^2 + P_{2d}^2 + \frac{f}{1-f} \frac{B_m^2}{\delta^2} I_{sd(1)}^2 = \min, \quad (14)$$

Подставим выражения в (1.26) и преобразуем к виду

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{\partial F}{\partial I_{sd(1)}} = & \left(\frac{1}{4\mu_0} \left(\frac{\mu_0 q m}{\pi \delta} \right)^2 \vartheta_{(1)}^2 (I_{sq(1)}^2 - I_{sd(1)}^2) - \right. \\ & - 2 \sum_{v=1,3}^{v < m} \vartheta_{(v)} \vartheta_{(v+2)} (I_{sq(v)} I_{sq(v+2)} + I_{sd(v)} I_{sd(v+2)}) + \\ & + \frac{B_{rm}^2}{\pi \mu_0 \Delta \alpha} \left(\cos 2 \Delta \alpha - \frac{\sin 2 \Delta \alpha}{2 \Delta \alpha} \right) + \frac{q m B_{rm}}{\pi^2 \delta} \left(\sum_{v=1,3}^{v < m} \vartheta_{(v)} I_{sd(v)} \sin \frac{\pi v}{2} \times \right. \\ & \times \left(\frac{1}{v+2} \frac{\sin(v+2) \Delta \alpha}{(v+2) \Delta \alpha} - \frac{1}{v} \frac{\sin v \Delta \alpha}{v \Delta \alpha} \right) - \frac{\sin v \Delta \alpha}{v \Delta \alpha} \vartheta_{(1)} I_{sd(1)} \Big) + \\ & + \left(\frac{1}{2\mu_0} \left(\frac{\mu_0 q m}{\pi \delta} \right)^2 \vartheta_{(1)}^2 I_{sq(1)} I_{sd(1)} + \frac{q m B_{rm}}{\pi^2 \delta} \times \right. \\ & \times \left(\sum_{v=1,3}^{v < m} \vartheta_{(v)} (I_{sq(v)} \sin \frac{\pi v}{2} \left(\frac{1}{v+2} \frac{\sin(v+2) \Delta \alpha}{(v+2) \Delta \alpha} + \frac{1}{v} \frac{\sin v \Delta \alpha}{v \Delta \alpha} \right) \right) + \\ & + \frac{\sin \Delta \alpha}{\Delta \alpha} \vartheta_{(1)} I_{sq(1)}) \times \frac{\partial}{\partial I_{sd(1)}} \times \frac{1}{2\mu_0} \left(\frac{\mu_0 q m}{\pi \delta} \right)^2 \vartheta_{(1)}^2 I_{sq(1)} I_{sd(1)} + \\ & + \frac{q m B_{rm}}{\pi^2 \delta} \left(\sum_{v=1,3}^{v < m} \vartheta_{(v)} (I_{sq(v)} \sin \frac{\pi v}{2} \left(\frac{1}{v+2} \frac{\sin(v+2) \Delta \alpha}{(v+2) \Delta \alpha} \right) + \right. \\ & + \left. \frac{1}{v} \frac{\sin v \Delta \alpha}{v \Delta \alpha} \right) + \frac{\sin \Delta \alpha}{\Delta \alpha} \vartheta_{(1)} I_{sq(1)}) \times \frac{\partial}{\partial I_{sd(1)}} \left(\frac{1}{2\mu_0} \left(\frac{\mu_0 q m}{\pi \delta} \right)^2 \times \right. \\ & \times \vartheta_{(1)}^2 I_{sq(1)} I_{sd(1)} + \frac{q m B_{rm}}{\pi^2 \delta} \left(\sum_{v=1,3}^{v < m} \vartheta_{(v)} (I_{sq(v)} \sin \frac{\pi v}{2} \times \right. \\ & \times \left. \left(\frac{1}{v+2} \frac{\sin(v+2) \Delta \alpha}{(v+2) \Delta \alpha} + \frac{1}{v} \frac{\sin v \Delta \alpha}{v \Delta \alpha} \right) + \frac{\sin \Delta \alpha}{\Delta \alpha} \vartheta_{(1)} I_{sq(1)} \right) + \\ & \left. \left. + \frac{f}{1-f} \frac{B_{rm}^2}{\delta^2} I_{sd(1)}^2 \right) = \min. \end{aligned} \quad (15)$$

Данное выражение достаточно сложное для реализации. Поэтому было проведено введение постоянных коэффициентов, упрощающих выражение и позволяющих провести реализацию в Simulink:

$$a = \frac{\mu_0}{4} \left(\frac{qm\vartheta_{(1)}}{\pi\delta} \right)^2, \quad (16)$$

$$b = \frac{qm\vartheta_{(1)}B_{rm}}{\pi^2\delta} \left(2 \frac{\sin \Delta \alpha}{\Delta \alpha} - \frac{1}{3} \frac{\sin 3 \Delta \alpha}{3 \Delta \alpha} \right), \quad (17)$$

$$c = \frac{\mu_0}{4} \left(\frac{qm}{\pi\delta} \right)^2 \left(\vartheta_{(1)}^2 I_{sq(1)}^2 - 2 \sum_{v=1,3}^{v < m} \vartheta_{(v)} \vartheta_{(v+2)} I_{sq(v)} I_{sq(v+2)} \right) + \frac{B_{rm}^2}{\pi\mu_0\Delta\alpha} \left(\sin 2 \Delta \alpha - \frac{\sin 2 \Delta \alpha}{2 \Delta \alpha} \right), \quad (18)$$

$$d = \frac{\mu_0}{2} \left(\frac{qm}{\pi\delta} \right)^2 \vartheta_{(1)}^2 I_{sq(1)}, \quad (19)$$

$$e = \frac{qmB_{rm}}{\pi^2\delta} \left(\sum_{v=1,3}^{v < m} \vartheta_{(v)} I_{sq(v)} \sin \frac{\pi v}{2} \left(\frac{1}{v+2} \frac{\sin(v+2)\Delta\alpha}{(v+2)\Delta\alpha} + \frac{1}{v} \frac{\sin v \Delta\alpha}{v\Delta\alpha} \right) + \frac{\sin \Delta \alpha}{\Delta \alpha} \vartheta_{(1)} I_{sq(1)} \right). \quad (20)$$

Продифференцируем уравнение (14) по току $I_{sd(1)}$ и получим следующее уравнение:

$$\frac{1}{2} \frac{dF}{dI_{sd(1)}} = P_{2d} \frac{dP_{2d}}{dI_{sd(1)}} + P_{2q} \frac{dP_{2q}}{dI_{sd(1)}} + \frac{f}{1-f} \frac{B_{rm}^2}{\delta^2} I_{sd(1)}^2 = \min \quad (21)$$

Продифференцируем отдельно слагаемые уравнения

$$\frac{dP_{2d}}{dI_{sd(1)}} = -2aI_{sd(1)} - b, \quad (22)$$

$$\frac{dP_{2q}}{dI_{sd(1)}} = d. \quad (23)$$

Подставим уравнения

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{dF}{dI_{sd(1)}} &= (-aI_{sd(1)}^2 - bI_{sd(1)} + c)(-2aI_{sd(1)} - b) + d(dI_{sd(1)} + e) + \\ &+ \frac{\phi}{1-\phi} \frac{B_{rm}^2}{\delta^2} I_{sd(1)} = 2a^2 I_{sd(1)}^3 + 3abI_{sd(1)}^2 + \\ &+ (b^2 - 2ac + d^2 + \frac{\phi}{1-\phi} \frac{B_{rm}^2}{\delta^2}) I_{sd(1)} + de - bc = 0 \end{aligned} \quad (24)$$

Упростим полученное

$$p = \frac{4ac - b^2 + 2\left(d^2 + \frac{f}{1-f} \frac{B_{rm}^2}{\delta^2}\right)}{12a^2}; \quad (25)$$

$$q = \frac{4ade - b\left(d^2 + \frac{f}{1-f} \frac{B_{rm}^2}{\delta^2}\right)}{8a^3}. \quad (26)$$

После упрощения выражения и выразив из него ток $I_{sd(1)}$ получим следующее выражение:

$$I_{sd(1)} = \sqrt[3]{\sqrt{p^3 + q^2} - q} - \sqrt[3]{\sqrt{p^3 + q^2} + q} - \frac{b}{2a}. \quad (27)$$

Данный алгоритм определения продольной составляющей вектора тока статора реализован в программно-функциональном блоке БН 2 (рис. 3б).

В итоге предлагаемая часть системы управления в Simulink будет иметь вид рис. 4.

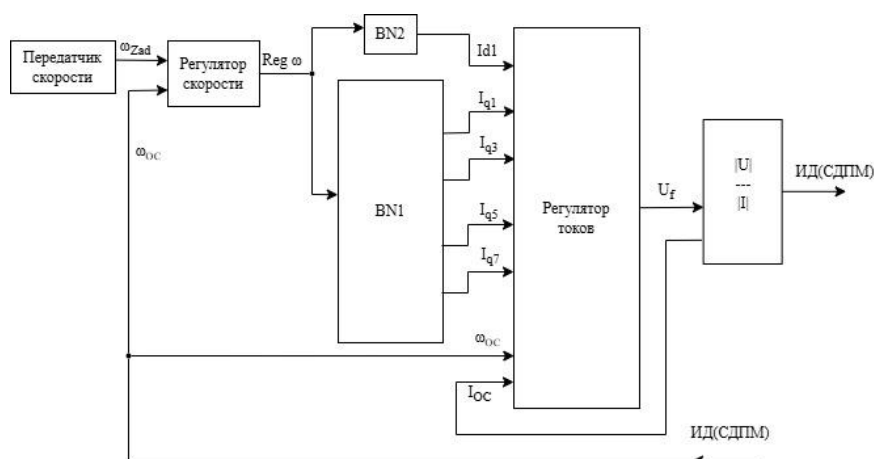


Рис. 4. Система управления

Предложенная структура управления многофазным СДПМ, решающая задачу компромиссной минимизации действующего значения тока статора и магнитных шумов при сохранении требуемого электромагнитного момента, показала эффективность в улучшении особенностей электромагнитных процессов в СДПМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер, Б. Высшие гармоники в асинхронных машинах / Б. Геллер, В. Гамата; пер. с англ. под ред. З. Г. Каганова. – М.: Энергия, 1981. – 352 с.
2. Ананьев, С. С. Синхронный электропривод с улучшенными виброшумовыми характеристиками: ст. канд. техн. наук: 05.09.03 / С. С. Ананьев. – Иваново, 2013. – 6 с.

З. Ананьев, С. С. Синхронный электропривод с улучшенными виброшумовыми характеристиками / С. С. Ананьев, А. Н. Голубев, В. А. Мартынов, В. Г. Белоногов, В.Д. Грачев // Вестн. ИГЭУ. Вып. 2.– 2013.

УДК 623.355.6

А.А. Бурлаков

ФГБОУ ВО Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СРЕДСТВ СВЯЗИ

Аннотация: Анализ степени соответствия результатов контроля действительному техническому состоянию средства связи.

Ключевые слова: система контроля, показатель достоверности контроля, вероятность принятия правильного решения по результатам контроля.

A.A. Burlakov

MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF COMMUNICATION FACILITIES

Abstracts: Analysis of the degree of compliance of the control results with the actual technical condition of the communication facility.

Keywords: the control system, the indicator of the reliability of control, the probability of making the right decision based on the results of control.

Сложность систем контроля обуславливает многочисленность характеристик, отражающих различные их свойства.

Основными характеристиками систем контроля являются: эффективность, достоверность, точность, производительность контроля, ресурс (общее время работы), стоимость и объем контроля, количество и характер зондирующих и наблюдаемых сигналов, содержание и форма представления результатов контроля, режим работы системы контроля, возможность автоматической регулировки параметров, источники питания, масса и габариты, транспортабельность, количество и квалификация обслуживающего персонала.

Достоверность контроля – степень доверия к результатам контроля. В качестве показателя достоверности контроля используется вероятность принятия правильного решения по результатам контроля. Любая система контроля работает с ошибками, кроме того, контролю подвергается только часть параметров объекта контроля.

В связи с этим получаемая в результате контроля информация содержит неопределенность. Достоверность контроля зависит от точности измерения и объема контроля.

Результаты контроля лежат в основе принятия решения о возможности объекта контроля выполнять свои функции.

Под достоверностью контроля понимается степень объективного соответствия результатов контроля действительному техническому достоянию объекта.

В качестве показателя достоверности используется вероятность принятия правильного решения по результатам контроля.

В процессе определения технического состояния сложной системы при контроле каждого параметра возможны следующие независимые и единственно возможные события: годный параметр A_i оценивается системой контроля как годный B_i , годный параметр A_i оценивается системой контроля как негодный $\bar{B}_i$, негодный параметр $\bar{A}_i$ оценивается системой контроля как негодный $\bar{B}_i$, негодный параметр $\bar{A}_i$ оценивается системой контроля как годный B_i .

Указанные события составляют полную группу событий, следовательно, сумма их вероятностей равна единице

$$P(A_i B_i) + P(A_i \bar{B}_i) + P(\bar{A}_i \bar{B}_i) + P(\bar{A}_i B_i) = 1. \quad (1)$$

Очевидно, что система контроля по результатам контроля принимает верные решения в двух случаях: годный параметр A_i оценивается системой контроля как годный B_i , негодный параметр $\bar{A}_i$ оценивается системой контроля как негодный $\bar{B}_i$, $P(A_i B_i)$, $P(\bar{A}_i \bar{B}_i)$. Следовательно, достоверность контроля параметра D_i , под которой понимается вероятность правильной оценки системой контроля состояния параметра, выражается формулой

$$D_i = P(A_i B_i) + P(\bar{A}_i \bar{B}_i). \quad (2)$$

Два других случая, когда система контроля негодный параметр $\bar{A}_i$ оценивает как годный B_i и когда годный параметр A_i оценивается системой контроля как негодный $\bar{B}_i$, представляют собой ошибку второго рода (риск заказчика β) и первого рода (риск изготовителя α) соответственно.

Достоверность контроля можно выразить

$$D_i = 1 - (\alpha + \beta). \quad (3)$$

Вероятность наступления каждого из событий можно выразить

$$P(A_i B_i) = \int_{x_{H_i}}^{x_{B_i}} f(x_i) \left[\int_{x_{H_i} - x}^{x_{B_i} - x} f_1(t_i) dt_i \right] dx_i, \quad (4)$$

$$P(A_i \bar{B}_i) = \int_{x_{H_i}}^{x_{\theta_i}} f(x_i) \left[\int_{-\infty}^{x_{H_i} - x} f_1(t_i) dt_i + \int_{x_{\theta_i} - x}^{\infty} f_1(t_i) dt_i \right] dx_i, \quad (5)$$

$$P(\bar{A}_i \bar{B}_i) = \int_{-\infty}^{x_{H_i}} f(x_i) \left[\int_{-\infty}^{x_{H_i} - x} f_1(t_i) dt_i + \int_{x_{\theta_i} - x}^{\infty} f_1(t_i) dt_i \right] dx_i + \\ + \int_{x_{\theta_i}}^{\infty} f(x_i) \left[\int_{-\infty}^{x_{H_i} - x} f_1(t_i) dt_i + \int_{x_{\theta_i} - x}^{\infty} f_1(t_i) dt_i \right] dx_i, \quad (6)$$

$$P(\bar{A}_i B_i) = \int_{-\infty}^{x_{H_i}} f(x_i) \left[\int_{x_{H_i} - x}^{x_{\theta_i} - x} f_1(t_i) dt_i \right] dx_i + \int_{x_{\theta_i}}^{\infty} f(x_i) \left[\int_{x_{H_i} - x}^{x_{\theta_i} - x} f_1(t_i) dt_i \right] dx_i, \quad (7)$$

где $f(x_i)$ и $f_1(x_i)$ – плотности распределения вероятности измеряемого параметра и ошибок измерения;

x_{H_i} и x_{θ_i} – соответственно нижняя и верхняя границы допуска на параметр.

Так как техническое состояние образца средства связи характеризуется совокупностью параметров $x_1, x_2, \dots, x_n$, то очевидно, что изделие будет работоспособно в случае, если все контролируемые параметры будут в пределах поля допуска. Тогда вероятность того, что средство связи окажется работоспособным, может быть выражена

$$P(A) = \prod_{i=1}^n P(A_i). \quad (8)$$

Как видно из выражений 4–8, достоверность контроля зависит от следующих факторов:

- законов распределения вероятностей контролируемых величин и их параметров;
- количества этих величин и полноты контроля;
- степени зависимости параметров;
- законов распределения погрешностей измерений и их параметров;
- времени контроля;
- способа определения контрольных допусков на проверяемые параметры;
- метода принятия решений (оптимальный, квазиоптимальный) о состоянии объекта контроля;
- скорости старения информации за время контроля;
- выбранного алгоритма контроля (последовательность проверки, наличие параллельных проверок);
- наличия методических ошибок, обусловленных процедурой контроля;
- интервала времени прогнозирования и выбора метода прогнозирования;
- надежностных характеристик объекта контроля и надежности системы контроля;

количества принимаемых решений (количества областей допустимых значений);
выбранного метода оценки состояния объекта контроля;
точности задания стимулирующих (входных) воздействий;
точности определения внешних условий при проведении контроля (температура, влажность).

Рассмотрим некоторые из этих факторов и их влияние на характеристики систем контроля.

При выбранном фиксированном режиме работы средства связи его техническое состояние полностью определяется вектором параметров и, соответственно, значениями показателей качества, функционально связанными с параметрами средства связи.

В данном случае под выходными параметрами понимаются такие параметры, которые являются некоторым обобщением законченного результата формирования, прохождения и преобразования сигнала в соответствии с целевым предназначением средства связи.

Любой из выходных параметров средств связи можно рассматривать как функцию многих переменных: параметров источников питания, параметров функциональных элементов, паразитных монтажных параметров и т. д., зависимость любого выходного параметра y_i в общем случае может быть описана функцией многих переменных параметров функциональных элементов

$$y_i = f_i(x_1, x_2, \dots, x_n); i = \overline{1, n}. \quad (9)$$

На различных этапах изготовления на функциональные элементы средств связи воздействуют разнообразные внешние факторы, вследствие чего происходит изменение значений их параметров.

Это отклонение значений параметров элементов от номинальных, колеблющееся в некоторых пределах, отражает закономерности достигнутого уровня технологического процесса и вызывается тем комплексом случайных и систематических причин, которые, воздействуя в процессе производства, обуславливают производственные погрешности. Вследствие погрешностей технологического процесса значения выходных параметров аппаратуры отличаются от номинальных. В соответствии с этим, функциональная зависимость выходного параметра аппаратуры от параметров элементов с учетом технологических погрешностей может быть записана в виде

$$\begin{aligned} y_i &= f_i(x_{1пр}, x_{2пр}, \dots, x_{niпр}) = \\ &= f_i(x_{10} + \Delta x_{1пр}, x_{20} + \Delta x_{2пр}, \dots, x_{ni0} + \Delta x_{niпр}), \end{aligned} \quad (10)$$

где x_{10}, x_{20}, x_{ni0} – номинальные значения параметров;

$\Delta x_{1пр}, \Delta x_{2пр}, \Delta x_{niпр}$ – отклонения значений параметров элементов, вызванные погрешностями технологического процесса.

Кроме того, в процессе эксплуатации техники связи на ее функциональные элементы воздействуют различные эксплуатационные (дестабилизирующие) факторы: температура окружающей среды, влажность воздуха, ударные нагрузки и т. д.

Воздействие этих факторов приводит к изменениям электрических и механических свойств материалов, из которых изготовлены элементы аппаратуры, что в свою очередь приводит к дополнительным изменениям выходных параметров. С учетом этих изменений функциональная связь (9) примет вид

$$\begin{aligned} y_i &= f_i(x_{1\Sigma}, x_{2\Sigma}, \dots, x_{n\Sigma}) = \\ &= f_i(x_{10} + \Delta x_{1\Sigma}, x_{20} + \Delta x_{2\Sigma}, \dots, x_{n0} + \Delta x_{n\Sigma}), \end{aligned} \quad (11)$$

где $\Delta x_{n\Sigma}$ – отклонения значений параметров элементов, вызванные воздействием всей совокупностью различных эксплуатационных факторов.

Чтобы аппаратура соответствовала нормам ТУ на величины выходных параметров радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) устанавливают определенные допуски, под которыми понимают границы для предельно допустимых отклонений параметров изделия.

Все допуски, с точки зрения ограничения их численных значений, обычно разделяются на двусторонние и односторонние. Относительно номинального значения допуски бывают: вынесенные вверх и вынесенные вниз. В свою очередь двусторонние допуски относительно их номинального значения разделяют на симметричные и несимметричные. Характерной особенностью допусков на параметры средств военной связи, является наличие среди них всех видов.

Для однозначного определения положения поля допуска относительно номинального значения параметра y_0, x_0 обозначим через y_a, x_a, y_b, x_b – соответственно нижнюю и верхнюю границы поля допуска параметров и через 2δ – ширину поля допуска.

Так как воздействие различных дестабилизирующих факторов на элементы средств связи носит случайный характер, то, полагая, что допустимые значения i -го выходного параметра ограничены верхним и нижним пределами, надежность аппаратуры определяется вероятностью невыхода значений её параметров за пределы соответствующих допусков. В этом случае вероятность невыхода значения i -го параметра за границы поля допуска определяется выражением

$$P_{yi} = P(y_{ai} < y_i < y_{bi}). \quad (12)$$

Из выражения видно, что событие, заключающееся в пересечении значением параметра одной из границ его поля допуска, можно классифицировать как отказ аппаратуры.

Стремление обеспечить высокую эксплуатационную надежность средств связи в условиях воздействия различных дестабилизирующих факторов приводит к необходимости расширения эксплуатационных допусков на выходные параметры. С другой стороны, повышенные требования к скорости и достоверности передачи информации вызывают необходимость ужесточения требований к эксплуатационным допускам параметров аппаратуры связи.

Таким образом, учет наличия стохастической зависимости параметров при проведении контроля технического состояния позволит сократить количество ошибочных решений первого и второго рода и повысить тем самым достоверность системы контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. А. Ануфриев, А. А. Захаров, А. В. Чихачев. Теоретические основы технического обеспечения связи и автоматизации. – СПб.: ВАС, 2023.– 464 с.
2. Способ моделирования процесса восстановления работоспособности сетей связи. Итоги науки и техники.// Научно-технический сборник № 72. Труды академии.; – СПб.: ВАС, 2022 С. 171-176.
3. Постановка задачи на моделирование системы ремонта техники связи и автоматизированных систем управления / Вишняков Н. П., Семенов С. С., Педан А. В., Яковлев А. А. // Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. V Межвузовская научно-техническая конференция: труды конференции.; – СПб.: ВАС. – 2020. С. 100-105.

УДК 621.787

М.Ю. Волкова

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ, АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Аннотация: Статья посвящена актуальным проблемам 2 и 3d моделирования и визуализации объекта в учебном процессе. Затрагиваются вопросы, посвященные методически обоснованному комплексному использованию электронных средств в учебном процессе. Исследование направлено на организацию и применение современных концепций в высшем образовании согласно ФОС.

Ключевые слова: конструирование и параметрическое моделирование, двухмерная графика, образовательная деятельности, методический подход, ресурсное обеспечение.

M.Y. Volkova

USING CAD FOR MODELING, AUTOMATION DESIGNING AND VISUALIZING OBJECTS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Abstract: The article is devoted to the current problems of 2D and 3d object modeling and visualization in the educational process. The issues related to the methodically sound integrated use of electronic tools in the educational process are discussed. The research is aimed at the organization and application of modern concepts in higher education according to the FOS.

Key words: design and parametric modeling, two-dimensional graphics, combinatorial options, design features, laws of composition.

В настоящее время при проектировании и моделировании различных механических систем применяется комплексный подход, связанный со стандартами высшего образования и предполагающий формирование у студентов согласованного комплекса компетенций. Использование системных обоснованных методов позволяет, при

этом, успешно решать практические задачи в широком спектре разнообразных профессиональных ситуаций.

Взаимодействие со студентами, как с участниками единого образовательного процесса, позволяет не только увеличить заинтересованность в получении выбранной профессии, но и направить их усилия на достижение личностных образовательных результатов.

Современное комплексное образование предполагает, в том числе, создание объемного ресурсного обеспечения по изучаемым дисциплинам. Разработка методических и наглядных пособий занимает свое традиционное место. Как печатные издания так и ресурсы электронной библиотеки пользуются популярностью у студентов и облегчают изучение материала. В рамках учебного процесса выполняются задания по моделированию как в AutoCAD, КОМПАС (рис. 1), так и в таких современных системах как ADEM. В связи с последними событиями в мире интерес к отечественным CAD/CAM системам существенно вырос. Система ADEM – современный российский продукт для машиностроения.

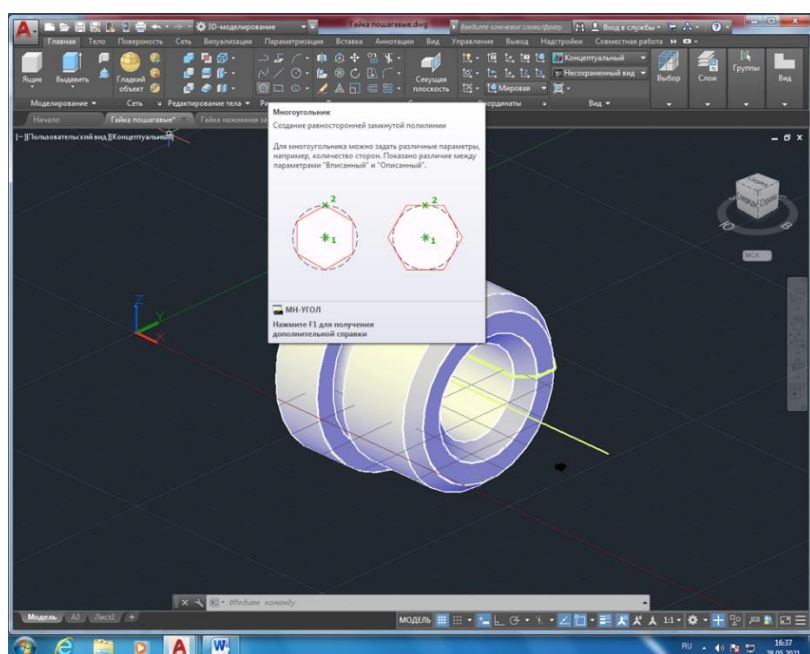


Рис. 1. Пример создания модели с использованием AutoCAD

Отмечено, что, так как качество современного учебного процесса — это составная процессуальная часть дидактической системы, напрямую связанная с улучшением технологий и методов обучения. Электронные учебные ресурсы позволяют освоить программы AutoCAD, КОМПАС, как в объеме, необходимом для учебного процесса так их углубленные варианты для улучшения профессиональных навыков. Данные виды учебных и научных студенческих работ способны продемонстрировать профессиональные компетенции работы с источниками различной информации, справочной и учебной литературой, а также профессиональные способности использования своих теоретических знаний в практической деятельности.

Модуль ADEM CAD предназначен для черчения, плоского моделирования, а также для создания объемных гибридных моделей и оформления конструкторской документации. Модуль CAM предназначен для создания управляющих программ для

любых типов станков и систем ЧПУ, включая многоканальное оборудование. Обеспечивает одновременное управление (максимум) 5-ю независимыми осями. Управляющая программа создается в контексте общего технологического процесса изготовления детали. Отличительная особенность модуля по проектированию маршрутов обработки на оборудовании с ЧПУ – программные операции, выполняемые на таких станках, являются составной частью общего технологического процесса изготовления детали. В рамках изучения программы студенты познают и тонкости технологического процесса: обработка с изменением глубины (устранение эффекта наклепа рабочей кромки инструмента – повышает время жизни инструмента); обработка боковых пазов (учет геометрии инструмента); фрезерование резьбы; использование режущего инструмента с произвольной геометрией (рис. 2).

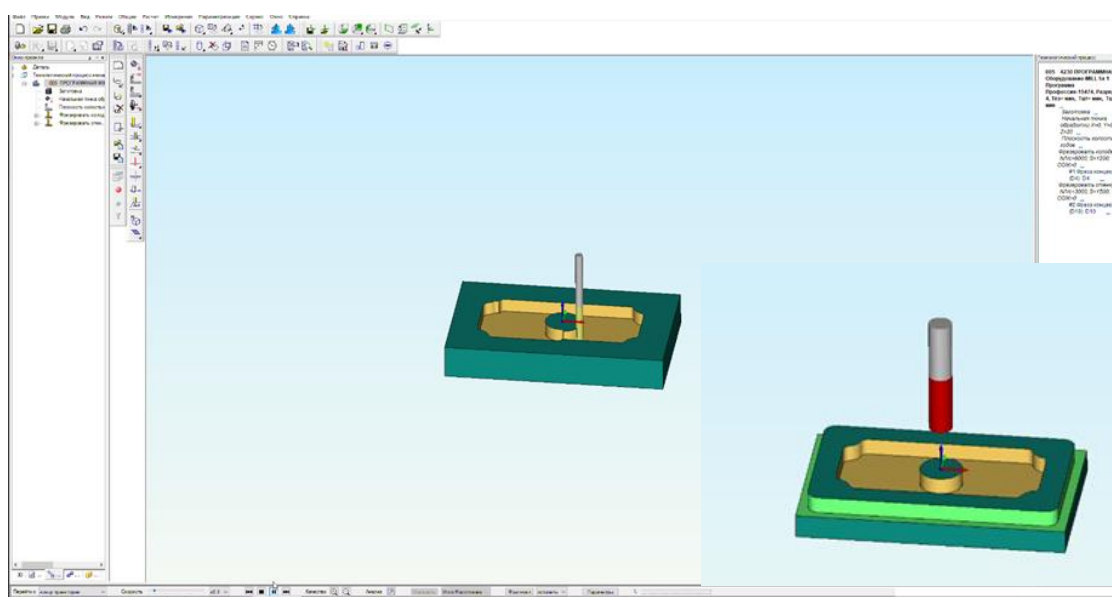


Рис. 2. Пример работы в модуле ADEM CAD

В результате анализа выявлено, что концепция качества образования складывается одновременно из нескольких составляющих: определение новых подходов и путей реализации, формирование различных показателей оценки учебной деятельности, аспектов качества каждого этапа образовательного процесса.

Наилучшие результаты достигаются при использовании комплексного сочетания в образовательном процессе различных программных и электронных ресурсов, а также комплексного подхода по формированию компетенций в образовательном процессе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю. Инструменты вычислительного и аналитического моделирования для проектирования объектов // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 391-393.

2. Волкова М.Ю., Павлюкова Н.Л. Использование электронных средств компьютерной графики в учебном процессе // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 14 апреля 2022 г. Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2022. С. 318

3. Волкова М.Ю. Использование информационных систем для повышения образовательного процесса // Материалы международной научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии" (XIII Бенардосовские чтения) 27-29 мая, 2015 г.: материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет. – 2015.– Т.3. – С.381 – 384.

4. Волкова М.Ю. Информационные технологии в образовательном процессе // Информационная среда вуза. Материалы XXII Международной научно-технической конференции: материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО "Ивановский государственный политехнический университет". Издательский центр ДИВТ ИПК "Пресс Сто". – 2015. – С.41 –43

УДК 621.787

М.Ю. Волкова, Н.С. Березина, С.С. Березина

ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САПР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ, ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ СНЕЖИНКИ КОХА

Аннотация: Статья посвящена актуальным проблемам 2 и 3d моделирования и визуализации объекта в учебном процессе при создании экспериментального фирменного стиля на примере изучения снежинки Коха. Анализируется комплексное влияние различных факторов на формообразование сложносочиненного биообъекта. К ним относятся как вопросы моделирования в разных программах, выбор различных техник воспроизводства, так и выбор использованного материала.

Ключевые слова: конструирование и параметрическое моделирование, двухмерная графика, комбинаторные варианты, конструктивные особенности, законы композиции.

M.Y. Volkova, N.S. Berezina, S.S. Berezina

USING CAD FOR MODELING, DESIGNING AND VISUALIZING OBJECTS USING THE KOCH SNOWFLAKE

Abstract: The article is devoted to the current problems of 2D and 3d modeling and visualization of an object in the educational process when creating an experimental corporate identity using the example of studying a Koch snowflake. The complex influence of various factors on the shaping of a complex biological object is analyzed. These include issues of modeling in different programs, the choice of different reproduction techniques, and the choice of the

Key words: design and parametric modeling, two-dimensional graphics, combinatorial options, design features, laws of composition.

В настоящее время при проектировании и моделировании различных механических систем применяется комплексный подход, связанный с изучением бионических и биологических прототипов, освоением и использованием программных средств компьютерного проектирования, моделирования и печати. В настоящее время предоставляется широкий выбор программ для 2D и 3D моделирования, визуализации объектов применительно к промышленному производству.

Рассматривая различные варианты создания задуманного образа, ставились задачи многофункциональной направленности. Сравнивались комбинаторные варианты. При этом в рамках экспериментальных исследований предполагалась визуализация выполненных объектов на утилитарных предметах. Это позволило в процессе моделирования и проектирования наглядно изучить такие понятия как масштаб, сомасштабность изделия, промышленное производство.

Целью работы стало исследование особенностей применения САПР для создания фирменного стиля.

Для достижения цели были изучены: приемы проектирования в системе AutoCAD и Paint; этапы формирования разномасштабных изображений различными способами; законы композиции.

В рамках исследований и экспериментов сформированы закономерности использования изображений на изделиях с различной функцией, из разных материалов (рис. 1).



Рис. 1. Пример создания снежинок с использованием AutoCAD и Paint

В рамках эксперимента и изучения свойств масштабирования, при размещении снежинок на изделия пробовался разный масштаб их изображений и нанесения на изделия с учетом возрастных групп, мужских, женских и детских размеров одежды. Спереди футболки снежинки были уменьшены в несколько раз, на спине – увеличены.

Выявлено, что Paint имеет большой спектр возможностей, сопоставимый с такими программами как Gimp и Photoshop. Программа имеет простой, удобный и понятный интерфейс не содержит излишеств, усложняющих работу; есть возможность работы сразу с несколькими изображениями, поддержка слоев.

При разработке вариантов изображений изучены различные свойства средств композиции, интерфейс и возможности проектирования в AutoCAD и Paint.

Целью работы стало исследование самоподобных кристаллов на примере снежинки Коха и особенности их формообразования с применением САПР.

Для достижения цели были изучены: приемы проектирования в системе AutoCAD и Paint, процессы формирования снежинок различными способами.

В рамках исследований и экспериментов выявлено, даже простейшие из фракталов – геометрически самоподобные фракталы обладают непривычными свойствами.

Например, снежинка фон Коха обладает периметром бесконечной длины, хотя ограничивает конечную площадь. Кроме того, она такая колючая, что ни в одной точке контура к ней нельзя провести касательную (снежинка фон Коха нигде не дифференцируема, то есть не гладкая ни в какой точке).

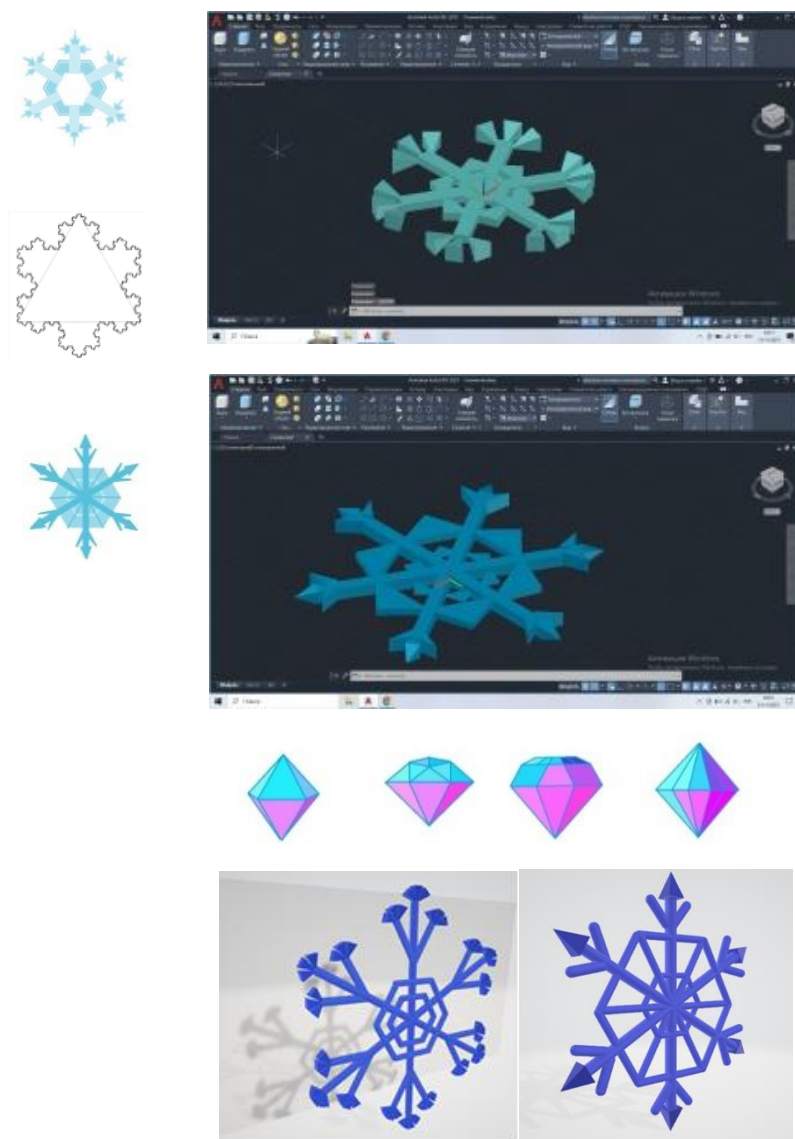


Рис. 2. Пример создания снежинок с использованием AutoCAD 2 D и 3D

При разработке вариантов снежинок изучены различные свойства фракталов, система формирования кристаллических структур, интерфейс и возможности проектирования в AutoCAD.

Таким образом, для реализации поставленных задач моделирования и проектирования, при разработке вариантов снежинок изучены различные свойства фракталов, система формирования кристаллических структур, интерфейс и возможности проектирования в AutoCAD (рис. 2).

При разработке вариантов изображений изучены различные свойства средств композиции, интерфейс и возможности проектирования в AutoCAD и Paint.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю. Исследование законов формообразования геометрических тел: монография/ ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2019 –100 с.
2. Волкова М.Ю. Инструменты вычислительного и аналитического моделирования для проектирования объектов // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 391-393.
3. Волкова М.Ю., Павлюкова Н.Л. Использование электронных средств компьютерной графики в учебном процессе // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 14 апреля 2022 г. Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2022. С. 318
4. Волкова М.Ю., Использование программы блендер для моделирования и визуализации сложного бионического объекта / М.Ю. Волкова // Надежность и долговечность машин и механизмов. 2023: сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 г. – Иваново: ФГБОУ ВО "Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России".– 2023. – С. 192-193
5. Малафеева И.А., Волкова М.Ю. Исследование сложного бионического формообразования в программе Blender // В книге: Математическое моделирование и информационные технологии Восемнадцатая всероссийская (девятая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия -2023: Материалы конференции. 2023. С.(ТЕЗИСЫ).

УДК 621.787

М.Ю. Волкова, А.Д. Николаев

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ В КОНСТРУИРОВАНИИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Аннотация: Статья посвящена актуальным проблемам исследования систем отображения информации при конструировании машин и механизмов. Целью исследования стали проблемы, связанные с когнитивными способностями восприятия систем отображения информации потребителем в конструировании машин и механизмов. Только представив информацию наиболее удобным способом, её можно передавать, хранить, обрабатывать.

Ключевые слова: Восприятие формы, зрительная информация, проектирование, методический подход, эргономика.

M. Volkova, A.D. Nikolaev

CURRENT PROBLEMS OF RESEARCH OF INFORMATION DISPLAY SYSTEMS IN THE DESIGN OF MACHINES AND MECHANISMS

Abstract: The article is devoted to the current problems of research of information display systems in the design of machines and mechanisms. The aim of the study was the problems associated with the cognitive abilities of perception of information display systems by the consumer in the design of machines and mechanisms. Only by presenting information in the most convenient way, it can be transmitted, stored, processed.

Key words: Perception of form, visual information, design, methodical approach, anthropometry.

В настоящее время при актуализации проблем расчета и конструирования машин и механизмов, немаловажное значение приобретает целенаправленное исследование систем отображения объектов восприятия. Это зачастую связано не только с развитием компьютерного моделирования объектов, то есть собирания фактических данных о создаваемой форме, ее осмысления, применения в практике выполнения, технологии обработки материала и получении готового изделия. Но и с необходимостью реализации, продажи готового изделия.

Целью исследования стал анализ представления и адаптации информации в различных формах для удобного восприятия пользователями, с учетом эргономических принципов. Разработка методики получения и эффективного использования информации:

- изучение понятия, основных свойств и форм представления информации;
- описание и систематизация существующих видов информации;
- изучение основных понятий эргономики и эргономических систем (эргономичность информации);
- изучение и анализ понятия «кодирование информации»;
- анализ методик восприятия различной информации.
- проведение опроса среди всех возрастных групп на предмет восприятия рекламы.

Как известно представление сведений в той или иной стандартной форме называется кодированием информации. При кодировании происходит преобразование информации из одной формы в другую с сохранением прежнего смысла. Только представив информацию наиболее удобным способом, её можно передавать, хранить, обрабатывать. У человека есть пять органов чувств (глаза, уши, нос, язык, кожа), которые позволяют ему получать информацию. Человеческие чувства восприятия информации называются: зрение, слух, обоняние, вкус, осязание.

Восприятие информации — это преобразование данных из внешнего мира в пригодную форму для использования, обеспечивающее взаимодействие системы с окружающей средой (таблица).

Грамотное создание сайта с учетом алгоритмов восприятия информации, основанных на знании психологии, эргономики, закономерностях действий и мышления потребителей.

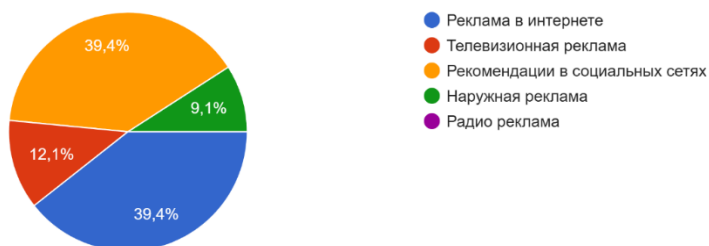
В задачу исследований входило проанализировать, как информация в различных формах может быть представлена и адаптирована для удобного восприятия пользователями, с учетом эргономических принципов. Разработать методики получения и эффективного использования информации.

Таблица. Факторы влияющие на передачу информации

Методы обработки данных	Этапы восприятия	Виды информации	Типы восприятия	Когнитивные стили	Свойства восприятия
1. Естественные: органы чувств, мышление. 2. Аппаратные: устройства для анализа данных. 3. Программные: алгоритмы, ИИ.	1. Первичное восприятие (поиск, локализация). 2. Анализ (корреляция, регрессия). 3. Распознавание (диагностика, классификация). 4. Прогнозирование (оценка будущего).	1. Текстовая (символы). 2. Числовая (данные). 3. Звуковая (музыка, речь). 4. Графическая (графики, схемы).	1. Визуалы: изображения, графики. 2. Аудиалы: звуки, разговоры. 3. Кинестетики: тактильные ощущения. 4. Дигиталы: логика и мышление.	1. Полезависимость/независимость: влияние факторов. 2. Широта категорий: обобщение/детализация. 3. Гибкость/ригидность: адаптация к подаче. 4. Рефлексивность/импульсивность: анализ/реакция.	1. Предметность – связь данных с объектами. 2. Целостность – объединение деталей. 3. Константность — сохранение характеристик. 4. Осмысленность – соотношение с категориями. 5. Избирательность — фокус на важном.

Какая реклама больше всего влияет на ваше решение о покупке?

33 ответа



Какую роль играет дизайн рекламы в восприятии информации?

33 ответа

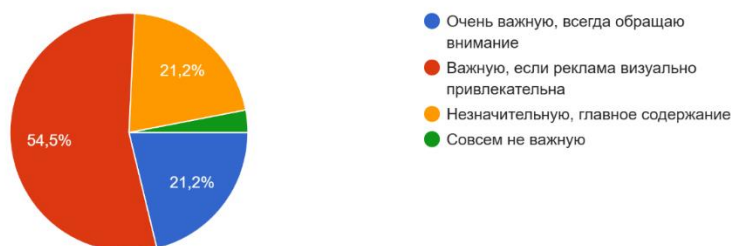


Рисунок. Примеры результатов дифференцированного опроса

Информация должна обладать определенными свойствами: достоверность, объективность, полнота, актуальность, понятность, доступность, релевантность, эргономичность.

В рамках исследования были составлены вопросы тестирования и проведен офлайн и онлайн опрос пользователей (рисунок).

В результате исследований выявлено, что анализ факторов, влияющих на процессы конструирования машин и механизмов, должен иметь системный характер, отражающий современные тенденции производства и потребления. Респонденты часто выбирают видео и изображения как эффективные формы запоминания, что связано с их способностью быстрее воспринимать визуальный контент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю. Использование информационных систем для повышения образовательного процесса // Материалы международной научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии" (XIII Бенардосовские чтения) 27-29 мая, 2015 г.: материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет. – 2015.– Т.3. – С.381 – 384.

2. Волкова М.Ю. Информационные технологии в образовательном процессе // Информационная среда вуза. Материалы XXII Международной научно-технической конференции: материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО "Ивановский государственный политехнический университет". Издательский центр ДИВТ ИПК "Пресс Сто". – 2015. – С.41 –43.

3. Использование комплексного ресурсного обеспечения при обучении моделированию в учебном процессе / М.Ю. Волкова // Юбилейная Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства - основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №15), посвященная 70-летию университета // 16-17 июня 2023 года на базе Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова.: Секция 2. Образование XXI века, Караганда, июнь 2023 г. С.

УДК 621.787

М.Ю. Волкова, С.А. Смирнова

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина»,

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ ВЛИЯНИЯ ОСВЕЩЕННОСТИ ПРИ РАСЧЕТАХ И В КОНСТРУИРОВАНИИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Аннотация: Статья посвящена актуальным проблемам влияния освещенности при конструировании машин и механизмов. Целью исследования стали проблемы, связанные с целенаправленным исследованием вопросов охраны труда. Эффективность труда и работоспособность человека зависит от множества факторов, одним из важнейшей составляющей которых является освещенность. Правильный выбор освещения не только способствует улучшению качества выполняемых задач, но и положительно сказывается на здоровье и эмоциональном состоянии работника.

Ключевые слова: Охрана труда, освещенность, проектирование, работоспособность, эргономика, психофизиологические факторы.

M. Volkova, S.A. Smirnova

STUDY OF THE PROBLEMS OF INFLUENCE OF ILLUMINATION IN CALCULATIONS AND IN THE DESIGN OF MACHINES AND MECHANISMS

Abstract: The article is devoted to the actual problems of the influence of illumination in the construction of machines and mechanisms. The purpose of the study was the problems related to the targeted study of labor protection issues. Labor efficiency and human efficiency depend on many factors, one of the most important components of which is illumination. The right choice of lighting not only helps to improve the quality of tasks performed, but also has a positive effect on the health and emotional state of the employee.

Key words: Labor protection, illumination, design, efficiency, ergonomics, psychophysiological factors.

В настоящее время при актуализации проблем расчета и конструирования машин и механизмов, немаловажное значение приобретает целенаправленное исследование вопросов охраны труда.

Освещение рабочих мест – один из важнейших факторов безопасности и комфорта труда. Его качество влияет на здоровье и работоспособность человека, а также на результативность труда.

Эффективность труда и работоспособность человека зависит от множества факторов, одним из важнейшей составляющей которых является освещенность. Правильное использование света не только способствует улучшению качества выполняемых задач, но и положительно сказывается на здоровье и эмоциональном состоянии работника, а тусклый, слабый свет на рабочем месте портит не только зрение, но и психику работника, что приводит к быстрому переутомлению и раннему профессиональному выгоранию. Чтобы защититься от таких негативных последствий, достаточно продумать освещение рабочего пространства.

В задачи исследования входило исследование и анализ определенных факторов:

1. Рассмотреть и проанализировать психофизиологические факторы восприятия освещенности на рабочем месте;
2. Отследить освещение как объект комплексного эргономического анализа;
3. Проанализировать влияние типов освещения на работоспособность;
4. Узнать оптимальные условия освещения для различных помещений и разных стран и сравнить результаты и дать рекомендации.

Более 80 % информации об окружающей среде человек получает визуально. Освещение не только необходимо для выполнения процессов жизнедеятельности, но оно также имеет значительное влияние на психическое состояние и физическое здоровье вообще.

В рамках исследования выявлено, что для большинства населения, зимой и осенью световой день может быть короче рабочего, и люди начинают трудиться еще до рассвета, а заканчивают уже после заката. Искусственное освещение при таком режиме частично заменяет солнце, подавляя выработку мелатонина и снижая сонливость. Но в таком случае организм не производит гормоны бодрости, из-за чего получает вялое и безэмоциональное состояние, а подъема работоспособности не чувствует. Для организма человека имеет значение не только интенсивность света, но и цвет освещения, так что для защиты здоровья сотрудников нужно выбирать светильники по температуре (она измеряется в Кельвинах). Чем теплее свет, тем больше он способствует расслаблению. Для рабочего места лучше подойдет нейтральный белый с

температурой около 4000–5000K, имитирующий полуденное солнце. Более холодный цвет будет вызывать психическое перенапряжение.

Искусственный синий свет вроде того, что исходит от приборов, задействующих светодиоды, занимает участок спектра с длиной волны между 380–500 нм. Наиболее вреден свет с длиной волны 415–455 нм так называемое HEV-излучение (высоочастотный высокоэнергетический свет видимого спектра). В этом промежутке работают ноутбуки, планшеты и мобильные телефоны; именно от такого света защищают солнцезащитные очки и маски для сварки.

При выборе источников искусственного освещения необходимо учитывать пульсацию освещенности – мерцание лампы. В норме мерцание не должно быть заметно человеческому глазу, его постоянное воздействие может привести к нервному напряжению. Пульсацию освещения человек как правило, не видит, но ее превышение приводит к нарушению нервной системы – слабая концентрация внимания, чувство усталости, упадок настроения, нарушение сна. При работе с движущимися механизмами на производстве пульсация освещения может вызвать стробоскопический эффект – обман зрения, при котором кажется, что движущаяся часть станка неподвижна, а это травмоопасно.

Пульсация освещения может превышать как при использовании люминесцентных ламп, так и светодиодных ламп. В СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» указывается, что коэффициент пульсаций освещения при работе на ПЭВМ не должен превышать 5 %. Исправить такую ситуацию могут только правильно подобранные светильники, улучшающие работоспособность.

Свет оказывает на организм человека тонизирующий эффект, улучшает теплообмен, влияет на иммуобиологические процессы.

В ходе исследования, связанного с влиянием освещенности на работоспособность» были проведены опросы людей разных профессий и возрастов от 18 до 60+ (43 участника) и очное тестирование, средний возраст 18-19 лет (29 человек) (рисунок).



Рисунок. Примеры результатов дифференцированного опроса

В онлайн-опросе выявлено, что дома при достаточном смешанном освещении большинство участников отметили легкую усталость, что указывает на естественный выбор комфортного света. В офисе все респонденты отметили отсутствие усталости благодаря соблюдению норм освещения. На учебе 50 % испытывали легкую усталость, 36 % не замечали усталости, а 14 % отметили сильную усталость, связанную с недостаточным освещением. Освещение на месте учебы важно адаптировать под индивидуальные потребности, так как при напряжении сложно сосредоточиться.

46,5 % участников отметили значительное влияние освещения на концентрацию, 30,2 % – умеренное влияние, и 23,3 % указали, что освещение не имеет значения. На продуктивность освещение сильно влияет у 48,8 % респондентов, умеренно – у 34,9 %, а 16,3 % отметили отсутствие влияния. Уровень предпочтительного освещения варьируется: 32,6 % выбирают яркий свет, 30,2 % – мягкий, 14 % – естественный, а 23,3 % заявляют, что справляются при любом освещении. Настроение 42 % людей умеренно зависит от освещения, 23 % испытывают раздражение при его чрезмерной яркости или тусклости, 21 % не замечают изменений настроения. Нейтральный белый свет предпочитают 51,2 % участников, холодный – 25,6 %, теплый – 23,3 %.

В очном тестировании отмечалось хорошее самочувствие при естественном освещении. При искусственном и смешанном освещении 50 % испытывали легкую усталость. Дома результаты варьировались от полного комфорта до сильной усталости, что зависит от индивидуальных предпочтений и условий. В спортзалах достаточное искусственное освещение способствовало бодрости, а в проектной деятельности (работа в конструкторских бюро) участники жаловались на плохое самочувствие, что, вероятно, связано с высокой зрительной нагрузкой. Освещение значительно влияло на концентрацию у 41 % респондентов, умеренно – у 52 %. Сильное влияние на продуктивность отметили 62 %, слабое – 38 %. Мягкое освещение предпочли 37,9 % участников, яркое – 27,6 %, естественное – 13,8 %. Холодный свет выбрали 41,4 % респондентов, нейтральный – 31 %, теплый – 27,6 %. Умеренное влияние освещения на настроение отметили 48,3 %, раздражение – 20,7 %.

Таким образом, оба этапа исследования подтвердили, что освещение влияет на концентрацию, продуктивность и настроение. Эффективность повышают мягкое и нейтральное освещение, холодный свет способствует сосредоточенности, теплый – уюту. Экстремальная яркость или тусклость вызывает усталость и раздражение. Правильная организация освещения улучшает самочувствие и повышает продуктивность.

Важная рекомендация — стараться по возможности использовать естественный солнечный свет. Выбирать помещения с удачным расположением окон, не занавешивайте их тяжелыми шторами или жалюзи. Естественное освещение оказывает наилучшее влияние на здоровье и самочувствие человека, что немаловажно при проектировании сложных машин и механизмов.

Итак, проанализировав всю информацию, можно сделать выводы по основополагающим факторам освещения:

- источники света — естественные и искусственные — должны обеспечить равномерную освещенность, без чрезмерно засвеченных или затенённых участков;
- расположение рабочего места по отношению к оконным проёмам должно исключать образование световых бликов и отражений в дневное время (то же касается света от электрических ламп в тёмное время суток);

- использование нескольких осветительных приборов с согласованными параметрами яркости и цветовой температуры;
- отсутствие эффекта мерцания источников света;
- использование светильников с максимальным индексом цветопередачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю. Использование информационных систем для повышения образовательного процесса // Материалы международной научно-технической конференции "Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии" (XIII Бенардосовские чтения) 27-29 мая, 2015 г.: материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановский государственный энергетический университет. – 2015.– Т.3. – С.381 – 384.
2. Волкова М.Ю. Информационные технологии в образовательном процессе // Информационная среда вуза. Материалы XXII Международной научно-технической конференции: материалы конференции. – Иваново: ФГБОУ ВО "Ивановский государственный политехнический университет". Издательский центр ДИВТ ИПК "Пресс Сто". – 2015. – С.41 –43.
3. Использование комплексного ресурсного обеспечения при обучении моделированию в учебном процессе / М.Ю. Волкова // Юбилейная Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства - основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №15), посвященная 70-летию университета // 16-17 июня 2023 года на базе Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова.: Секция 2. Образование XXI века, Караганда, июнь 2023 г. С.
2. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение/Минстрой России - М.: ГП «Информрекламиздат», 1995. -35с.
3. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы

УДК 621.313.12+621.3.019.3

М.Ю. Воронова, Г.В. Чекан

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

СРАВНЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ГЕНЕРАТОРОВ ТВФ-60-2 И ТЗВ-63-2УЗ В РАЙОНАХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Аннотация: Приведено сравнение надёжности генераторов ТВФ-60-2 и ТЗВ-63-2УЗ с водяным и водородным охлаждением соответственно. Обозначены особенности каждой из систем охлаждения, что может повлиять на уровень безотказности генератора, который будет работать в районах Крайнего Севера вместе с реакторной установкой РИТМ-200-Н.

Ключевые слова: генератор, система охлаждения, вода, водород, надёжность.

M.Y. Voronova, G.V. Chekan

COMPARISON OF RELIABILITY OF TVF-60-2 AND TZV-63-2UZ GENERATORS IN THE AREAS OF THE FAR NORTH

Abstracts: The reliability comparison of TVF-60-2 and TZV-63-2UZ generators with water and hydrogen cooling, respectively, is given. The features of each cooling system that can affect the reliability level of the generator, which will operate in the regions of the far north together with the RITM-200-N reactor plant, are indicated.

Keywords: generator, cooling system, water, hydrogen, reliability.

Турбогенератор – агрегат для преобразования механической энергии движущегося рабочего тела турбины в электричество. Состоит из вращающегося ротора, установленного на двух подшипниках скольжения, и неподвижного статора. За передачу электрического тока в генераторе отвечают медно-графитовые щётки и медная обмотка статора, которые сильно нагреваются. Это тепло необходимо отводить для предотвращения перегрева, который может привести к плавлению деталей, остановке турбогенератора и всей станции в целом, а также к отключению производителя электроэнергии от сети, которому в следствие аварии придётся понести убытки в связи с ремонтом. Для данных целей существует система охлаждения генератора. Существуют 6 видов охлаждающих систем: КВЗ – косвенное воздухом; НВЗ – непосредственное воздухом; КВР – косвенное водородом; НВР – непосредственное водородом; НВ – непосредственное водой; НМ – непосредственное маслом. В данной работе рассматриваются генераторы типа ТВФ-60-2 и ТЗВ-63-2УЗ с водородным и водяным охлаждением соответственно. [1]

Турбогенераторы серии ТВ предназначены для сопряжения с паровыми и газовыми турбинами. Исполнение турбогенератора ТВФ - герметичное, закрытое. Вентиляторы, установленные на валу ротора, осуществляют циркуляцию газа. Турбогенераторы имеют непосредственное форсированное охлаждение обмотки ротора водородом и косвенное водородное охлаждение обмотки статора. Газоохладители встроены в корпус статора. Уплотнение вала турбогенератора ТВФ - кольцевого типа. Система возбуждения - статическая тиристорная по схеме самовозбуждения. Корпус статора - цилиндрический, сварен из листовой стали, газонепроницаемый, неразъемный. Внутри корпуса установлены кольцевые перегородки жесткости, одновременно служащие для крепления сердечника и рационального распределения водорода по всей длине корпуса статора. Механическая прочность корпуса достаточная, чтобы статор выдерживал без остаточных деформаций внутреннее давление в случае взрыва водорода. Ротор изготовлен из цельной поковки. Вентиляция турбогенератора осуществляется по замкнутому циклу. Циркуляция водорода обеспечивается двумя вентиляторами, установленными на валу ротора. Водород охлаждается газоохладителями, горизонтально встроенными в корпус статора. Тепловой контроль всех основных узлов турбогенератора производится установленными в них термометрами сопротивления, подключенными к контролирующим приборам. Турбогенераторы с косвенным водородным охлаждением имеют аналогичную схему вентиляции, как и при воздушном охлаждении с отличием в том, что объём охлаждающего водорода ограничивается корпусом генератора, в связи с чем охладители встраиваются непосредственно в корпус. [2]

Водород, как охлаждающий газ, по сравнению с воздухом имеет ряд существенных преимуществ. Он имеет больший коэффициент теплопередачи и более высокую теплопроводность. Последний факт ведёт к малому тепловому сопротивлению прослоек водорода в изоляции и зазорах пазов. Плотность водорода гораздо меньше, а значит ниже и вентиляционные потери, в результате чего КПД генератора становится

выше. Также в среде водорода отсутствует окисление и не поддерживается горение, что способствует долговечности оборудования и отсутствие системы пожаротушения. Поэтому водородное охлаждение гораздо эффективнее воздушного.

Но водородное охлаждение имеет свои недостатки. Водород в смеси с воздухом от 4 до 74 % (а в присутствии паров масла - от 3 до 82 %), образует гремучий газ, поэтому у машин с водородным охлаждением должна быть обеспечена высокая герметичность, чтобы не попадал воздух. Также чем выше избыточное давление водорода, тем эффективнее охлаждение генератора, но при избыточном давлении более 0,4–0,6 МПа прирост мощности генератора не оправдывает затрат на обеспечение безопасной и эффективной работы генератора, поэтому давление водорода в современных генераторах более 0,6 МПа не применяется.

Источником водорода на современных станциях являются электролизные установки, в которых водород получают путем электролиза воды. В отдельных случаях водород доставляется в баллонах с электролизных заводов. К тому же, генераторы с косвенным водородным охлаждением при необходимости могут работать с воздушным охлаждением, но с потерей мощности генератора из-за снижения его КПД.

При заполнении корпуса генератора водородом воздух сначала вытесняется углекислым газом во избежание образования гремучей смеси. Углекислота под давлением из баллона "б" подается в нижний коллектор, при этом более легкий воздух вытесняется через верхний коллектор и открываемый на это время вентиль "Выпуск газа". В результате смешивания газов при вытеснении расход углекислоты составляет два-три объема корпуса генератора. После того как весь объем будет заполнен углекислотой с концентрацией около 90 %, в верхний коллектор подают под давлением водород, который вытесняет углекислоту через нижний коллектор и открываемый вентиль "Выпуск углекислоты". Как только чистота водорода в корпусе достигнет необходимого уровня, вентиль "Выпуск углекислоты" закрывают и доводят давление водорода в корпусе до нормального. Вытеснение водорода производят углекислотой, которая затем вытесняется сжатым воздухом.

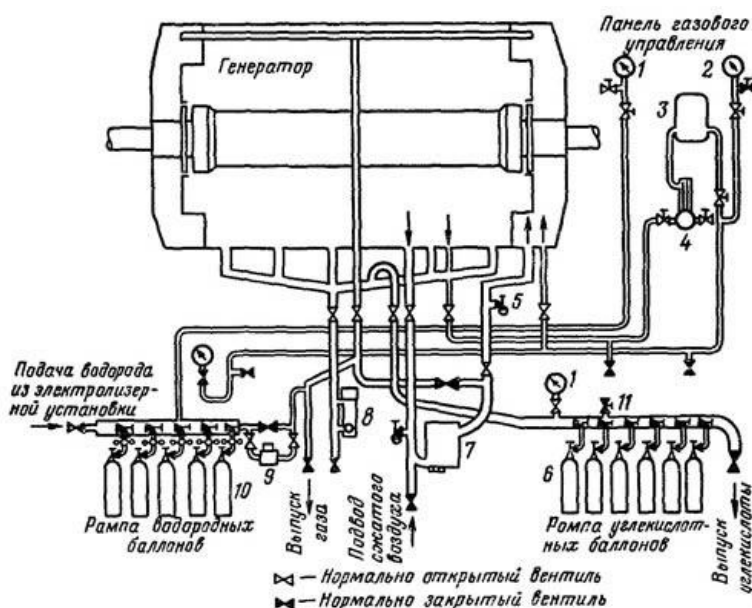


Рис. 1. Схема водородной системы охлаждения

ТЗВ — турбогенераторы с непосредственным охлаждением обмоток ротора и статора водой, с косвенным водяным охлаждением активной стали сердечника статора и заполнением внутреннего пространства генератора воздухом при давлении, близком к атмосферному. Конструкция турбогенераторов с полным водяным охлаждением является взрыво- и пожаробезопасной и не требует оснащения средствами пожаротушения. Турбогенераторы типа ТЗВ обладают наивысшей надежностью, маневренностью и перегрузочной способностью вследствие низких уровней нагрева и вибрации, отсутствия масляных уплотнений вала, вентиляторов и встроенных в статор газоохладителей. При выполнении непосредственного жидкостного охлаждения генераторов в качестве охлаждающей жидкости применяют дистиллированную воду или масло, которые обладают более высокой теплоотводящей способностью по сравнению с водородом и, следовательно, позволяют еще больше увеличить единичные мощности генераторов при сохранении их размеров. [3]

Дистиллированная вода по сравнению с маслом имеет значительно больше достоинств: более высокие теплоотводящие свойства и пожаробезопасность. Поэтому в большинстве случаев мощные генераторы выполнялись с водяным охлаждением.

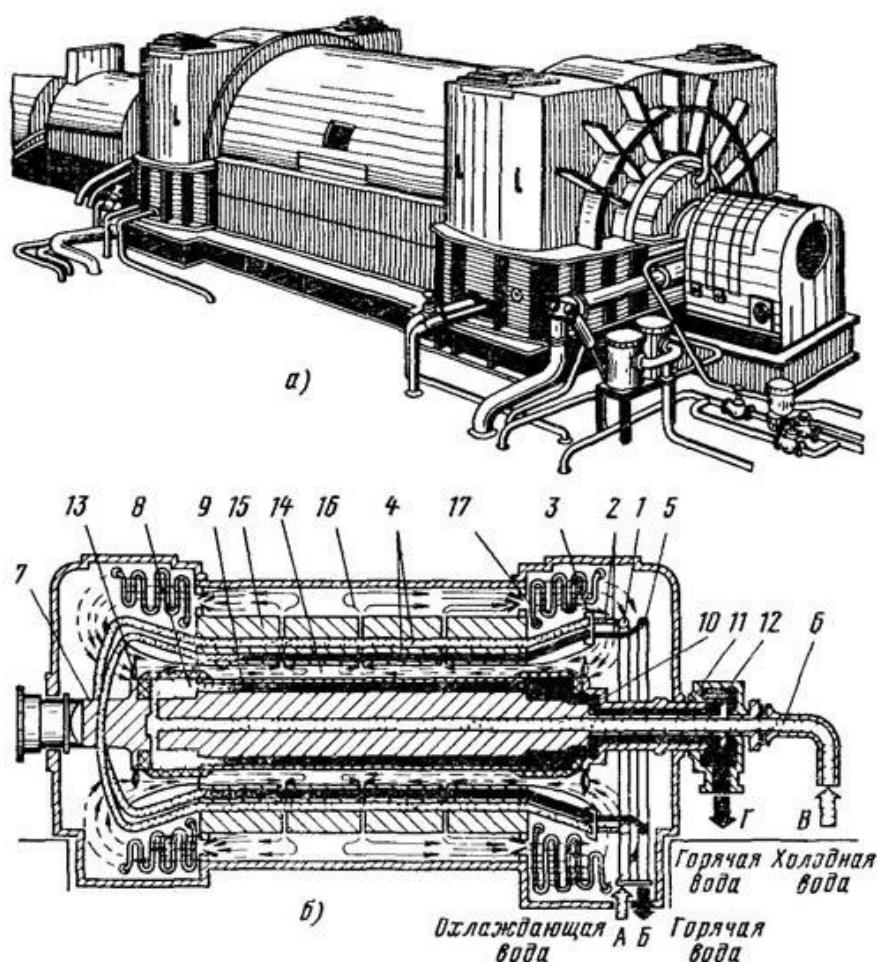


Рис. 2. Схема водяной системы охлаждения

Холодная дистиллированная вода поступает по патрубку "А" в напорный кольцевой коллектор "1" и из него с помощью изолирующих шлангов "2" подводится к головкам "3" и стержням "4" обмотки статора генератора. По трубчатым проводникам циркулирует дистиллированная вода, которая, нагреваясь, поступает в сливной кольцевой коллектор "5", откуда по патрубку "Б" выходит во внешнюю систему.

Для охлаждения обмотки ротора холодная вода по патрубку "В" подводится через скользящее уплотняющее соединение в торце вала ротора "6" и через центральное отверстие поступает внутрь ротора "7". Затем через отверстие "8" вода поступает в каналы "9" проводников обмотки, уложенных в пазы ротора, и, нагреваясь, поступает в сливные каналы "10" и "11", откуда через радиальные отверстия вала ротора "12" выводится во внешнюю систему через патрубок "Г".

Во внешней системе нагретая дистиллированная вода проходит через трубки теплообменника, и охлажденная при помощи насосов вновь подается к обмоткам статора и ротора.

В сериях генераторов ТГВ для охлаждения также использовался водород для охлаждения магнитопровода. Наличие водорода в системе охлаждения не избавляет генератор от взрывоопасности, поэтому дальнейшее совершенствование систем охлаждения турбогенераторов привело к системе, которую условно называют «три воды». В этой системе обмотки статора, ротора, магнитопровод и конструктивные части охлаждаются водой.

Серия турбогенераторов ТЗВ с полным водяным охлаждением взрыво- и пожаробезопасна, так как не содержит масла и водорода. Внутренний объем генератора заполнен под небольшим избыточным давлением воздухом, циркулирующим через осушительную установку. Для охлаждения и смазки подшипника может применяться негорючее масло ОМТИ. Основной особенностью этой серии является «самонапорная» система охлаждения ротора, которая позволяет существенно снизить давление циркулирующей в роторе воды. Это исключает разгерметизацию ротора, а, следовательно, повышает надежность работы. [4]

Для генераторов, рассмотренных в данной работе, единственным существенным отличием является система охлаждения, при этом практически одинаковы схемы соединения генераторов с энергосистемой, номинальное напряжение на выводах генератора и его мощность. Оценка показателей надежности электрической части системы может быть осуществлена с использованием методов и данных. [5]

Отсюда следует, что при аналогичной электрической составляющей, надежность генератора зависит, в основном, от его системы охлаждения.

Исходя из всех преимуществ и недостатков водородной и водяной систем охлаждения, в районах Крайнего Севера, где нет возможности оперативно восстановить оборудование станции, необходимо выбрать водяную систему охлаждения генератора, то есть генератор типа ТЗВ-63-2УЗ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы охлаждения генераторов // Хелпикс - интернет помощник URL: <https://helpiks.org/5-76878.html> (дата обращения 03.03.2025)
2. Турбогенераторы с водородным охлаждением серии ТВФ // Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) Москвы URL: <https://mosenergoinform.ru/turbo/tvf.htm> (дата обращения 04.03.2025)

3. Турбогенераторы с полным водяным охлаждением ТЗВ и ТЗВА // Топливо-энергетический комплекс (ТЭК) Москвы URL: <https://mosenergoinform.ru/turbo/tzv.htm?ysclid=m7z948mv31228583468> ((дата обращения 04.03.2025)

4. Системы охлаждения генераторов // Gigavat.com URL: https://gigavat.com/generator_sistemi_ohlaghdeniya.php?ysclid=m7z8b1hruh807104165 (дата обращения 05.03.2025)

5. Назарычев А.Н. Надёжность и оценка технического состояния оборудования систем электроснабжения: учебное пособие / А.Н. Назарычев, Д.С. Крупенёв. - Новосибирск: Наука, 2020. – 224 с.

УДК 629.11

С.А. Гарелина, К.П. Латышенко, Р.Н. Любкин

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА БАЗОВОГО ШАССИ ДЛЯ ПОДВИЖНОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ, ИСПОЛЬЗУЕМОЙ В МЧС РОССИИ

Аннотация: статья посвящена обоснованию выбора лучшего варианта базового шасси из доступных на рынке для подвижной метрологической лаборатории, используемой в МЧС России, на основе разработанной методики, суть которой состоит в оценке целевого показателя эффективности закупки и выборе образца с его максимальным значением, за счет комплексного использования разностного метода, метода анализа иерархий и требований бюджетного кодекса РФ для государственных заказчиков.

Ключевые слова: поверка, подразделение МЧС России, средства измерений, подвижная метрологическая лаборатория, методика выбора, автомобиль, базовое шасси, конкурентоспособность.

S.A. Garelina, K.P. Latyshenko, R.N. Lyubkin

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE BASE CHASSIS FOR MOBILE METROLOGICAL LABORATORY, USED IN EMERCOM OF RUSSIA

Abstract: the article is devoted to substantiating the choice of the best variant of the base chassis available on the market for a mobile metrological laboratory, used in EMERCOM of Russia, based on the developed methodology, the essence of which is to evaluate the target purchase efficiency indicator and select a sample with its maximum value, through the integrated use of the difference method, hierarchy analysis method and requirements of the budget Code of the Russian Federation for government customers.

Keywords: verification, EMERCOM of Russia department, measuring instruments, mobile metrological laboratory, selection methodology, car, basic chassis, competitiveness.

В работе [1] обоснована потребность в разработке нового образца подвижной метрологической лаборатории, предназначенной для выполнения поверки средств измерений военного и специального назначения непосредственно в подразделениях МЧС России. В работе [2] разработана методика выбора базового шасси, являющегося основой всей конструкции.

Работа посвящена обоснованию выбора базового шасси из имеющихся на рынке на основе разработанной методики.

Критерии отбора конкурентоспособных образцов базового шасси основывались на двух ключевых факторах: во-первых, их тактико-технические характеристики не должны уступать характеристикам базового образца, во-вторых, важна была высокая их распространенность на территории Российской Федерации и наличие развитой сети сервисного обслуживания, обеспечивающей оперативность и бесперебойность работы подвижной метрологической лаборатории. Это гарантировало бы минимизацию простоев и максимальную эффективность использования дорогостоящего оборудования.

Оценка рынка показала, что наиболее подходящими образцами являются следующие автомобили: спецавтомобиль ГАЗон-NEXT; Газель «Некст» модель С45R02; FIAT DUCATO L2/L3H2; Renault Master L3H2 (рисунок) [3 – 6].



Рисунок. Конкурентоспособные автомобили, подходящие в качестве базового шасси для подвижной метрологической лаборатории:
а – ГАЗон-NEXT в монокузове; *б* – Газель «Некст» С45R02;
в – FIAT DUCATO L2/L3H2; *г* – Renault Master L3H2

Были сформулированы девять групп показателей качества, которые охватывали широкий спектр характеристик, начиная от геометрических параметров (размерные показатели) и весовых характеристик, определяющих грузоподъемность и маневренность, и заканчивая более сложными аспектами, такими как динамические характеристики и управляемость, экономические показатели (расход топлива, стоимость обслуживания), надежность работы всех систем, уровень безопасности, эргономичность кабины для персонала, экологичность выхлопных газов и, наконец, ключевой показа-

тель – производительность лаборатории при проведении поверочных работ. Каждая из этих групп показателей была тщательно проанализирована для каждого из рассматриваемых образцов.

В табл. 1 приведены результаты расчёта показателей качества конкурентоспособных автомобилей по сравнению с базовым образцом Ford Transit.

Таблица 1. Результаты расчёта показателей качества конкурентоспособных автомобилей по сравнению с базовым

Группы	Показатели	ГАЗон-NEXT	Газель «Некст» C45R02	FIAT DUCATO L2/L3H2	Renault Master L3H2	Ford Transit 2,2 л
Размерные $i = 1$	Полезный объём фургона, м ³	До 20	15,5	13	12,5	До 15
	П ₁ – П _{1баз}	5	0,5	2	-	
	Количество мест в кабине	6	3	3	3	3
	П ₂ – П _{2баз}	3	0	0	0	
	Высота фургона, мм	1900	2400	2500 – 2700	2500	1972
	П ₃ – П _{3баз}	-	428	728	528	
	Ширина фургона, мм	2050	2000	2100	2070	1974
	П ₄ – П _{4баз}	78	26	126	96	
Δ_1	$w_1 = 0,199$	0,873016	0,223565	0,6	0,495726	
Силовые и весовые $i = 2$	Грузоподъёмность, кг	4700 – 5000	1790	1525	1455	1129
	П ₁ – П _{1баз}	3871	661	396	326	
	Снаряжённая масса, кг	8700	2805	2800 – 3500	2800 – 3500	2500 – 3000
	П ₂ – П _{2баз}	6200	305	300	300	
	Тип двигателя	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель
	П ₃ – П _{3баз}	0	0	0	0	
	Мощность двигателя, л.с.	169	149	140	125	125
	П ₄ – П _{4баз}	44	24	15	0	
	Трансмиссия	Механ. 6-ступ.	Механ. 5-ступ.	Механ. 6-ступ.	Механ. 6-ступ.	Механ. 6-ступ.
	П ₅ – П _{5баз}	0	-	0	0	
	Передаточное число на первой передаче	6,555	3,786	3,727	4,182	3,8
	П ₆ – П _{6баз}	2,755	-	-	0,382	
	Клиренс, мм	253	170	155	172	156

Группы	Показатели	ГАЗон- NEXT	Газель «Некст» C45R02	FIAT DUCATO L2/L3H2	Renault Master L3H2	Ford Transit 2,2 л
	$\Pi_7 - \Pi_{7\text{баз}}$	97	14	0	16	
Δ_2	$w_2 = 0,073$	0,8	0,191351	0,122899	0,054252	
Динамические и управляемости $i = 3$	Тормозной путь при 80 км/ч, м	30-50	10-15	30-40	30-40	35-40
	$\Pi_{1\text{баз}} - \Pi_1$	10	-	0	0	
	Рулевое управление	гидроусили- тель	гидроусили- тель	гидроуси- литель	гидроусили- тель	гидроусили- тель
	$\Pi_2 - \Pi_{2\text{баз}}$	0	0	0	0	
Δ_3	$w_3 = 0,021$	1	0	0	0	
Экономические $i = 4$	Цена КАСКО	До 200000	До 200000	До 200000	До 200000	До 200000
	$\Pi_1 - \Pi_{1\text{баз}}$	0	0	0	0	
	Цена за ТО за 30 тыс. км, руб.	41250	До 20000	До 30000	26920	До 25000
	$\Pi_{2\text{баз}} - \Pi_2$	-	5000	-	-	
	Транспортный налог, руб.	7650	5215	4900	3125	3125
	$\Pi_{3\text{баз}} - \Pi_3$	-	-	-	0	
	Расход топлива, л.	в городе	13 – 15	12 – 14	8 – 12	9 – 12
		$\Pi_{4\text{баз}} - \Pi_4$	-	-	1	0
		за горо- дом	10 – 12	10 – 12	6 – 9	7 – 10
		$\Pi_{5\text{баз}} - \Pi_5$	-	-	1	0
	Объём топливного бака, л	80	80	75	100	80
	$\Pi_6 - \Pi_{6\text{баз}}$	0	0	-	20	
Δ_4	$w_4 = 0,027$	0	0,5	1	0,33333	
Надёжность $i = 5$	Гарантия, год	1 – 3	3	2	2	3
	$\Pi_1 - \Pi_{1\text{баз}}$	0	0	-	-	
	Гарантия, тыс. км	100000	100000	Без огра- ничения	Без огра- ничения	100000
	$\Pi_2 - \Pi_{2\text{баз}}$	0	0	1	1	
Δ_5	$w_5 = 0,033$	0	0	1	1	
Безопасность $i = 6$	Число подушек безопасности	1 – 2	1 – 2	2 и более	2 и более	2 – 4
	$\Pi_1 - \Pi_{1\text{баз}}$	-	-	0	0	
	АБС	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
	$\Pi_2 - \Pi_{2\text{баз}}$	0	0	0	0	
	Система стабилиза- ции	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть

Группы	Показатели	ГАЗон- NEXT	Газель «Некст» C45R02	FIAT DUCATO L2/L3H2	Renault Master L3H2	Ford Transit 2,2 л
	$P_3 - P_{3\text{баз}}$	0	0	0	0	
Δ_6	$w_6 = 0,052$	0	0	0	0	
Эргономика $i = 7$	Наличие кондиционера в салоне	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
	$P_1 - P_{1\text{баз}}$	0	0	0	0	
	Наличие кондиционера в фургоне	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
	$P_2 - P_{2\text{баз}}$	0	0	0	0	
	Климат контроль	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
	$P_3 - P_{3\text{баз}}$	0	0	0	0	
	Подвеска передняя	Независимая пружинная	Независимая пружинная	Независимая пружинная	Независимая пружинная	Независимая, амортизац. стойка
	$P_4 - P_{4\text{баз}}$	0	0	0	0	
	Подвеска задняя	Зависимая рессорная	Зависимая рессорная	Зависимая, рессорная	Зависимая, рессорная	Зависимая, рессорная
	$P_5 - P_{5\text{баз}}$	0	0	0	0	
	Подогрев передних сидений	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
	$P_6 - P_{6\text{баз}}$	0	0	0	0	
Δ_7	$w_7 = 0,129$	0	0	0	0	
Экологичность $i = 8$	Уровень шума в салоне, дБ	70 – 80	60 – 70	65 – 75	70 – 80	70 – 80
	$P_{1\text{баз}} - P_1$	0	10	5	0	
	Экологический класс	Евро-5	Евро-3	Евро-6	Евро-5	Евро-4
	$P_2 - P_{2\text{баз}}$	1	-	2	1	
Δ_8	$w_8 = 0,021$	0,25	1	0,75	0,25	
Производительность $i = 9$	Количество проверяемых средств измерений за рабочий день	1000	400	400	400	400
	$P_1 - P_{1\text{баз}}$	600	0	0	0	
Δ_9	$w_9 = 0,446$	1	0	0	0	
Цена Z, млн руб.		8,5	4,5	5	6	7,5
Коэффициент качества K_k		0,70	0,09	0,20	0,15	
K_k/Z , 1/ млн руб.		0,083	0,021	0,041	0,025	
Место по конкурентоспособности		1	4	2	3	

В табл. 2 приведены результаты применения МАИ для расчёта весомости групп.

Таблица 2. Результаты расчёта весомости групп

группы	Раз- мер- ные	Си- ло- вые и ве- со- вые	Дина- миче- ские и управ- ляемо- сти	Эконо- миче- ские	Надёж- ность	Без- опас- ность	Эрго- номи- ка	Эколо- гич- ность	Произ- води- тель- ность	Wi
Размерные	1	5	7	7	9	5	3	5	0,17	19,9
Силовые и весовые	0,2	1	5	3	3	3	0,25	5	0,12	7,3
Динамиче- ские и управляе- мости	0,14	0,2	1	0,5	0,5	0,2	0,14	2	0,11	2,1
Экономи- ческие	0,14	0,33	2	1	0,5	0,25	0,2	2	0,12	2,7
Надёжность	0,11	0,33	2	2	1	0,5	0,25	2	0,12	3,3
Безопас- ность	0,2	0,33	5	4	2	1	0,25	2	0,12	5,2
Эргономика	0,33	4	7	0,5	4	4	1	7	0,12	12,9
Экологич- ность	0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,14	1	0,11	2,1
Производи- тельность	6	8	9	8	8	8	8	9	1	44,6

Результаты оценки, представленные в таблице 1, позволили сравнить каждый из автомобилей с эталонным Ford Transit по всем девяти группам показателей. Важно подчеркнуть, что в данной методике показатели не переводились в баллы, что обеспечило максимальную объективность сравнения и позволило избежать субъективной интерпретации результатов. Отсутствие системы баллов позволило сосредоточиться на фактических количественных данных, что повысило точность оценки.

Анализ показал, что ГАЗон-NEXT (образец 1) продемонстрировал наилучшие результаты по целевому показателю эффективности, превосходя другие варианты. Однако, стоит отметить, что образцы 2 (Газель «Некст» C45R02) и 4 (Renault Master L3H2) продемонстрировали близкие значения целевого показателя, отличаясь лишь на сотые доли единицы. Несмотря на незначительную разницу в целевом показателе, Renault Master L3H2 (образец 4) показал на 17 % более высокий показатель качества по сравнению с Газелью «Некст» C45R02 (образец 2). Таким образом, из этих двух автомобилей, Renault Master L3H2 был признан более предпочтительным вариантом, несмотря на незначительное отставание по целевому показателю эффективности от лидера.

Выводы

В итоге, предложенная методика позволила объективно оценить и сравнить различные образцы базового шасси, обеспечив обоснованный выбор оптимального варианта для создания подвижной метрологической лаборатории для МЧС России, учитывая все необходимые критерии и особенности эксплуатации в специфических условиях работы спасательных служб. Выбор ГАЗон-NEXT в качестве лучшего варианта был подкреплен комплексным анализом, и, несмотря на близкие результаты конкурентов, обоснован с учетом всех выявленных преимуществ. Этот комплексный подход гарантирует создание высокоэффективной и надежной лаборатории, способной выполнять свои функции с максимальной производительностью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарелина С.А., Латышенко К.П., Любкин Р.Н. Предложения по разработке модернизированной подвижной метрологической лаборатории для нужд МЧС России // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. – С. 50 – 56.
2. Спецавтомобиль ГАЗон-NEXT. — Текст : электронный // форвард : [сайт]. — URL: <https://forward52.ru/speczavtomobili/speczavtomobil-gazon-next.html> (дата обращения: 15.03.2025).
3. ГАЗ ГАЗель Некст 2.8 МТ ГАЗ-С45R02-80. – Текст : электронный // Дром : [сайт]. – URL: https://www.drom.ru/catalog/lcv/gaz/gazelle_next/265040/?utm_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2fsearch%2f%3ftext%3d%25D0%2593%25D0%25B0%25D0%25B7%25D0%25B5%25D0%25BB%25D1%258C%2b%25C2%25AB%25D0%259D%25D0%25B5%25D0%25BA%25D1%2581%25D1%2582%25C2%25BB%2b%25D0%25A145R02%2b%25D1%2582%25D1%2582%25D1%2585%26lr%3d10758%26clid%3d10668432%26win%3d670 (дата обращения: 15.03.2025).
4. Сравнение Fiat Ducato 2.3 JTD MT L2H2 Стандарт и 2.3 JTD MT L3H2 Стандарт. – Текст : электронный // Дром : [сайт]. – URL: <https://www.drom.ru/catalog/compare/fiat-ducato-246461-vs-fiat-ducato-246464.html> (дата обращения: 15.03.2025).
5. Renault Master 2.3 dCi FWD MT L3H2 3.5т (06.2020 - 07.2022) - технические характеристики. – Текст: электронный // Дром : [сайт]. – URL: <https://www.drom.ru/catalog/lcv/renault/master/293794/> (дата обращения: 15.04.2025).

УДК 629.11

С.А. Гарелина, К.П. Латышенко, Р.Н. Любкин
ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

МЕТОДИКА ВЫБОРА БАЗОВОГО ШАССИ ДЛЯ ПОДВИЖНОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ МЧС РОССИИ

Аннотация: подвижная метрологическая лаборатория предназначена для поверки на месте (непосредственно в подразделениях МЧС России) средств измерений военного и специального назначения в системе МЧС России, что исключает необходимость их доставки в

поверочные организации. В работе проанализированы методики, которые широко применяются для выбора базовых шасси в различных отраслях промышленности. На основе этого анализа предложена новая методика, учитывающая необходимость выполнения требований Бюджетного кодекса государственными заказчиками при закупках.

Ключевые слова: поверка, подразделение МЧС России, средства измерений, подвижная метрологическая лаборатория, методика выбора, автомобиль, базовое шасси, конкурентоспособность.

S.A. Garelina, K.P. Latyshenko, R.N. Lyubkin

BASE CHASSIS SELECTION METHODOLOGY FOR MOBILE METROLOGICAL LABORATORY OF EMERCOM OF RUSSIA

Abstract: the mobile metrological laboratory is designed for on-site verification (directly in the units of EMERCOM of Russia) of military and special-purpose measuring instruments in the system of the Ministry of Emergency Situations of Russia, which eliminates the need for their delivery to verification organizations. The paper analyzes the techniques that are widely used to select basic chassis in various industries. Based on this analysis, a new methodology is proposed that takes into account the need for government customers to meet the requirements of the Budget Codec during procurement.

Keywords: verification, EMERCOM of Russia department, measuring instruments, mobile metrological laboratory, selection methodology, car, basic chassis, competitiveness.

В работе [1] подробно рассматриваются преимущества и недостатки существующей подвижной метрологической лаборатории, используемой в системе МЧС России (рисунок). Анализ выявленных в результате её эксплуатации недостатков показал, что они существенно ограничивают её эффективность. Это привело к необходимости разработки новой, более совершенной подвижной метрологической лаборатории, способной обеспечить значительно более высокую производительность при поверке средств измерений военного и специального назначения в системе МЧС России. Для этого понадобилось новое автомобильное шасси.



Рисунок. Подвижная метрологическая лаборатория ФКУ «ЦБИТ МЧС России» на базе автомобиля «Ford transit»

Подвижная метрологическая лаборатория как любая сложная техническая система, состоит из множества взаимосвязанных подсистем, различающихся по уровню сложности. На высшем уровне иерархии находится базовое шасси, являющийся основой всей конструкции. На более низком уровне располагается комплекс оборудования для проведения поверки, устанавливаемый на это шасси. Качество и функциональ-

ность подвижной лаборатории напрямую зависят от характеристик базового шасси. Даже самое современное и совершенное оборудование для поверки не сможет полностью реализовать свой потенциал, если оно установлено на устаревшем или неподходящем базовом шасси с недостаточными техническими параметрами. Это обусловлено тесной взаимозависимостью всех компонентов системы: грузоподъёмность шасси, его проходимость, габаритные размеры, уровень комфорта для персонала, надёжность – все эти факторы влияют на общую эффективность работы лаборатории. Поэтому выбор базового шасси является критически важным этапом проектирования и создания новой подвижной метрологической лаборатории.

Традиционно для создания таких лабораторий используют стандартные автомобильные шасси, соответствующие всем необходимым нормативным требованиям. Задача выбора оптимального базового шасси для различных типов специализированных автомобилей не является новой и неоднократно рассматривалась в научной литературе (например, [2 – 4]). Однако анализ существующих подходов к оценке качества, представленный, например, в работах [2 – 5], показывает отсутствие единого, общепринятого метода. Для исследуемой категории это объясняется её многогранностью, разнообразием объектов оценки и целей, преследуемых субъектами оценки. Каждый проводящий оценку эксперт может иметь свои приоритеты, что осложняет процесс выбора. Например, один субъект может отдавать приоритет максимальной грузоподъёмности, другой – высокой проходимости, третий – комфорту для персонала и т.д.

Проблема усугубляется многокритериальностью задачи оценки качества базового шасси. Преобразование этой многокритериальной задачи в однокритериальную является сложной математической задачей, требующей применения специальных методов многокритериального анализа, например, таких как метод использования коэффициентов весомости, метод балльной оценки, метод Харрингтона, метод деления одного комплексного показателя изделия на другой, метод интегрирования измеренных показателей качества одним из известных способов, например, «радара» или «профилей», в один числовой показатель без «взвешивания» и др. [2 – 5]. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, поэтому выбор оптимального метода также является важной частью процесса принятия решений.

В результате анализа полученных данных должна быть выбрана оптимальная конфигурация базового шасси, наиболее полно отвечающая требованиям к будущей подвижной метрологической лаборатории, обеспечивающая высокую эффективность её работы и выполнение поставленных задач в рамках системы МЧС России. При этом необходимо учитывать не только текущие потребности, но и перспективы развития, предусматривая возможность модернизации и расширения функциональности лаборатории в будущем.

Анализ литературы показал (например, [2]), что на сегодняшний день для обоснования выбора шасси на стадии проектирования, в т.ч. для специализированной техники, широко используют метод анализа иерархий (далее – МАИ).

Применение метода выбора базового шасси для государственных заказчиков, основываясь на существующих на рынке образцах, сталкивается с определёнными трудностями, особенно в аспекте учёта соотношения стоимости и качества. В соответствии с Бюджетным кодексом Российской Федерации [6], а именно в ст. 34, государственные заказчики обязаны следовать принципу максимальной эффективности

использования бюджетных средств. Это означает, что они должны стремиться достичь наилучших результатов при минимальных затратах, что является ключевым требованием при планировании и исполнении бюджетов. Важно найти оптимальное соотношение между экономией и результативностью, что делает данный принцип особенно актуальным в контексте государственных закупок. Для более глубокого понимания этого принципа можно выразить его математически

$$\begin{cases} E \rightarrow \text{const}, \\ Z \rightarrow \min, \\ E^{\text{эф}} = \frac{E}{Z} \rightarrow \max, \\ Z \in [Z_1; Z_n], \end{cases} \quad (1)$$

где E – эффективность, которая определяется количественными показателями результата использования образца; Z – затраты, т.е. денежные средства, потраченные на их закупку и внедрение; $E^{\text{эф}}$ – целевой показатель эффективности закупки; $[Z_1]$ – диапазон допустимых затрат, который определяет границы приемлемых финансовых вложений.

В статье [3] предложен более простой метод по сравнению с известным МАИ. Этот метод основан на вычислении разности между показателями качества рассматриваемого автомобиля и т.н. «идеального образца», их дальнейшей интеграции методов профилей в групповые показатели и расчета интегрального показателя качества с учетом весомости групп. Далее конкурентоспособность автомобиля рассчитывают методом предпочтений покупателей за счет интеграции показателя качества и цены с учетом важности для конечных пользователей. Ключевым аспектом в этом методе является выбор «идеального образца», который должен обладать наилучшими показателями по всем параметрам. Тем не менее, в нашем конкретном случае существуют определённые ограничения, которые не позволяют напрямую использовать описанный в [3] метод. Одним из таких ограничений является необходимость обоснования выбора наилучшего варианта из ряда конкурирующих образцов по сравнению с базовым, при этом важно учитывать требования, изложенные в Бюджетном кодексе РФ [6]. Это создаёт дополнительные сложности, т.к. требуется не только выбрать лучший вариант, но и обосновать его выбор с точки зрения соблюдения бюджетных норм.

Таким образом, возникла необходимость разработки новой методики выбора базового шасси для подвижной метрологической лаборатории.

Методика выбора базового шасси для подвижной метрологической лаборатории.

1. Выбор образцов шасси, конкурирующих с базовым образцом.
2. Выбор номенклатуры оценочных показателей качества, в которые входят показатели, характеризующие производительность подвижной метрологической лаборатории.
3. Группировка по схожим признакам показателей качества (i групп, в каждой группе n_i – показателей качества).
4. Расчёт показателей качества Δ_i для каждой i -ой группы

$$\Delta_i = \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n}{n_i}, \quad (2)$$

$$\Delta_{j\text{прям}} = \frac{\Pi_{j\text{баз}} - \Pi_j}{\Delta \Pi_{j\text{max}}} - \text{для прямых показателей качества}$$

(с увеличением значений которых качество образца повышается),

$$\Delta_{j\text{обр}} = \frac{\Pi_j - \Pi_{j\text{баз}}}{\Delta \Pi_{j\text{max}}} - \text{для прямых показателей качества}$$

(с увеличением значений которых качество образца понижается),

где $\Delta_{j\text{прям}}$, $\Delta_{j\text{обр}}$ – приведённая разность показателей качества базового и сравниваемого образцов соответственно; Π_j , $\Pi_{j\text{баз}}$ – значения j -го показателя сравниваемого и базового образцов соответственно; $\Delta \Pi_{j\text{max}}$ – максимальная разность j -го показателя среди сравниваемых образцов в группе.

Если какой-либо показатель качества у сравниваемого образца хуже, чем у базового, то его не учитывают в дальнейших расчётах.

5. Расчёт весомости групп w_i по МАИ.

6. Расчёт интегрального показателя качества K_k с учётом весомости групп w_i

$$K_k = \sum w_i \Delta_i. \quad (3)$$

Лучшим вариантом будет образец с наибольшим значением K_k .

7. Оценка целевого показателя эффективности закупки K_k/Z .

5. Выбор нового образца базового шасси, у которого показатель K_k/Z будет наибольшим.

Выводы

Выбор базового автомобиля для подвижной метрологической лаборатории является актуальной задачей, поскольку от её работы зависит время поверки средств измерений в системе МЧС России.

В работе предложена методика выбора базового шасси для подвижной метрологической лаборатории, одной из главных задач которой является высокая производительность поверки средств измерений.

Суть методики состоит в оценке целевого показателя эффективности закупки и выборе образца с его максимальным значением, на основе комплексного использования разностного метода, положений метода «профилей», метода анализа иерархий и требований бюджетного кодекса РФ для государственных заказчиков.

Таким образом, предложенная методика выбора базового шасси позволяет эффективно ранжировать конкурентоспособные образцы, количественно установить насколько они лучше базового по интегральным показателям качества и по соотношению цены и качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гарелина С.А., Латышенко К.П., Любкин Р.Н. Предложения по разработке модернизированной подвижной метрологической лаборатории для нужд МЧС России // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XV Всероссийской научно-

практической конференции. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. – С. 50 – 56.

2. Морозов А.В., Котровский А.А., Филёв. А.В Выбор метода комплексного сравнения объектов автобронетанковой техники на этапе проектирования // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2014. – № 2 (144). – С. 120 – 123.

3. Фасхиев Х.А., Крахмалева А.В. Методика оценки качества автомобилей // Маркетинг в России и за рубежом. – 2005. – № 4. – С. 86 – 93.

4. Кузнецов Д.О. Методы оценки качества автомобилей с точки зрения потребителей // Вестник Тамбовского университета. Гуманитарные науки. – 2009. – Вып. 6 (74). – С. 67 – 70.

5. Горбашко, Е. А. Управление качеством. – М.: Юрайт, 2012. – 463 с.

6. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 № 145-ФЗ (ред. от 26.12.2024).

УДК 691.115

Е.С. Голубева, Е.В. Макаров, Е.В. Зарубина, А.Л. Никифоров, Т.В. Шмелева,
А.С. Шмелев*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

*ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НОВОГО ОТДЕЛОЧНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Аннотация: разработка формирующего устройства для распределения волокнисто-содержащей массы при изготовлении теплоизоляционного пожаробезопасного строительного материала из отходов деревообрабатывающей, сельскохозяйственной промышленности.

Ключевые слова: строительный материал, экологичность, теплоизоляционный материал, пожаробезопасный материал.

*E.C. Golubeva, E.V. Makarov, E.V. Zarubina, A.L. Nikiforov, T.V. Shmeleva,
A.C. Shmelev*

ON THE ISSUE OF CREATING A DEVICE FOR THE MANUFACTURE OF A NEW FINISHING BUILDING MATERIAL

Abstracts: development of a forming device for the distribution of fiber-containing mass in the manufacture of heat-insulating, fireproof building material from waste from the woodworking and agricultural industries.

Keywords: building material, environmental friendliness, thermal insulation material, fireproof material.

На сегодняшний день актуален вопрос, связанный со сбережением ресурсов. В частности, ряд промышленных производств не могут организовать свои технологические процессы без образования отходов, так как требуется высокая чистота продукции и часть сырья неизбежно переходит в отходы, подлежащие утилизации.

В то же время данные отходы следует рассматривать как неиспользованное сырье. Никто не задумывается о возможностях их использовании: например, на текстильных производствах это – отходы всех этапов чесания и трепания.

В сельскохозяйственной промышленности ежегодно образуется большое количество целлюлозосодержащих отходов (например, продукты сортировки сырья и мякина), а в деревообработке – огромное число опилок и стружки.

Самый простой способ утилизации этих отходов – нарушение правил противопожарной безопасности, то есть их сжигание. Однако эти материалы обладают ценными свойствами: они экологичны и легко обрабатываются; единственный недостаток – высокая горючесть.

В сочетании друг с другом отходы могут использоваться для разработки теплоизоляционных материалов, например, в виде формованных плит. Такая конструкция включает связующие вещества и антипирены (для снижения пожарной опасности) и не является монолитным элементом; наличие множества пустот дополнительно обеспечивает теплоизоляцию.

Важнейшей задачей становится разработка технологического режима для серийного производства таких плит. Предполагается, что конструкция будет представлять собой устройство с различными участками формирования элементов готового изделия: фракции добавляются в систему отдельно друг от друга; подготовленная порезанная солома проходит через рифлёные валики для придания объёма (рисунок 1) [1, 2].

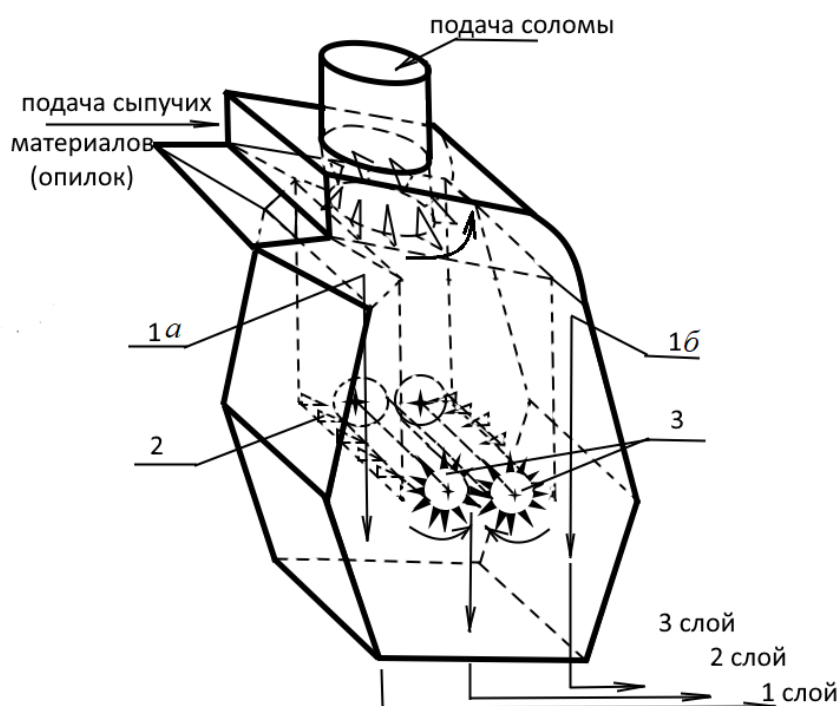


Рис. 1. Слоеформирующее устройство

Слои формируются на транспортёрной ленте за счёт последовательной укладки продукта.

При формировании первого слоя достаточно введения продукта через щель 1а представленного устройства.

При формировании второго слоя подготовленная солома вводится через цилиндр в верхней части устройства. Попадая на формирующие валики, солома приобретает ломаную форму, что обеспечивает формирование пустот в конечном материале, придавая изделию объёмность и уменьшая теплопроводность.

При формировании третьего слоя необходимо рассчитать и выбрать оптимальный вариант плавного поворота в устройстве для подачи сыпучих материалов (опилок) в дальнюю щель конструкции 1б.

В местах преодоления местных сопротивлений (круглый цилиндр для подачи соломы и плавный поворот у щели 1б), при делении и слиянии потоков наблюдается падение давления в потоке перемещающегося воздуха с сыпучими материалами. В указанных местах происходит перестройка полей скоростей потока и образование вихревых зон у стенок, что сопровождается потерей энергии. Нарушение установившегося поля скоростей начинается на некотором расстоянии до местного сопротивления, а восстановление потока происходит на некотором расстоянии после него. На всем участке возмущённого потока происходят потери энергии на вязкое трение и увеличиваются потери на трение о стенки. Однако для удобства проведения аэродинамического расчёта потери давления в местных сопротивлениях условно считают сосредоточенными. Потеря давления в местном сопротивлении $\Delta P_{мс}$, Па, пропорциональна динамическому давлению в потоке и равна:

$$\Delta P_{мс} = \sum \zeta \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho \quad (1)$$

Коэффициент ζ носит название коэффициента местного сопротивления и определяет потери давления в местном сопротивлении в долях динамического давления. Значения ζ для плавного поворота будет равна, при выборе угла $\beta=70^\circ$:

$$\zeta = 0,9\zeta' \cdot \sin \beta \quad (2)$$

где:

$$\zeta' = 0,051 + 0,19 \cdot \frac{d}{R} \quad (3)$$

где:

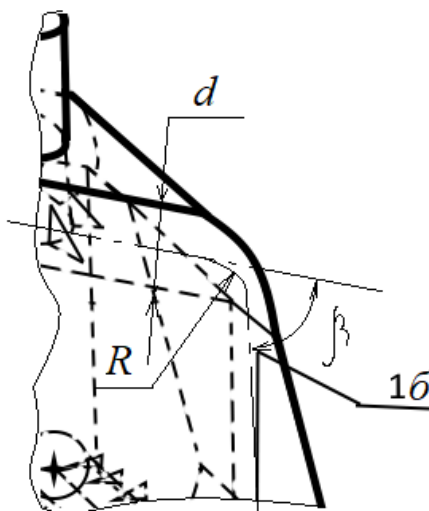


Рис. 2. Схема для расчёта плавного поворота в устройстве

Согласно полученным расчётным данным, был выбран оптимальный угол поворота в устройстве, обеспечивающий снижение потерь давления в потоке сыпучего материала при формировании третьего слоя теплоизоляционного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полякова Е.В. Разработка и исследование модуля предварительного рыхления машины для регенерации отходов: Дис. канд.техн.наук. -Иваново. 2003.- 209 с.
2. Пат. на полезную модель 39602 РФ, МПК7 D 01 G 25/00, 15/46. Устройство для формирования волокнистого настила [Текст] / Зарубин В.М., Глинкин П.М., Шмелев С.А., Ульев Д.А., Шмелева Т.В., Полякова Е.В., Кочетков И.В.- № 2004110509/22; заявл. 07.04.2004; опубл. 10.08.2004, Бюл. №22.
3. Полякова, Е.В. Экспериментальное исследование аэродинамических режимов работы конденсора со вставками различных конструкций [Текст] / Е.В. Полякова, Т.В. Шмелева, В.М. Зарубин, С.А. Шмелев, Д.А. Ульев // Известия Ивановского отделения Петровской академии наук и искусств. Секция технических наук: сб. науч. статей / Ивановская государственная текстильная академия.- Иваново, 2005.- С. 41-68.

УДК 621.357

С.В. Горшков, И.И. Ведерникова

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

РАСЧЕТ УСИЛИЙ ГИБКИ

Аннотация: В статье проведен расчет усилий гибки для последующего применения в качестве данных для проектирования деталей и возможной их деформации.

Ключевые слова: гибка, матрица, пуансон, металл, усилие, упругость, деформация.

S.V. Gorshkov, I.I. Vedernikova

CALCULATION OF BENDING FORCES

Abstract: The article presents a calculation of bending forces for subsequent use as data for designing parts and their possible deformation.

Keywords: bending, matrix, punch, metal, force, elasticity, deformation.

В процессе гибки металл подвергается одновременному воздействию растягивающих и сжимающих усилий. На наружной стороне детали в месте изгиба волокна металла растягиваются, и длина их увеличивается; на внутренней же, наоборот, волокна сжимаются, и длина их укорачивается. И только нейтральный слой, или, как принято называть, нейтральная линия, в момент сгиба, полагают, не испытывает ни сжатия, ни растяжения, и поэтому длина нейтральной линии после изгиба детали не изменяется. При гибке металла приходится преодолевать силы упругости заготовки из металла.

Отверстия и пазы в непосредственной близости к линиигиба часто деформируются. Их следует располагать на расстоянии не менее 2-3 толщин металла от начала радиуса изгиба до края отверстия. Но для заказчика было критично менять расположения отверстий, либо менять габарит. На основании чего конструктор решил добавить радиальные прорезы вокруг отверстия для уменьшения напряжений при гибке.

На этапе проведения дальнейших исследований в первую очередь необходимо спроектировать гибочный станок и инструмент, при помощи которых будут проводиться испытания.

За основу был взят Гидравлический гибочный пресс с ЧПУ «Durma AD-R 25100», который изображен на рис. 1.

В качестве инструмента нам потребуются пуансон гусевидного типа и Т-образная 1-ручьева матрица TR80.14.60.300 (рис. 2).



Рис. 1. Гидравлический гибочный пресс с ЧПУ «Durma AD-R 25100»

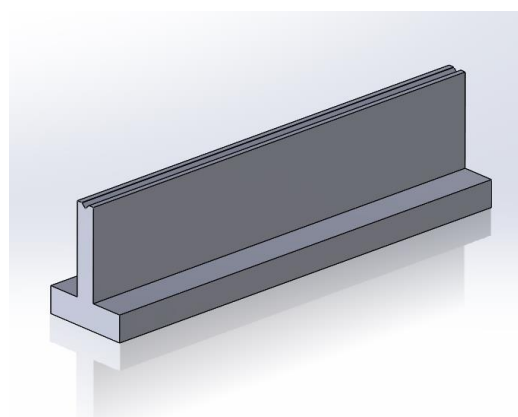


Рис. 2. Т-образная 1-ручьева матрица TR80.6.60.300

Примером для гибки является деталь, 100.00.001 Уголок (рис. 3.).

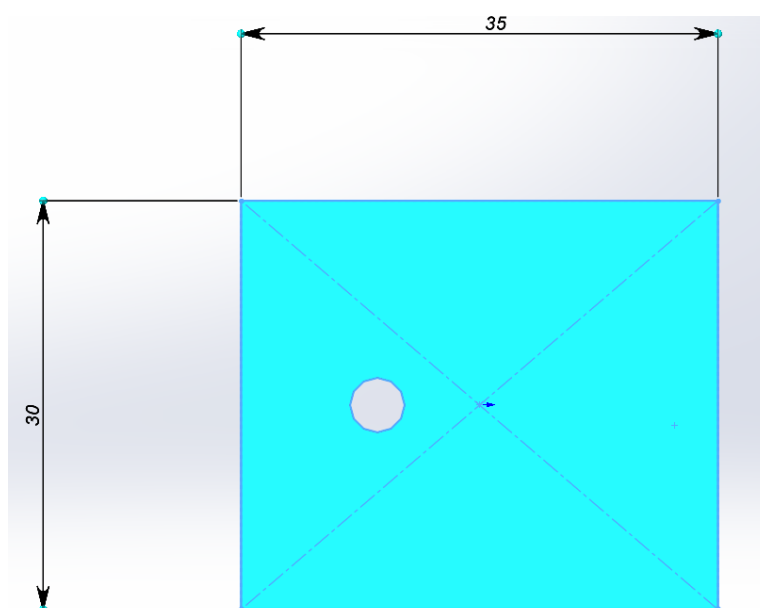


Рис. 3. Деталь «100.00.001 Уголок»

Деталь «100.00.001 Уголок» изготавливается из стали 08Х13 ГОСТ 5632-2014. Деталь изготавливается из листовой заготовки толщиной $S=1$ мм.

Радиусы гибки у данной детали больше, чем минимально допустимые радиуса гiba листовых деталей. Расположение линии гибки при штамповке данного материала безразлично (вдоль или поперек линии прокатки), т.к. $r>S$. Наименьшая высота отгибаемой полки в 20 раз превосходит толщину детали, т.е. $h\geq S$, что удовлетворяет требованиям к конструкции изогнутых листовых деталей.

Из этого следует, что данная деталь «скоба» является технологичной и может быть изготовлена операцией «гибка».

Для определения правильности размеров были проведены расчеты заготовки теоретическим путем.

Определение размеров заготовки (развертки) для деталей, изготавливаемых гибкой, производится по нейтральному слою, длина которого до и после деформации остается неизменной. Для тонких материалов ($S<2$ мм) при расчетах условно принимается, что нейтральным слоем проходит посередине сечения заготовки.

Радиус нейтрального слоя в изогнутом участке при угле 90° определяется по формуле:

$$l_n = \frac{\pi}{2}(r + xs) = 1,57(r + xs);$$

где l_n – длина нейтрального слоя изогнутого участка;

r – радиус гiba;

s – толщина материала;

x – коэффициент, учитывающий положение нейтрального слоя.

Длина нейтрального слоя на участке радиусного закругления равна:

$$l_n = \frac{\pi}{2}(1,8 + 0,41 \cdot 1) = 3,47 \text{ мм}$$

Длину заготовки при одноугловой гибке рассчитывают по формуле:

$$L = l_1 + l_2 + 2l_n,$$

где: l_1, l_2 – длины прямолинейных участков.

Рассчитаем длину заготовки:

$$L = 15,2 + 13,2 + 2 \cdot 3,47 = 35,4 \text{ мм}$$

Таким образом: $L_{\text{заг}} = 35,4$ мм, $V_{\text{заг}} = 30$ мм

Усилие гибки зависит от большого числа факторов, к которым относятся: форма и размеры поперечного сечения заготовки, характеристики механических свойств материала, расстояния между опорами, радиусы скругления пуансона и рабочих кромок матрицы и другие. Гибка в штампе заканчивается, как правило, приложением дополнительного усилия, в результате чего происходит правка и калибровка изогнутого участка заготовки.

Усилие гибки определяется из равенства внешнего изгибающего момента моменту внутренних сил.

Для гибки усилие определяется по формуле:

$$P = \frac{B \cdot S^2}{l} \sigma_b n$$

где: B- ширина заготовки, мм; S – толщина материала, мм;

l – расстояние между точками опоры, мм;

n – показатель упрочнения, для стали 08X13, n=2,8;

σ_b – Предел кратковременной прочности, Мпа

Тогда:

$$P = \frac{30 \cdot 1^2}{12} 410 \cdot 2,8 = 2870 \text{ Н}$$

Общее усилие гибки:

$$P = 1,2 P_{\text{гиб}}$$

$$P = 1,2 P_{\text{гиб}} = 1,2 \cdot 2870 = 3444 \text{ Н.}$$

Упругие деформации (пружение) следует учитывать при расчете размеров инструмента для гибки. Это позволяет устранить трудоемкие операции ручной правки после гибки.

Расчет упругого пружения при гибке П-образных полос проводят по формуле:

$$\text{tg } \beta = 0,75 \cdot \frac{l \cdot \sigma_{\text{ср}}}{k \cdot S \cdot E},$$

где:

β - угол пружинения (односторонний);

l - расстояние между опорами – раскрытие матрицы;

k - коэффициент, определяющий положение нейтрального слоя, равный $k=1-x$;

E - модуль упругости материала детали.

Проведем расчет величины упругого пружинения при гибке данной детали:

$x=0.41$;

$k=1-0.41=0.59$;

$l = 12 \text{ мм}$;

$$\text{tg } \beta = 0,375 \cdot \frac{l \cdot \sigma_{\text{ср}}}{k \cdot S \cdot E} = 0,75 \frac{12 \cdot 410}{0,59 \cdot 1 \cdot 217000} = 0,028;$$

$$\beta = \text{arctg}(0,028) = 1,36^\circ$$

Величина упругого пружения детали «100.00.001 Уголок» равна $1^{\circ}36'$ градуса.

По техническому условию на данную деталь непараллельность вертикальных участков детали не должна превышать 2 градусов, поэтому величина упругого пружинения их при гибке является допустимой.

Так как деталь «100.00.001 Уголок» имеет одну ось симметрии, то центр давления пуансона располагается на пересечении оси симметрии с центром осигиба.

Напряжение смятия опорной поверхности головки пуансона для гибки $\sigma_{см}$ вычисляют по формуле:

$$\sigma_{ср} = \frac{P}{F_{гол}}$$

P – технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, Н;

$F_{гол}$ – площадь поверхности головки пуансона, мм²

Рассчитаем это напряжение.

В данном случае технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, будет равно усилию процесса гибки.

$P = 4650$ Н.

$F_{гол} = 960$ мм²

Напряжение пуансона на сжатие для штампа гибки $\sigma_{см}$ вычисляют по той же формуле, что и для штампа вырубки.

$$\sigma_{см} = \frac{4650}{960} = 4,844 \frac{Н}{мм^2} = 48,44 \text{ Мпа}$$

Рассчитаем это напряжение.

$f = 350$ мм².

$$\sigma_{см} = \frac{4650}{350} = 13,29 \text{ Н/мм}^2 = 132,9 \text{ Мпа}$$

Напряжение на сжатие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение на сжатие.

Расчет свободной части пуансона на продольный изгиб l вычисляют по той же формуле, что и для штампа вырубки:

$J = 2563,1$ мм⁴;

$n = 2,5$;

$$l = 4.43 \sqrt{\frac{EJ}{nP}} = 4.43 \sqrt{\frac{217000 \cdot 2563.1}{2.5 \cdot 4650}} = 37 \text{ мм}$$

l – длина свободной части пуансона, мм;

J – момент инерции сечения, мм⁴;

E – модуль упругости, Н/мм²;

n – коэффициент безопасности;

P – усилие процесса пробивки, Н.

Полученная величина больше фактической, следовательно, данный пуансон не потеряет устойчивость.

Напряжение сжатия пуансона $\sigma_{сж}$ вычисляют по формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{f} \leq \sigma_{см};$$

$$\sigma_{см} = 132,9 \frac{H}{мм^2};$$

$$\sigma_{сж} = \frac{4650}{19,1 \cdot 2} \leq 132,9 = 118,62 \frac{H}{мм^2} \leq 132,9 \frac{H}{мм^2};$$

где: P – технологическое усилие, воспринимаемое пуансоном, Н;

f – площадь наименьшего сечения пуансона, мм²;

$\sigma_{см}$ – допускаемое напряжение на смятие;

Напряжение на смятие пуансона меньше, чем допускаемое напряжение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лысов М.И. Теория и расчет процессов изготовления деталей методами гибки. Л.: Машиностроение, 1971. – 236 с.
2. Малов А.Н. Технология холодной штамповки. 4-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1969.- 568 с
3. Бурыкин В.В. Технологические методы повышения долговечности штамповой оснастки / В.В. Бурыкин / Процессы механической обработки в машиностроении. 2009. № 7. С. 26—36.
4. Одинцов, Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. Справочник / Л.Г. Одинцов. М.: Машиностроение, 1987. 328 с.

УДК 621.357

С.В. Горшков, И.И. Ведерникова

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ МЕТАЛЛА

Аннотация: В статье проведено исследование механических нагрузок на детали, возникающих в процессе ее пластической деформации.

Ключевые слова: гибка, матрица, пуансон, металл, напряжение, упругость, деформация.

S.V. Gorshkov, I.I. Vedernikova

CALCULATION OF STRESSES DURING PLASTIC DEFORMATION OF METAL

Abstract: The article studies mechanical loads on parts that arise during their plastic deformation.

Keywords: bending, matrix, punch, metal, tension, elasticity, deformation.

Одной из проблем, которая возникает в процессе пластической деформации металла, является «утягивание отверстий» при гибке из-за образования высоких напряжений.

Исследование механических нагрузок, построение эпюр, проведем в программе Solidworks.

Зададим материал пуансону, матрице и исследуемой детали. В характеристиках исследуемой детали зададим модель пластичности по Мизесу.

Критерий текучести может быть представлен в виде:

$$\chi = \sqrt{3}\sigma - \sigma_Y = 0;$$

где σ – эффективное напряжение, а σ_Y – напряжение текучести из неосевых испытаний. Модель по Мизесу может использоваться для описания поведения металлов. При использовании данной модели материала должны приниматься во внимание следующие факторы:

- Допускается малодеформационная пластичность, при использовании малых или больших перемещений.
- Создается связанное допущение правила потока.
- Доступны правила изотропного и кинематического отверждения. Линейное сочетание изотропного и кинематического отверждения выполняется, в случае возможности изменения радиуса и центра поверхности текучести в девиаторном пространстве, относительно данных изменения нагрузки.

Параметр RK определяет пропорцию кинематического и изотропного отверждения. Для чистого изотропного отверждения, параметр RK имеет значение 0. Радиус поверхности текучести увеличивается, однако, центр остается фиксированным в девиаторном пространстве. Для чистого кинематического отверждения, параметр RK имеет значение 1. Радиус поверхности текучести остается постоянным, с перемещением центра в девиаторном пространстве.

Билинейная или многолинейная диаграмма неосевого напряжения-деформации для пластичности. Для назначения билинейной диаграммы напряжения-деформации в диалоговом окне Материал вводятся предел текучести, модуль упругости и модуль касательных напряжений. Для назначения многолинейной диаграммы напряжения-деформации должна быть определена диаграмма напряжения-сдвига (рис. 1).

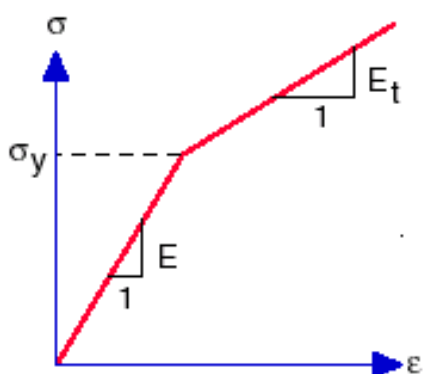


Рис. 1. Диаграмма напряжения-сдвига

Параметры предела текучести и модуля упругости для описания билинейных кривых напряжения-деформации могут быть связаны с кривыми температуры для проведения анализа термопластичности. Термопластичность недоступна для оболочек.

Модель Huber-von Mises может использоваться для твердотельных элементов (чернового и высокого качества) и плотных оболочек (чернового и низкого качества).

Рекомендуется использовать итеративный метод NR (Ньютона-Рафсона).

Типовая диаграмма напряжения-деформации пластичного материала представлена на рис. 2.

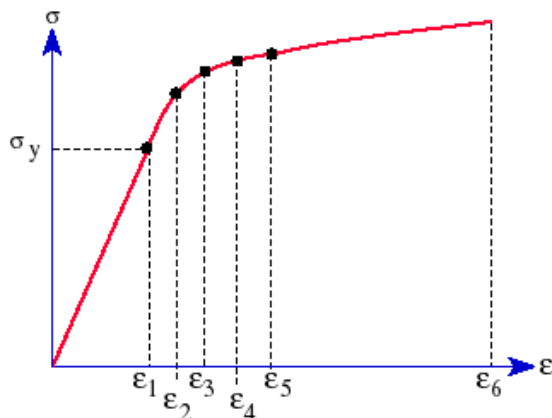


Рис. 2. Диаграмма напряжения-деформации пластичного материала

Тело, когда к нему применяются нагрузки, деформируется и воздействие нагрузок передается через все тело. Внешние нагрузки включают в себя внутренние силы и реакции, которые компенсируют воздействия и возвращают тело в состояние равновесия. Линейный статический анализ рассчитывает силы перемещений, напряжения, нагрузки и реакции при воздействии приложенных нагрузок.

В линейном статическом анализе используются следующие допущения:

Допущение статики

Все нагрузки прилагаются медленно и постепенно, пока не достигнут своих полных величин. По достижению своих полных величин нагрузки остаются постоянными (неизменными по времени). Такое допущение позволяет пренебречь внутренними и демпфирующими силами ввиду пренебрежимо малых ускорений и скоростей. Меняющиеся по времени нагрузки, включающие существенные внутренние и/или демпфирующие силы, могут обеспечить динамический анализ. Динамические нагрузки меняются по времени и во многих случаях включают в себя существенные внутренние и демпфирующие силы, пренебречь которыми нельзя.

Важно проверить состояние статического допущения, так как динамическая нагрузка может вызвать напряжения, составляющие до $1/(2\chi)$ величины напряжений, генерируемых статическими нагрузками с такими же значениями, где χ – коэффициент вязкостного демпфирования. Для слабодемпфированных конструкций при демпфировании 5% динамические напряжения будут в 10 раз больше, чем статические напряжения. Сценарий наихудшей ситуации проявляется при явлении резонанса. Просим вас ознакомиться с разделом Динамический анализ.

Для расчета реакции тел конструкции, вращающихся с постоянной скоростью или перемещающихся при постоянных ускорениях, вы можете воспользоваться статическим анализом ввиду того, что генерируемые нагрузки не меняются во времени.

Воспользуйтесь линейными и нелинейными динамическими исследованиями для вычисления реакции конструкции на динамические нагрузки. Динамические нагрузки включают в себя осциллирующие нагрузки, удары, соударения и случайные нагрузки.

Допущение линейности

Взаимоотношения между нагрузками и вызванными реакциями предполагаются линейными. Если, например, увеличить вдвое величину нагрузок, реакция модели (перемещения, нагрузки и напряжения) также увеличится вдвое. Можно принимать допущение линейности, если все материалы в модели подчиняются закону Гука, в соответствии с которым напряжение прямо пропорционально деформации, вызванные перемещения достаточно малы, чтобы можно было пренебречь изменениями в жесткости, вызванными нагружением.

Граничные условия не изменяются во время приложения нагрузок. Нагрузки должны быть постоянными по величине, направлению и распределению. Они не должны изменяться во время деформирования модели (рис. 3).

Для наших расчётов выберем статическое исследование, поскольку расчёт проводится продолжительное время, статическое исследование является более простым и проходит по допущению линейности. Спроектируем приближенные пуансон и матрицу, подставим исследуемую деталь и проведем расчёт.

Создание сетки – очень важный этап в анализе конструкций. Автоматический создатель сетки в программе создает сетку на основе глобального размера элемента, допуска и характеристик локального управления сеткой. Управление сеткой позволяет задать разные размеры элемента для компонентов, граней, кромок и вершин.

Уже при составлении сетки видно, что напряжения концентрируются не только в месте сгиба, но и около самого отверстия (рис. 4, 5).

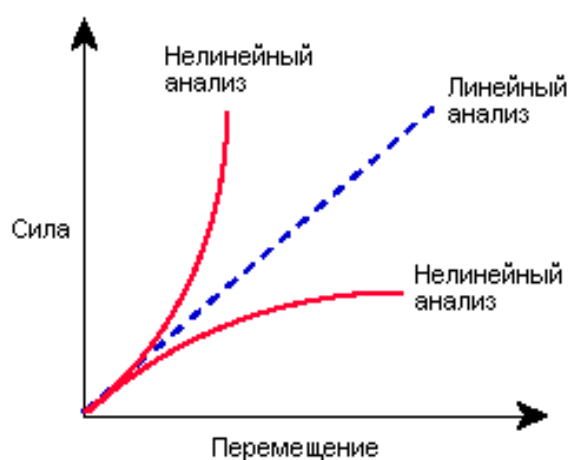


Рис. 3. Линейный статический анализ

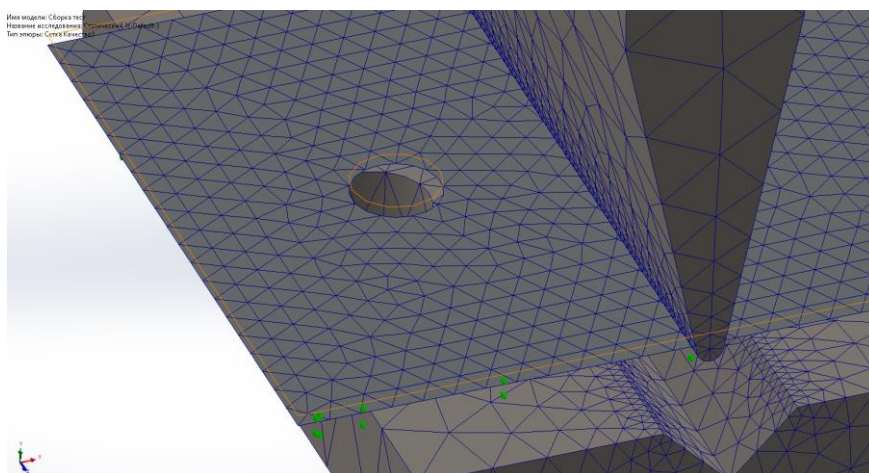


Рис. 4. Концентрация напряжений в месте гибки и у отверстия

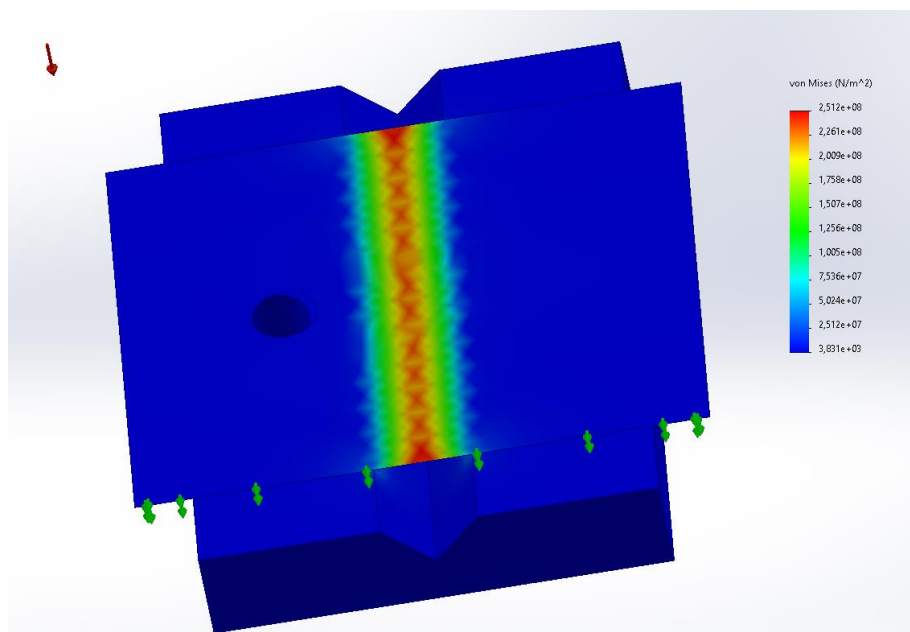


Рис. 5. Результаты напряжений по Мизесу, испытываемая деталь

Критерий максимального напряжения по Мизесу основывается на теории Мизеса-Хенки, также известной как теория энергии формоизменения.

В исчислении главных напряжений σ_1 , σ_2 и σ_3 , напряжение по Мизесу выражено как:

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]/2\}^{(1/2)}$$

Теория утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному напряжению. В большинстве случаев, предел текучести используется в качестве предельного напряжения. Однако, программа позволяет использовать предельное растяжение или задавать свое собственное предельное напряжение.

$$\sigma_{\text{vonMises}} > \sigma_{\text{предел.}}$$

Предел текучести - свойство, зависящее от температуры. Настоящая заданная величина предела текучести должна учитывать температуру компонента. Коэффициент запаса прочности в данном месте подсчитывается на основе

$$\text{Коэффициент запаса прочности (FOS)} = \sigma_{\text{предел.}} / \sigma_{\text{vonMises}} ;$$

Чистый сдвиг (срез)

В случае чистого сдвига (среза) t , напряжение по Мизесу может быть выражено как:

$$\sigma_{\text{vonMises}} = (3)^{1/2} \tau$$

Разрушение появляется, если:

$$\tau_{\text{макс.}} = 0,577 \sigma_{\text{текущ.}}$$

На основании этого теста видно, что при гибке напряжения неравномерно распределяются, при этом появляются деформации материала в области отверстий. Это всё происходит из-за того, что отверстие расположено очень близко к зонегиба, края его смещаются в сторону действия растягивающего напряжения. Эту проблему и было необходимо решить.

Результаты исследования показали, что использование прорезей, в том числе радиальных – решение для повышения качества и долговечности металлических деталей. Практическая реализация данной технологии в производственных процессах позволяет снизить затраты, улучшить характеристики изделий, обеспечить их надёжность в эксплуатации, а также уменьшить брак при производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Одинцов, Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием. Справочник / Л.Г. Одинцов. М.: Машиностроение, 1987. 328 с.
2. "Sheet Metal Forming: Processes and Applications" by Taylan Altan, A. Erman Tekkaya, and Gunter Kuhn (2012).
3. "Metal Forming: Mechanics and Metallurgy" by William F. Hosford and Robert M. Caddell (2011).
4. "Fundamentals of Metal Forming" by R. L. Johnson (1989).
5. URL: [https://www.dissercat.com/content/tekhnologicheskie-raboty-dlya-gibki-s-rastyazheniem-mekhanika-upravlenie-metody-povysheniya-](https://www.dissercat.com/content/tekhnologicheskie-raboty-dlya-gibki-s-rastyazheniem-mekhanika-upravlenie-metody-povysheniya)
4. URL: https://www.studmed.ru/view/kurovaya-rabota-pravka-i-gibka-metalla_2ae865c5dbf.html
5. URL: <https://www.stankoff.ru/blog/post/336>
6. URL: <https://studfile.net/preview/6017312/>
7. URL: <https://vc.ru/u/2378991-daniil-pro-proizvodstvo/1170260-principy-gibki-listovogo-metalla-radiusy-giba-vybor-napravleniya-giba-i-minimalnoi-vysoty-flanca-otverstiya-v-detalyah>
8. URL: <https://shengenfab.com/ru/sheet-metal-bending-a-comprehensive-guide/>
9. URL: <https://proleantech.com/ru/notches-tabs-in-sheet-metal-fabrication/>
10. URL: <https://harsle.ru/blog/293-important-knowledge-points-of-sheet-metal-bending>

УДК 621.313

И.А. Грачев, Н.А. Морозов

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА РАБОЧЕГО ЗАЗОРА СИНХРОННОЙ МАШИНЫ ПО КОЭФФИЦИЕНТУ СМЕЩЕНИЯ ПОЛЯ

Аннотация: Известны методы выявления электромагнитных повреждений по характеру распределения внешнего магнитного поля машины. Показана возможность определения эксцентриситета ротора на основе результатов измерения внешнего магнитного поля, что повышает надежность диагностики выработки подшипников в условиях длительной работы. Разработан коэффициент смещения поля, который позволяет не только обнаружить наличие эксцентриситета, но и определить его величину.

Ключевые слова: синхронный генератор, диагностика, внешнее магнитное поле, коэффициент смещения поля, эксцентриситет

I.A. Grachev, N.A. Morozov

POSSIBILITIES OF DIAGNOSTICS OF ECCENTRICITY OF WORKING GAP ECCENTRICITY OF SYNCHRONOUS MACHINE BY FIELD DISPLACEMENT COEFFICIENT

Abstracts: The methods of detection of electromagnetic damages by the character of distribution of external magnetic field of the machine are known. The possibility to determine the rotor eccentricity on the basis of the results of external magnetic field measurement is shown, which increases the reliability of diagnostics of bearing development under conditions of long-term operation. The coefficient of field displacement is developed, which allows not only to detect the presence of eccentricity, but also to determine its magnitude.

Keywords: synchronous generator, diagnostics, external magnetic field, field displacement coefficient, eccentricity.

В области пожарно-спасательной деятельности широко применяются электрические машины, в частности синхронные генераторы. Спасатели часто используют передвижные дизель-генераторные установки, которые питают трансформаторные подстанции в населенных пунктах при аварийных ситуациях.

Обеспечение надежной и бесперебойной работы передвижных установок является критически важным в экстренных ситуациях, когда необходимо выполнение заданных функций. Гарантия надежности достигается путем диагностики состояния оборудования и оперативного выявления отклонений его параметров от установленного диапазона. Одной из наиболее распространенных неисправностей является износ подшипникового узла, что приводит к возникновению эксцентриситета и существенному увеличению вибрации машины.

Существует множество методов диагностики, но в последние годы для электрических машин значительное внимание уделяется методу обнаружения повреждений на основе анализа внешнего магнитного поля (ВМП) [1]. Основная методология

исследования воздействия эксцентриситета на изменения ВМП заключается в фиксации поля с использованием трехкоординатного датчика (рис. 1) и последующем анализе полученных данных.

Три датчика Холла установлены на щуп 2, изготовленный с использованием 3D-печати. В корпусе 1 расположена схема, состоящая из трех резисторов и потенциометров, предназначенных для настройки нулевого сигнала. Питание датчиков обеспечивается от батареи типа "крона". Выводы 4 предназначены для измерения напряжения питания, что необходимо для определения чувствительности датчиков. Кроме того, сделаны выводы датчиков 3 для подключения к коннектору лабораторной установки.

Датчик был модернизирован с помощью программируемой платы. Выводы 3 заменены на USB-разъем, который позволяет подключать провод к компьютеру или ноутбуку. Корпус 1 также был обновлен и напечатан на 3D-принтере, а настройка нулевого сигнала осуществляется при нажатии специальной кнопки на плате. Вывод 4 предназначенный для измерения напряжения батареи, был удален, поскольку питание датчика осуществляется через подключение к ноутбуку.

Метод демонстрирует свою эффективность только при условии наличия информации о том, каким образом проявляется контролируемое повреждение в ВМП машины. В рамках исследования был проведен эксперимент, посвященный статическому эксцентриситету.

На кафедре электромеханики была разработана лабораторная установка (рис. 2) для исследования воздействия статического эксцентриситета ротора синхронного генератора на вибрационные механические системы (ВМП). Установка включает модель турбогенератора 1 на основе асинхронного двигателя, оснащенную новым ротором, который имитирует реальный ротор турбогенератора.

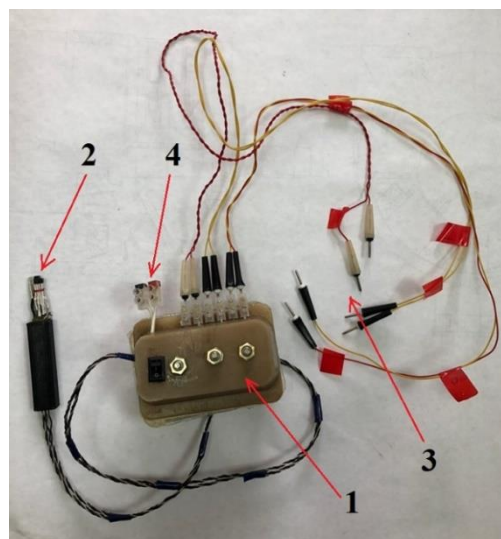


Рис. 1. Трёхкоординатный датчик для измерения ВМП

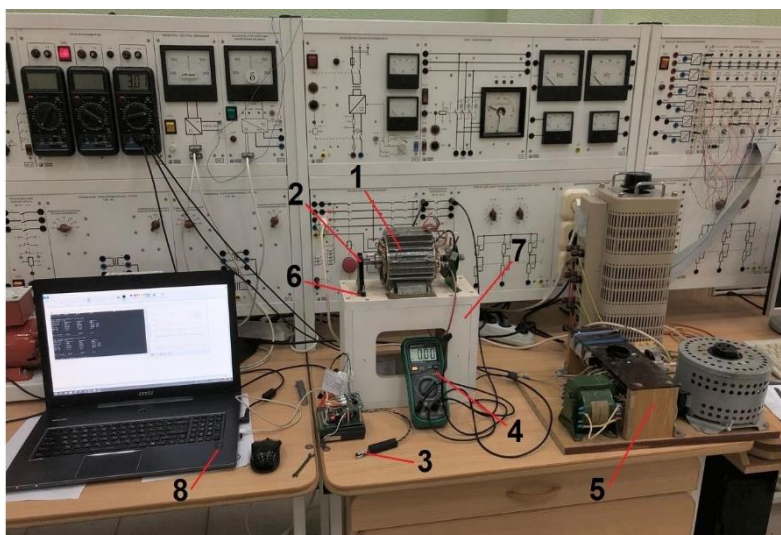


Рис. 2. Лабораторная установка для исследования влияния статического эксцентриситета ротора на ВМП

При подготовке модели к эксперименту были удалены подшипниковые щиты, что облегчило фиксацию ротора и изменение эксцентриситета. Катушки обмотки возбуждения соединены последовательно. Модель турбогенератора установлена на основании 7. Вал ротора закреплен в фиксаторах 2 (рис. 3). Измерение магнитного поля производилось с помощью трехкоординатного датчика 3, подключенного к ноутбуку 8. Для изменения эксцентриситета под фиксаторы вала помещались стальные шупы 6 различных номиналов. Возбуждение модели осуществлялось от независимого регулируемого источника питания 5. Параметры модели контролировались с помощью измерительных устройств 4.



Рис. 3. Фиксатор вала

Угол поворота ротора фиксировался с помощью стрелки, установленной на валу, и указателя угла, размещенного на одном из фиксаторов. На начальном этапе эксперимента необходим запуск программного обеспечения для трехкоординатного датчика на ноутбуке, а затем подключение датчика через USB. После этого следует откалибровать датчик, нажав кнопку на плате, чтобы привести значения индукции к нулю и исключить влияние магнитного поля Земли.

В первом положении ротор лежит на расточке статора, фиксаторы вала при этом находятся в свободном состоянии. При подаче на обмотку возбуждения постоянного тока 1 А производится съем показаний магнитного поля с помощью трехкоординатного датчика. Первая точка измерения расположена сверху машины, вторая и четвертая — с боков, третья — снизу. Измерения проводятся и по длине машины, на центральном сечении и над торцами сердечника статора. Положение датчика остается фиксированным относительно оси машины, ось датчика всегда направлена по радиусу к оси машины. Шуп необходимо плотно прижимать к станине статора. Необходима высокая точность помещения датчика в контрольных точках.

В результате эксперимента были получены значения магнитной индукции внешнего поля при различных значениях эксцентриситета. В таблице 1 представлены зафиксированные радиальные значения индукции в положении ротора, при котором северный полюс ориентирован вверх по вертикальной оси.

Таблица 1. Радиальная составляющая магнитной индукции при эксцентриситете ротора

Номер графика.	1	2	3	4	5	6	7
	Эксцентриситет ε , мм						
φ , град.	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15
0	0,384	0,38243	0,38414	0,38532	0,42064	0,45227	0,49812
90	0,04217	0,03034	0,06097	0,0085	-0,03532	-0,0533	-0,08381
180	-0,502	-0,45456	-0,42093	-0,39692	-0,39059	-0,36424	-0,34157
270	0,02039	0,03512	0,05342	0,00949	-0,03215	-0,05482	-0,09594
360	0,384	0,38243	0,38414	0,38532	0,42064	0,45227	0,49812

По этим данным в программе Excel получены графики распределения радиальной составляющей индукции ВМП (рис. 4). Нумерация графиков соответствует столбцам таблицы. При подъеме ротора с расточки статора до нулевого значения эксцентриситета, значения индукции в нижней части машины, строка таблицы 180 градусов, показывают значительные различия для разных эксцентриситетов. Это иллюстрируется графиками 1, 2, 3 и 4. Однако, при дальнейшем подъеме ротора, разница между значениями индукции снизу машины становится меньше, как видно на графиках 5, 6 и 7.

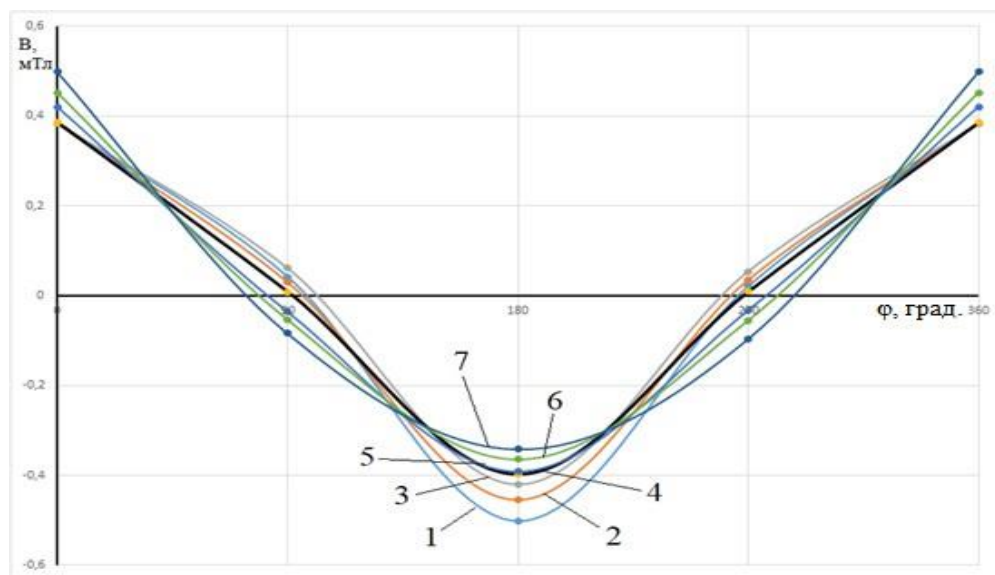


Рис. 4. Распределение радиальной составляющей индукции ВМП по окружности корпуса машины

Сверху машины распределение поля кардинально иное. Только когда ротор приближается от нулевого значения эксцентриситета к верхней точке, значения индукции начинают изменяться заметно. Это можно объяснить перераспределением магнитного поля в ярме машины и изменением его магнитного насыщения. Когда ротор приближается к расточке статора, воздушный зазор становится меньше, что приводит к увеличению магнитного поля. Со стороны большего зазора магнитное сопротивление изменяется менее значительно, что обуславливает снижение значений магнитной индукции и меньшее изменение при увеличении эксцентриситета.

На кафедре электромеханики ИГЭУ проводились исследования модели турбогенератора для выявления повреждений обмотки возбуждения. Влияние этого повреждения на внешнее магнитное поле оценивалось с использованием коэффициента несимметрии поля [2,3]. Аналогично, для оценки влияния эксцентриситета ротора на внешнее магнитное поле предлагается использовать коэффициент смещения поля (КСП), который равен отношению разности индукции ΔB при наличии эксцентриситета и без него к значению индукции B без эксцентриситета (рис. 5).

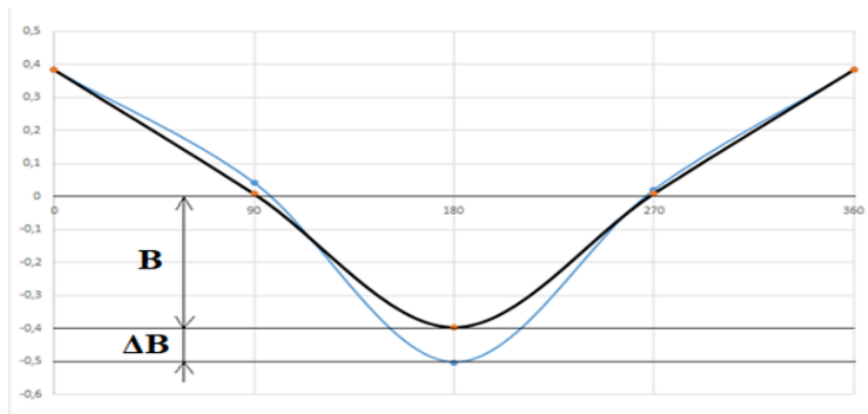


Рис. 5. Определение коэффициента смещения поля (КСП)

По радиальной и тангенциальной составляющим проведён расчет КСП, для двух пар датчиков: А – пара датчиков по вертикальной оси, которые показывают КСП радиальной составляющей индукции, и Б – пара датчиков по горизонтальной оси, КСП тангенциальной составляющей индукции. Результаты сведены в табл. 2 и показаны на рис. 6.

Таблица 2. КСП радиальной и тангенциальной составляющих индукции

Пары датчиков	Эксцентриситет ε , мм						
	-0,15	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,15
А	0,2647	0,1452	0,0604	0	-0,0159	-0,0823	-0,1394
	-0,0034	-0,0075	-0,003	0	0,0916	0,1737	0,2927
Б	0,09	0,083	0,021	0	0,0404	0,036	0,0333
	0,086	0,071	0,031896	0	-0,014	-0,0186	0,0159

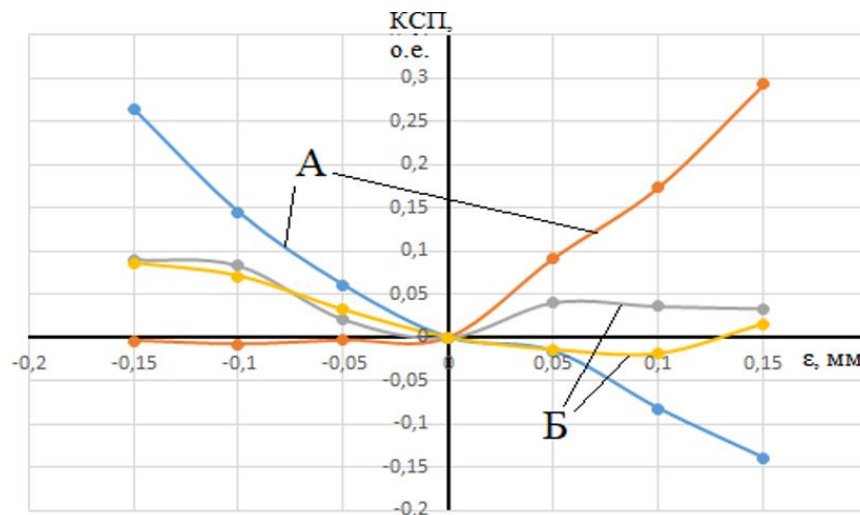


Рис. 6. КСП радиальной и тангенциальной составляющих индукции ВМП

Следует иметь в виду, что неплотное прижатие к станине машины или отклонение плоскости датчика от перпендикулярного положения относительно направления составляющей магнитного потока ведет к снижению фиксируемого значения. Используя данные КСП, можно не только обнаруживать наличие эксцентриситета, но и оценивать его величину.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Океанский, А.П. Диагностика электромагнитных несимметрий синхронных машин на основе анализа внешнего электромагнитного поля / А.П. Океанский, А.Н. Морозов, Ю.Б. Казаков // XXIV Междунар. науч.-техн. конф. студ. и аспирантов: Тез. докл. – М.: ООО «Центр полиграфических услуг Радуга», 2018. – С. 359.
2. Казаков, Ю.Б. Диагностика электромагнитных несимметрий по внешнему полю электрических машин / Ю.Б. Казаков, А.Н. Морозов, А.П. Океанский // «Проблемы электротехники, электроэнергетики и электротехнологий»: V Всеросс. н.-т. конф. ФГБОУ ВО «Тольяттинский гос. ун-т», Тольятти: Изд-во ТГУ, 2017. С. 376-380.
3. Морозов, А.Н. Коэффициент несимметрии поля при повреждениях обмотки возбуждения неявнополюсной синхронной машины / А.Н. Морозов // Матер. междуна. н.-т. конф. "Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологий" (XXI Бенардосовские чтения). Иваново, 2021. – Т. 3. Электротехника. С. 196-198.

УДК 620

И.А. Дадиев, А.В. Топоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ РЕМОНТА ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: предложена конструкция подъемного устройства для ремонта пожарных автомобилей. Устройство может быть легко перемещено внутри ремонтной зоны. Описан принцип работы

Ключевые слова: пожарная техника, ремонт, подъемное устройство, конструкция

I.A Dadiev, A.V. Toporov

DEVELOPMENT OF A LIFTING DEVICE FOR FIRE EQUIPMENT REPAIR

Abstracts: A design for a lifting device for fire truck repairs is proposed. The device can be easily moved within the repair zone. The operating principle is described

Keywords: fire equipment, maintenance, lifting device, construction

Обслуживание узлов пожарных автомобилей состоит из нескольких технологических стадий:

1. Определение расположения узла.
2. Анализ и разборка креплений. Узел закреплен на четырех эластичных опорах: передней, задней и двух промежуточных (левой и правой). Передние и промежуточные опоры выполняют несущую функцию, а задняя опора служит поддержкой агрегата. Силовые узлы монтируются на кронштейнах: передний кронштейн фиксируется к передней крышке блока двигателя, средний кронштейн — к картеру маховика, а задний кронштейн — к заднему торцу коробки передач.
3. Проверка состояния крепежей и их демонтаж.
4. Оценка состояния соединений.
5. Оценка параметров двигателя. Характеристики узла определяются согласно маркировке.
6. Изъятие узла из установочной позиции.
7. Перемещение узла к зоне обслуживания и ремонта.

Для облегчения труда работников и исключения потребности в дополнительном персонале целесообразно разработать специализированное подъемное оборудование для съема, монтажа и транспортировки узлов пожарной техники. Создание подобной конструкции представляет собой важную задачу [1, 2].

Разработка подъемного механизма предполагает создание каркасной структуры, объединенной винтовыми соединениями, смонтированной на колесах, что позволяет перемещать подъемник вдоль автомобиля в ремонтной зоне пожарного депо. В качестве основных силовых элементов применяются квадратная труба размером 80x80x5 мм по ГОСТ 8639-68 и двутавровый профиль № 12У по ГОСТ 8240-97. Основные опорные компоненты сконструированы из стандартных стальных профилей — двутавровых и квадратных труб. Выбор профильных номеров произведен с учетом предполагаемой нагрузки в 1 тонну, что обеспечивает необходимый запас прочности каждого элемента силового каркаса в пределах от 40 % до 85 %, одновременно облегчая всю конструкцию [3, 4].

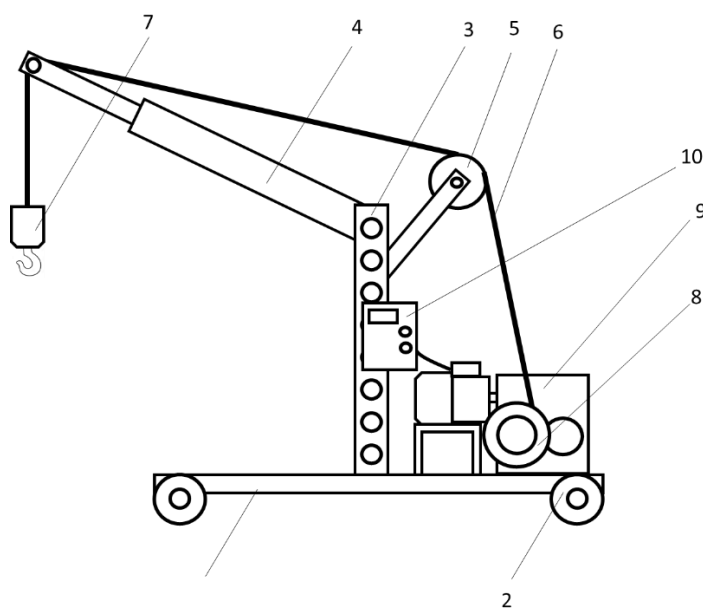


Рисунок. Схема подъемника

Принцип работы подъемника следующий. Подъемник установлен на прочном основании 1, оснащенном колесами 2, что обеспечивает его легкое передвижение по относительно ровным поверхностям внутри ремонтной зоны. На основании 1 закреплена вертикальная стойка 3, на которой находится телескопическая стрела 4. Стрела 4 регулируется по вылету благодаря своей телескопической конструкции. На стойке 3 также размещен ролик 5, через который проходит трос 6. Один конец троса 6 оснащен грузоподъемным крюком 7, а другой конец наматывается на барабан лебедки 8, подключенный к приводу 9. Привод 9 состоит из открытой зубчатой передачи, закрытой червячной передачи и асинхронного электродвигателя. Мощность на выходе привода, соединенного с барабаном лебедки 8, должна быть не меньше 2,8 кВт. Управление приводом осуществляется с помощью пульта управления 10, закрепленного на стойке 3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борц, А.Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А.Д. Борц, Я.Х. Закин, Ю.В. Иванов. – М.: Транспорт, 2008. – 159 с.
2. Грибков, В.М. Справочник по оборудованию для ТО и ТР автомобилей / В.М. Грибков, П.А. Карпекин – М.: Россельхозиздат, 2008. – 223 с.
3. Повышение мобильности подъемных устройств для ремонта и технического обслуживания пожарных автомобилей / В. В. Киселев, А. В. Топоров, В. П. Зарубин, А. В. Карханов // Современное научное знание: теория, методология, практика : Сборник научных статей по материалам V Международной научно-практической конференции: В 2-х частях, Смоленск, 31 января 2018 года. Том Часть 2. – Смоленск: Общество с ограниченной ответственностью "НОВАЛЕНСО", 2018. – С. 41-43.
4. Предпосылки разработки мобильного подъемного устройства для проведения ремонта автомобильной техники / В. В. Киселев, П. В. Покровский, А. В. Топоров, И. А. Кононов // Ключевые проблемы и передовые разработки в современной науке : Сборник научных трудов по материалам I Международной научно-практической конференции, Смоленск, 31 октября 2017 года. – Смоленск: Общество с ограниченной ответственностью "НОВАЛЕНСО", 2017. – С. 125-127.

УДК 66.047

П.Ю. Жаков, П.В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПОДЪЕМНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СУШИЛЬНОЙ БАШНИ ШАХТНОГО ТИПА

Аннотация: в данной статье предложено инженерно-техническое решение по созданию устройства для подъема пожарных напорных рукавов в сушильную башню. Для решения поставленной задачи, сконструирована рама устройства, выполнены 3D-модель и необходимые прочностные расчеты элементов рамы.

Ключевые слова: напорный пожарный рукав, башенная сушилка, подъемное устройство, рама.

DEVELOPMENT OF A LIFTING DEVICE DESIGN FOR UPGRADING A MINE-TYPE DRYING TOWER

P.Y. Zhakov, P.V. Puchkov

Abstract: this article proposes an engineering and technical solution to create a device for lifting fire hoses into a drying tower. To solve this problem, the device frame was constructed, a 3D model and the necessary strength calculations of the frame elements were performed.

Keywords: pressure fire hose, tower dryer, lifting device, frame

Основным и обязательным пожарно-техническим оборудованием в подразделениях пожарной охраны являются пожарные рукава, входящие в комплектацию не только пожарных автомобилей, пожарных поездов или судов, но и общественных зданий и технических сооружений.

Поэтому особое внимание во всем мире в подразделениях пожарной охраны уделяют ведению рукавного хозяйства. Для качественного обслуживания и ремонта пожарных рукавов, рукавные базы и посты оснащаются различным технологическим оборудованием по обслуживанию и ремонту рукавов, которое позволяет оптимизировать процесс восстановления оперативной готовности подразделений.

В пожарно-спасательной части №117 27 ПСО ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Пермскому краю процесс сушки пожарных напорных рукавов является одним из проблемных вопросов. Сложность обслуживания пожарных рукавов связана прежде всего с трудоёмкостью подъема пожарных рукавов в шахту сушильной башни. На рисунке 1 видно, что пожарные напорные рукава поднимаются с помощью лебедки по одной скатке, кроме того, возникает проблема равномерного распределения рукавов по сечению шахты. Для проведения данного вида работ должны быть задействованы как минимум два исполнителя, один из которых находится на нулевой отметке башни, а второй находится на высотной отметке.

Для повышения производительности процесса обслуживания пожарных рукавов за счет снижения мышечной работы пожарного до функции оператора и организации работ одним исполнителем предлагается разработать устройство для подъема рукавов в сушильную башню. При этом обслуживаемые рукава должны просушиваться естественным способом непосредственно на раме устройства.

Известно, что рукава для сушки необходимо развешивать равномерно по всему сечению шахты сушильной башни. Плотность заполнения берется из расчета 10–15 рукавов на 1 м². Так как ширина шахты составляет 1050 мм, то подвижную раму подъемного устройства необходимо изготовить размером 1050 x 1050 мм. Площадь рамы позволит сушить одновременно до 16 рукавов. Вес одного сырого рукава диаметром 77 мм составляет порядка 18 кг. Поэтому максимальная грузоподъемность рамы должна составлять не менее 300 кг.

Предлагаемая конструкция рамы для подъема рукавов в башенную сушилку представлена на рис. 2 [1, 2].

Подъемное устройство состоит из: рамы с перекладинами, системы блоков с тросом и лебедки. На стальной сварной раме (1) размещено пять перекладин (2) для размещения на них пожарных рукавов. Данные перекладины закреплены шарнирно на раме и могут складываться, как показано на рис. 3. При развешивании рукавов на раму подъемного устройства необходимо откинуть под углом 90° необходимое количество перекладин. Остальные перекладины должны находиться в сложенном состоя-

нии, чтобы облегчить доступ к рукавам на «задействованных» перекладинах. Так как длина пожарного рукава составляет 20 м, поэтому он подвешивается на перекладине способом сложения вдвое.



Рис. 1. Подъем напорных пожарных рукавов в сушильную башню в ПСЧ № 117

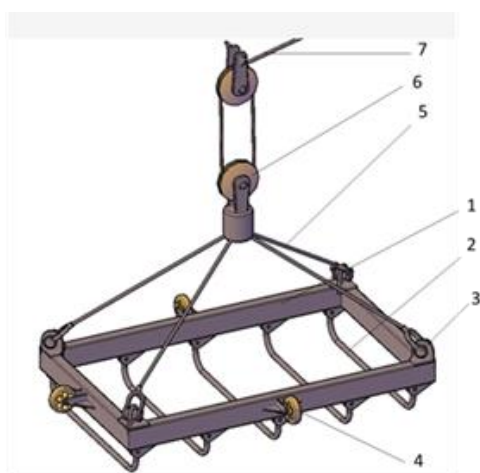


Рис. 2. Конструкция рамы для подъема рукавов в сушилку башенного типа:
1 – стальная сварная рама; 2 – перекладина поворотная; 3 – вертлюг; 4 – колесо-ролик; 5 – стропа; 6 – блок; 7 – трос основной

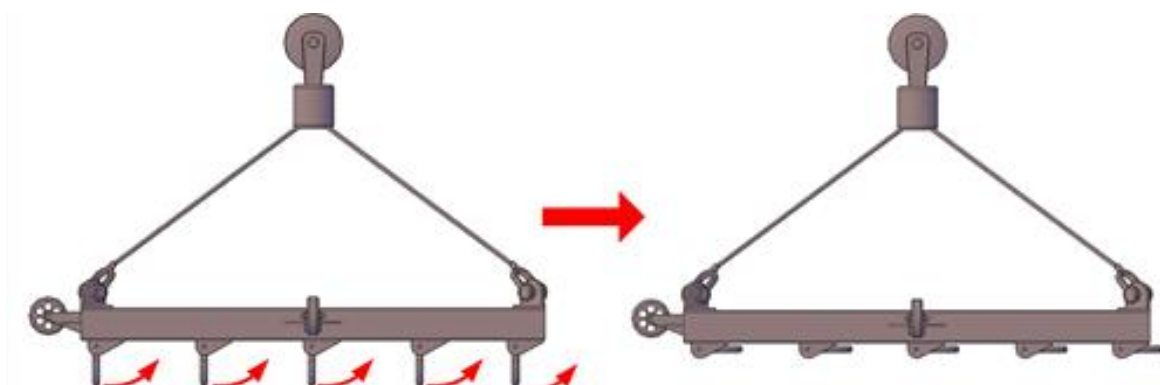


Рис. 3. Схема приведения в нерабочее положение перекладин

Во время подъема и спуска пожарных рукавов в шахте сушильной башни для предотвращения раскачивания рамы из стороны в сторону, она должна быть оснащена с трех сторон колесами-роликами (рис. 4), которые упираясь в стены шахты будут перекатываться по ней, не создавая сопротивления движению подъемного устройства (8).

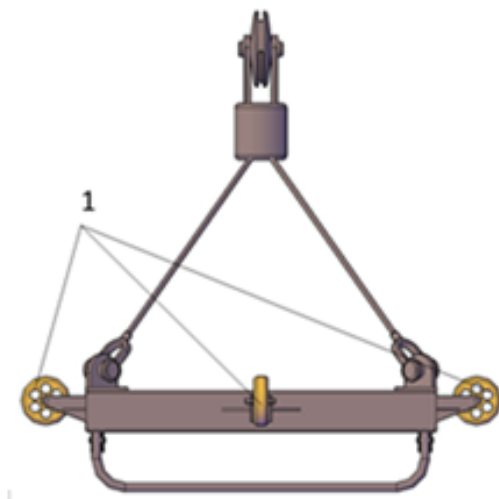


Рис. 4. Конструкция рамы для подъема рукавов в сушилку башенного типа (вид сбоку):
1 – колесо-ролик

После разработки конструкции рамы устройства были выполнены все необходимые расчеты. Для подъема и спуска рамы конструкцию необходимо оснастить лебедкой со стальным тросом длиной 22 м и диаметром не менее 6 мм. Длина рамы составляет 1050 мм, на которой крепится 5 перекладин для сушки до 16 рукавов (1 сырой рукав диаметром 77 мм весит ~18 кг). На рис. 5 представлена расчетная схема элемента рамы.

На (рис. 6) представлена эпюра поперечных сил, возникающих в элементе рамы, нагруженной 5 силами, приложенными на установленном расстоянии от края балки.

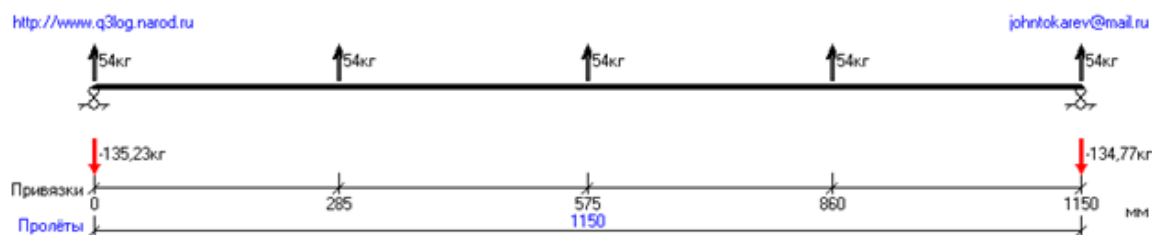


Рис. 5. Расчётная схема элемента рамы

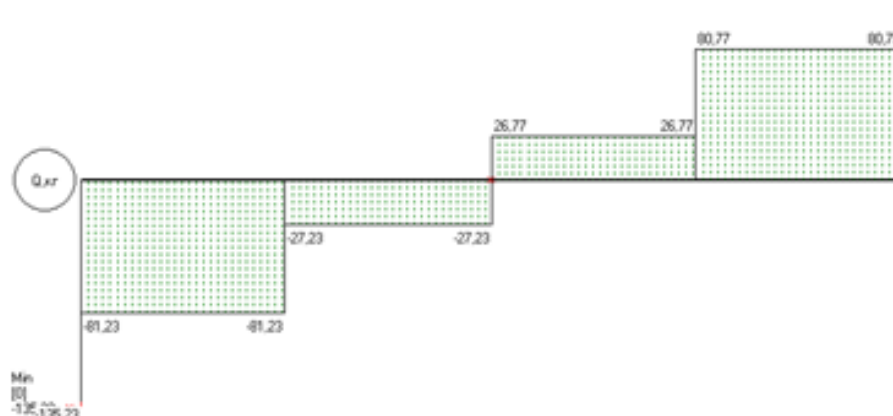


Рис. 6. Эпюра поперечных сил элемента рамы

На рис. 7 представлена эпюра изгибающих моментов, возникающих в элементе рамы.

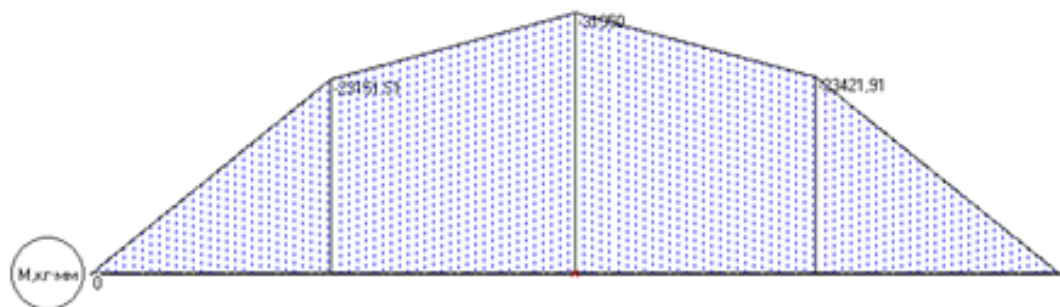


Рис. 7. Эпюра изгибающих моментов

На основании проведенных расчетов подобран профиль сортового проката (швеллер 10П) для изготовления рамы подъемного устройства с учетом его полной загрузки 16 рукавами диаметром 77 мм. Также рассчитан диаметр стального троса (6 мм) для подъема рамы с пожарными рукавами на высотную отметку сушильной башни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков, П. В. Исследование прочностных показателей наиболее нагруженных деталей башенной сушилки с использованием компьютерного моделирования / П. В. Пучков, В. Е. Иванов // Вестник машиностроения. – 2023. – № 1. – С. 85-87. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-1-85-87.
2. Пучков П.В. Концепция проектирования подъемных устройств для сушики пожарных рукавов в башенных сушилках Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XV Международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново, 17–18 ноября 2020 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С.274-277.
3. Пучков П.В., Легкова И.А., Иванов В.Е., Покровский А.А. Разработка устройств для технического обслуживания пожарных рукавов. «Современные проблемы гражданской защиты» Выпуск №4 (41) 2021 С.64-69
4. Ширяев, В. В. Разработка подъемного механизма в башенной сушилке для сушики пожарных рукавов / В. В. Ширяев, Д. Ю. Сударьков, В. Е. Иванов // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 331-334.
5. Иванов, В. Е. Проведение прочностного анализа конструкций разрабатываемого пожарного оборудования / В. Е. Иванов, П. В. Пучков // Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 402-405.
6. Иванов, В. Е. Применение современного программного продукта для трехмерного моделирования деталей и узлов пожарной техники / В. Е. Иванов, И. А. Легкова, П. В. Пучков // Пожарная и аварийная безопасность. – 2017. – № 2(5). – С. 53-65.

УДК 621, 614.84

Н.Д. Жерехов, В.Е. Иванов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ШЕСТИКОЛЕСНОГО РОБОТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РАЗВЕДКИ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аннотация: статья посвящена созданию роботизированной системы на шестиколесном шасси, позволяющей проводить разведку в условиях чрезвычайных ситуаций. При оснащении робота манипулятором расширяется спектр задач, которые он способен выполнять с целью обеспечения безопасной работы личного состава пожарной охраны при тушении пожаров и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера.

Ключевые слова: робот, шасси, пожарная техника, чрезвычайная ситуация, конструкция.

N.D. Zherekhov, V.E. Ivanov

DEVELOPMENT OF A SIX-WHEELED ROBOT DESIGN FOR RECONNAISSANCE IN EMERGENCY SITUATIONS

Abstract: the article is devoted to the creation of a robotic system on a six-wheeled chassis, allowing for reconnaissance in emergency situations. When equipping a robot with a manipulator, the range of tasks that it can perform is expanded in order to ensure the safe operation of fire-fighting personnel when extinguishing fires and eliminating the consequences of man-made and natural emergencies.

Keywords: robot, chassis, fire fighting equipment, emergency, design.

Сегодня специалисты в области программирования и робототехники, работающие в сфере пожарной безопасности, считают, что приоритетом должны стать роботы с возможностью дистанционного управления, и выполняющие работу самостоятельно, без участия человека. В связи с этим все больше и больше создается программируемых роботов, чтобы избежать гибели сотрудников и пострадавших. Разработка современных образцов пожарной техники является актуальной задачей [1, 2].

Выбор шасси является ключевым этапом проектирования мобильных роботов, особенно для задач, требующих высокой проходимости и надежности, таких как разведка и тушение пожаров [3, 4, 5]. Шасси определяет мобильность, устойчивость и способность робота функционировать в экстремальных условиях. Поэтому первым этапом был проведен анализ колесных и гусеничных шасси [6, 7]. К преимуществам колесных шасси можно отнести высокую скорость, простоту управления и конструкции, а также минимальный шум. К недостаткам: ограниченная проходимость на рыхлых или неровных поверхностях, особенно для четырехколесных шасси, риск пробуксовки на склонах. Для гусеничных шасси преимуществами являются: отличное сцепление с грунтом, равномерное распределение нагрузки. Недостатки гусеничных шасси: низкая скорость, высокое энергопотребление, сложность ремонта в полевых усло-

виях. Для обеспечения высокой проходимости и скорости перемещения широко применяются шестиколесные шасси [8, 9]. Применение шести колес снижает давление на грунт, что обеспечивает свободное перемещение по песку, снегу или золе, а использование независимой подвески повышает устойчивость на неровностях. Шестиколесное шасси обеспечивает высокую грузоподъемность, что дает возможность установки оборудования для тушения пожаров, проведения разведки и другого назначения.

Для проведения разведки применяют роботы-вездеходы с шестиколесным шасси, их дополнительно оснащают дроном для разведки местности. Сама платформа обладает высокой проходимостью и является многофункциональной, поскольку имеет место для оснащения дополнительного оборудования. Шестиколесные роботы способны преодолевать сложные препятствия и имеют хорошую устойчивость даже на высоких скоростях. В качестве выполняемых задач позволяют проводить исследования и мониторинг опасных участков местности, обезвреживание взрывоопасных предметов, разведка и наблюдение, транспортировка грузов.

Таким образом, для обеспечения необходимых функций разведки выбрано шестиколесное шасси (рис. 1).

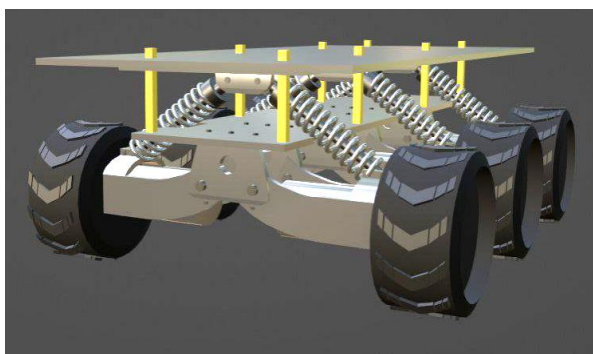


Рис. 1. Шестиколесное шасси

Шасси будет оснащено платформой для установки дрона и манипулятором. На рис. 2 представлен шестиколесный робот с независимой подвеской, который позволит дополнительно устанавливать полезную нагрузку на платформу (тепловизор, камера, освещение и др.).

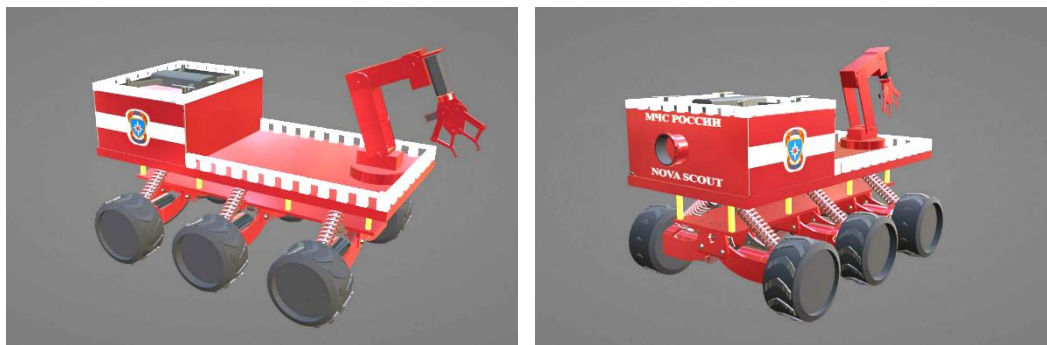


Рис. 2. Робот с манипулятором и дроном

Манипулятор с клешней позволит убирать препятствия на пути следования робототехнической платформы, также для перемещения каких-либо опасных предметов, что позволяет экономить время и силы личного состава пожарной охраны, а также уменьшить риск возникновения травм у личного состава.

Экспериментальная шестиколесная робототехническая платформа находится в стадии разработки, дальнейшие изменения в конструкции и оснащении будут изменены в ходе проведения экспериментальных исследований. Шестиколесный робот с дроном позволит обеспечить разведку и безопасность личного состава при работе в зонах с возможностью выброса химически опасных и радиоактивных веществ, где данная установка частично заменяет личный состав в ходе разведки и работы по ликвидации ЧС и к тому же является многофункциональной и может быть оснащена различным дополнительным оборудованием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев, В. В. Конструирование робототехнического комплекса легкого класса на основе модульной компоновки для мониторинга, разведки и тушения загораний / В. В. Киселев, В. Е. Иванов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2021. – № 11. – С. 483-485. – DOI 10.36652/0202-3350-2021-22-11-483-485.

2. Пучков, П. В. Робототехнический комплекс МРДМ-2 / П. В. Пучков, Р. М. Саландин // Надежность и долговечность машин и механизмов : сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России и 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов, Иваново, 16 апреля 2020 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2020. – С. 289-292.

3. Киселев, В. В. Разработка разведывательного робототехнического комплекса легкого класса с возможностью установки различной полезной нагрузки / В. В. Киселев, А. В. Топоров, В. Е. Иванов // Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения : Материалы Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 14 апреля 2020 года / Составители Т.В. Мусиенко, В.А. Онов, Н.В. Федорова. Том 1. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2020. – С. 67-69.

4. Иванов, В. Е. Обеспечение безопасности на путях железнодорожного сообщения путем использования автономного роботизированного дефектоскопа / В. Е. Иванов, К. М. Ляхова // Общенаучные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России : Сборник трудов секции № 16 XXX Международной научно-практической конференции, Химки, 19 марта 2020 года. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России, 2020. – С. 60-64.

5. Ибрагимов, В. М. Идея создания роботизированного комплекса для сбора нефтепродуктов с поверхности воды / В. М. Ибрагимов, Н. А. Кропотова, П. В. Пучков // Надежность и долговечность машин и механизмов : СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Иваново, 15 апреля 2021 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2021. – С. 221-223.

6. Жерехов, Н. Д. Анализ робототехнических устройств применяемых для тушения пожаров / Н. Д. Жерехов, В. Е. Иванов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : Сборник материалов VII международной научно-практической конференции, Иваново, 17 октября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 107-112.

7. Жерехов, Н. Д. Инновационные решения при разработке робототехнических устройств для пожаротушения / Н. Д. Жерехов, В. Е. Иванов // Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 373-378.

8. Иванов, В. Е. Разработка робототехнического устройства с отсеками для аварийно-спасательного инструмента / В. Е. Иванов // Фундаментальные и прикладные аспекты развития современной науки : Сборник трудов по материалам XII Международного конкурса научно-исследовательских работ, Уфа, 27 марта 2023 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2023. – С. 19-23.

9. Митушки, К. В. Робототехническое устройство для перевозки аварийно-спасательного инструмента / К. В. Митушки, В. Е. Иванов, П. М. Тарутин // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2022. – С. 386-390.

УДК 621

С.В. Зинченко, Н.А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МОДЕРНИЗАЦИЯ РУЧНОГО СТВОЛА ПОЖАРНОГО ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В КАЧЕСТВЕ СТВОЛА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Аннотация: в статье рассмотрена возможность адаптации ручного пожарного ствола к катушке высокого давления за счет модернизации конструкции и как решение исследовательской задачи создание переходной полугайки. Авторами обоснован выбор ствола за счет аналитического обзора поломок ручных пожарных стволов и их низкой ремонтпригодностью.

Ключевые слова: створ ручной пожарный, ствол высокого давления, модернизация, переходная полугайка.

S.V. Zinchenko, N.A. Kropotova

MODERNIZATION OF HANDHELD FIRE NOZZLE FOR USE AS A HIGH-PRESSURE NOZZLE

Abstract: This article examines the possibility of adapting a handheld fire nozzle to a high-pressure hose through modernization of its design, and as a solution to the research task, the creation of a transitional half-nut. The authors justify the choice of nozzle based on an analytical review of the failures of handheld fire nozzles and their low reparability.

Keywords: handheld fire nozzle, high-pressure nozzle, modernization, transitional half-nut.

Пожары характеризуются быстрым нарастанием опасных факторов пожара. Что и создает большую опасность для жизни и здоровья людей и приводит к уничтожению материальных ценностей. Существует необходимость скорейшей локализации и ликвидации загорания, т.е. создание условий, при которых процессы горения не могут развиваться.

Горению подвергаются материалы различного агрегатного состояния. Тушение требует применения огнетушащих веществ, обеспечивающих наиболее рациональный механизм тушения. Для его реализации в очаг горения подается необходимое огнетушащее вещество. Для успешного тушения пожаров следует выполнить два основных условия: скорейшее начало тушения и подача в очаг горения огнетушащих веществ, требуемого состава, необходимой интенсивности и количества. Эти требования отражаются в тактико-технических характеристиках пожарно-технического вооружения.

Обновление устаревшего оборудования в пожарных частях идет неспешно, если сопоставить с прогрессом в области науки и современных технологий [1]. Обзор статистических данных показывает, что положительная динамика сохраняется и набирает обороты, рис. 1.

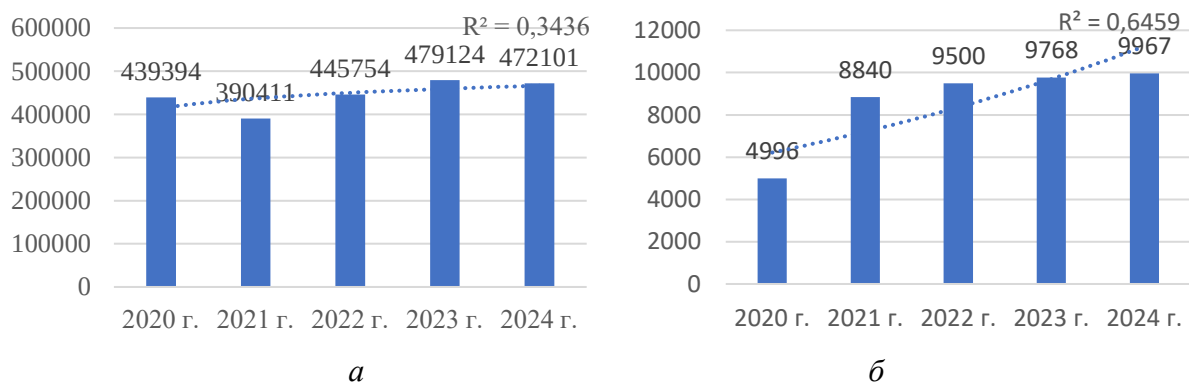


Рис. 1. Обзор статистических данных по России (а) и Краснодарском крае (б) за пять лет

Исследование, проведенное среди подразделений Федеральной противопожарной службы Краснодарского края, показало широкое использование пожарных машин, оборудованных стволом-распылителем высокого давления (далее – СРВД). Однако, следует подчеркнуть, что после выхода из строя ствола эти машины не могут функционировать в полной мере, что может привести к серьезным проблемам. Важно отметить, что оперативность подачи первого ствола имеет решающее значение для успешного тушения пожара. На основе практического опыта можно утверждать, что СРВД обеспечивают более быструю подачу струи по сравнению с обычными пожарными стволами и рукавами, а также позволяют распылять до 2 литров огнетушащего вещества в секунду в виде мелких частиц. Мы полагаем, что использование ствола

высокого давления значительно улучшает эффективность борьбы с различными возгораниями, включая пожары в квартирах, частных домах и автомобилях, и других подобных ситуациях.

В результате исследования функционирования и факторов, приводящих к поломкам СРВД в подразделениях пожарной охраны Краснодар, установлено, что ресурс данного устройства ограничен периодом от одного года до полутора лет при интенсивной работе. При активном применении срок его службы без необходимости ремонта сокращается почти на 50 %. Наиболее распространенные неисправности и вероятность их возникновения:

- снижение подачи воды и дальности струй по причине засорения каналов ствола инородными телами, наслоение нерастворимых осадочных образований на внутренних стенках до 40 %;
- заедание регулировочной рукоятки происходит чаще всего в связи с износом уплотнительного материала между рукояткой и корпусом ствола и как следствие попадание грязи – 22 %;
- протекание воды из ствола в положении рукоятки «Закр» в связи с износом уплотнительного материала запорного устройства – 12 %;
- заедание вращения барабана, так как ослабевают крепления опоры к автомобилю и как следствие смещение оси опоры с приводом и частичное разрушение – 8%;
- в связи с износом уплотнительного материала запорного устройства происходит течь из внутренней полости барабана – 4%;
- попадание инородных тел часто является следствием ослабления или повреждения пружины, поджимающей клапан и как следствие выводит из строя штуцер для продувки рукавов – 4%;
- другие, единичные случаи – 10%

Применение только ручных пожарных стволов нормального давления, избегая проблемных вопросов частого выхода из строя стволов высокого давления допустимо, но как показывает практика, малоэффективно. Этому способствует ряд факторов, зависящих как от самих пожарных стволов, от условий ее применения [2], так и от факторов, которые ограничивают подачу огнетушащих веществ в очаг пожара:

- необходимость прокладывания магистральных и рабочих рукавов к месту пожара;
- ограниченная дальность струи при тушении, когда высокая температура и интенсивный тепловой выброс препятствуют приближению к очагу;
- возможность корректировки длины рукавной линии на любой момент процесса пожаротушения [3];
- значительный объем потребляемой воды в районах, где отсутствуют внешние и природные источники водоснабжения для нужд пожаротушения.

Применение только ручных пожарных стволов нормального давления, избегая проблемных вопросов частого выхода из строя стволов высокого давления допустимо, но как показывает практика, малоэффективно [4]. Этому способствует ряд факторов, зависящих как от самих пожарных стволов, от условий ее применения, так и от факторов, которые ограничивают подачу огнетушащих веществ в очаг пожара:

- необходимость прокладывания магистральных и рабочих рукавов к месту пожара;

- ограниченная дальность струи при тушении, когда высокая температура и интенсивный тепловой выброс препятствуют приближению к очагу;
- возможность корректировки длины рукавной линии на любой момент процесса пожаротушения;
- значительный объем потребляемой воды в районах, где отсутствуют внешние и природные источники водоснабжения для нужд пожаротушения.

Анализируя возможность восстановления работоспособности высокомоощного ствола, можно сделать вывод о малой целесообразности подобной процедуры. Дело в том, что уже после короткого периода использования возникают дефекты в местах соединения рукоятки управления с корпусом у скользящего клапана. Также выходит из строя шток, который обеспечивает согласованное движение рукоятки и скользящего клапана, что приводит к выходу СВД из рабочего состояния. Предпринимавшийся попытки восстановления этого узла оказывались экономически невыгодными, поскольку требовали значительных затрат ресурсов, а срок службы отремонтированного изделия составлял лишь несколько месяцев. Надежность противопожарного оборудования во время его использования (включая применение по назначению, хранение, перевозку, техническое обслуживание и ремонт) в значительной степени определяется стадией жизненного цикла, на которой оно находится. Согласно данным, полученным исключительно из практического опыта, эти стадии включают период начального этапа (или обкатки), стабильной работы и постепенного износа (или устаревания).

На начальном периоде использования оборудования часто наблюдается всплеск поломок, что, вероятно, связано с выработкой дефектов, обусловленных особенностями конструкции и применяемых технологий. Данный период обычно не длительный, занимая около пятнадцати процентов от общего срока службы – это первый отрезок эксплуатации. Затем следует период стабильной и бесперебойной работы – второй отрезок. По мере достижения семидесятипроцентного износа начинается процесс физического старения, что и обуславливает рост числа отказов – третий отрезок. Важно отметить, что проявление старения может быть различным. Однако в рассматриваемой ситуации, когда деградация материала еще не произошла, а ремонт оборудования экономически не оправдан, возникает необходимость проведения данного исследования.

Для подбора подходящего элемента для соединения с устройством подачи огнетушащих веществ под высоким давлением ключевым фактором стала стабильная работа ручного пожарного ствола комбинированного типа, обладающего широкими возможностями, регулировкой расхода и способностью к импульсной подаче «КУРС 8И».

В процессе запланированных испытаний было принято решение о разработке универсального переходного узла в виде полугайки, предназначенной для использования со всеми пожарными стволами с внутренним диаметром 51 мм (рис. 2).

Полагается, что использование такой универсальной полугайки значительно облегчит обеспечение совместимости ручных пожарных стволов и системы высокого давления.



Рис. 2. Втулка для изменения (уменьшения) потока огнетушащих средств:
главный вид – *а*, вид сбоку – *б*

Было принято решение об изменении, а именно уменьшении внутреннего диаметра полугайки, что позволит значительно снизить расход огнетушащих веществ, для ствола пожарного ручного комбинированного универсального с регулируемым расходом и функцией импульсной подачи огнетушащих веществ «КУРС 8И». В большей степени это разработано для достижения необходимого давления в стволе, что, в свою очередь, скажется на тактико-технических характеристиках данного устройства. Испытания проводились на базе 2 ПСЧ 12 ПСО ФПС ГПС Главного Управления МЧС России по Краснодарскому краю.

В процессе тестирования были обнаружены определенные изъяны. Главная проблема заключалась в том, что его конструкция не позволяет ему противостоять давлению, которое рассчитано для пожарного ручного комбинированного универсального ствола с регулируемым потоком и изменяемой формой струи высокого давления РСКУ-20ВД. Несмотря на внесённые конструктивные улучшения в ствол «КУРС 8И», которые не привели к желаемому результату, было решено заменить полугайку с резьбовым соединением.

Для обеспечения максимальной эффективности пожарных подразделений в борьбе с огнем, крайне важно внедрять современные, передовые разработки. Эти инновации должны быть не только легко реализуемыми, но и экономически целесообразными, а также быстро пригодными для массового производства. После устранения обнаруженных проблем в процессе использования, можно будет перейти к следующему этапу тестирования.

В ходе исследования были решены следующие задачи:

- 1) изучен модельный ряд, технические характеристики, устройство и область применения состоящих на вооружении ручных пожарных стволов.
- 2) изучен модельный ряд, технические характеристики, устройство и область применения состоящих на вооружении стволов высокого давления.
- 3) произведена оценка тактических возможностей подразделений ГПС при тушении возможного пожара в помещении гостиницы «Аврора», с учетом применения традиционных ручных, а также ствола и катушки высокого давления [5].

4) произведен анализ полученных данных о времени наступления локализации пожара, сделан вывод об эффективности применения ствола и катушки высокого давления;

5) спроектирован ручной ствол с возможностью его применения в качестве ствола высокого давления;

6) апробирован на базе подразделения 12 ПСО ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Краснодарскому краю;

7) доказаны неоспоримые достоинства модернизированного ручного ствола для использования в качестве ствола высокого давления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топоров А.В., Киселев В.В., Кропотова Н.А., Смирнов М.В. Разработка пневмогидравлического привода аварийно-спасательного инструмента // Пожарная и аварийная безопасность. 2017. № 1 (4). С. 50-60.

2. Леушин Е.Н., Кропотова Н.А., Пучков П.В. Разработка робототехнического комплекса и системы для противопожарной защиты и ликвидации последствий пожаров и взрывов на водных объектах // Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». ИПСА ГПС МЧС России, 2018. 45-48.

3. Леушин Е.Н., Кропотова Н.А. Моделирование робототехнического комплекса для мониторинга и ликвидации аварийного пролива нефтепродуктов с поверхности воды // Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции «Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций», 2018. С. 125-127.

4. Топоров. А.В., Киселев В.В., Кропотова Н.А. Улучшение рабочих характеристик ручного немеханизированного пожарного инструмента // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 1(50). – С. 107-113.

5. Зинченко С.В., Кропотова Н.А. Модернизация ручного ствола пожарного для повышения эффективности его эксплуатации // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охране России, 21 ноября 2024 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. – С. 394-399.

УДК 614.843

Л.И. Зылёв, И.В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ РУКАВНОГО ЭКРАНА

Аннотация: в статье представлена разработка и проектирование рукавного экрана, предназначенного для групповой защиты личного состава подразделений пожарной охраны и техники, работающих на участках со значительным тепловым излучением, посредством создания защитной водяной завесы (экрана) в форме вертикальной веерообразной распылен-

ной струи. Указано, что экран может быть применен при деформации напорного пожарного рукава.

Ключевые слова: пожаротушение, рукавный экран, зажим, пожар, разработка.

DEVELOPMENT AND DESIGN OF A SLEEVE SCREEN

Abstract: the article presents the development and design of a sleeve screen designed for group protection of personnel of fire protection units and equipment operating in areas with significant thermal radiation, by creating a protective water curtain (screen) in the form of a vertical fan-shaped spray jet. It is indicated that the shield can be applied when the pressure fire hose is deformed.

Keywords: firefighting, sleeve shield, forest fires, alkaline trunk, development of group protection equipment.

В мире становится всё более актуальной проблема предотвращения стихийных пожаров, особенно в условиях нестабильности климата. В 2022 году от пожаров пострадало 5,17 миллиона гектаров лесных массивов, а в 2023 году этот показатель снизился до 4,6 миллиона гектаров. Однако уже в первом полугодии 2024 года площадь лесных пожаров достигла 1,2 миллиона гектаров, что превышает средний показатель за последние пять лет. [1].

Стоит отметить, что в пожароопасные периоды зачастую применяется специализированная пожарная техника, а также силы и средства МЧС России. При этом в ходе тушения лесных пожаров бывают случаи потери пожарной техники. В связи с этим вопрос сохранения и защиты техники, используемой для борьбы с лесными пожарами, является актуальным.

Одним из технических решений в области не только пожаротушения, но и защитных мероприятий является так называемая водяная завеса. Водяные завесы, применяемые в подразделениях, являются средством обеспечения безопасности людей и техники в процессе тушения пожаров. Их ключевое достоинство – это мелкодисперсное распыление воды, которое обеспечивает интенсивное охлаждение и тушение очагов возгорания, а также защиту оборудования от перегрева. При этом стоит отметить, что в открытых источниках недостаточно раскрыто описание или опыт применения водяных завес для целей пожаротушения (лесных пожаров) и защиты личного состава, а также пожарной техники от тепловых потоков [2].

Известно исследование [3] в котором рассматривается вопрос защиты лесопожарных автомобилей от воздействия лесного пожара. Предлагается конструкция оборудования для создания водяной завесы, которая состоит из двух контуров. Первый контур создаёт водяную завесу сверху, защищая весь автомобиль, а второй контур защищает колёса. Существует два режима работы системы: ручной и автоматический. Учитывая актуальность проблемы лесных пожаров, применение предложенной конструкции водяной завесы на лесопожарном автомобиле может снизить риск возгорания и защитить технику и людей от воздействия лесного пожара.

При этом сам лесопожарный автомобиль может сам стать источником пожара, так как на нём сосредоточено большое количество горючих материалов, таких как краска, пластмасса, пожарные рукава и т.д. Многие из этих материалов разрушаются при повышении температуры от 100–150 °С, а при температуре более 110–130 °С

происходит обгорание, вспучивание краски, изменение плотности резинотехнических изделий и их возгорание [4].

Для целей пожаротушения и защиты личного состава, а также пожарной техники может быть применён пожарный ствол – щелевой распылитель. Он предназначен для групповой защиты личного состава подразделений пожарной охраны и техники, работающих на участках с сильным тепловым потоком, посредством создания защитной водяной завесы (экрана) в форме вертикальной веерообразной распыленной струи [5-10]. Водяная завеса позволяет находиться личному составу и технике в непосредственной близости от очага пожара.

В свою очередь, с целью защиты личного состава, а также пожарной техники в условиях лесных пожаров, была разработана и спроектирована модель рукавного распылителя, крепящегося на рукав по принципу рукавного зажима (рис. 1).

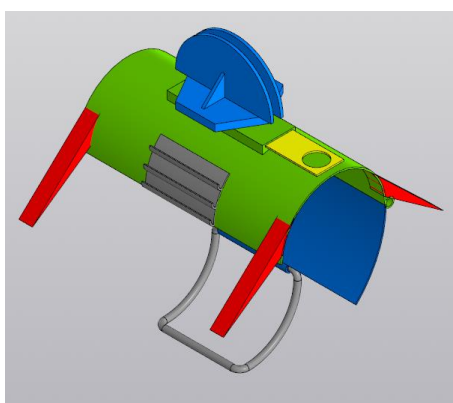


Рис. 1. 3D-модель рукавного распылителя

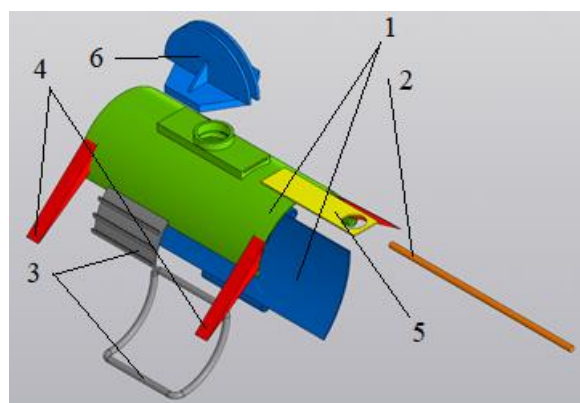


Рис. 2. Конструкция рукавного распылителя

Разработанное устройство крепится на рукавную линию, имеющую порывы/порезы или заранее подготовленные отверстия в нужных местах, по принципу рукавного зажима. Указанная конструкция обеспечивает фиксацию рукава и формирование распылённой водяной струи (завесы) с возможностью управления направлением распыления.

В конструкцию рукавного распылителя входит (рис. 2):

- 1 – металлические пластины;
- 2 – соединительный элемент;
- 3 – затяжной механизм;
- 4 – опоры;
- 5 – перекрывное устройство;
- 6 – форсунка.

Основная часть рукавного распылителя – металлические пластины (рис. 3), которые обхватывают рукав и обеспечивают его фиксацию.

Затяжной механизм (3), используется для регулировки силы зажима (прижатия к напорному пожарному рукаву). При затяжке корпус сжимается, что позволяет надежно фиксировать конструкцию на рукав.

Рукавный распылитель имеет четыре опоры (рис. 4) тем самым предотвращая наклон в стороны и опрокидывание конструкции, что может повлиять на положение водяной завесы относительно земли.

Для создания водяной завесы спроектирована форсунка (рис. 5), устанавливаемая в верхней части рукавного распылителя. Форсунка имеет отверстие диаметром 2 мм она позволяет струю, истекающую из «свища» на рукаве превращать в мелко-дисперсную струю, а для направления распыления используются боковые направляющие.

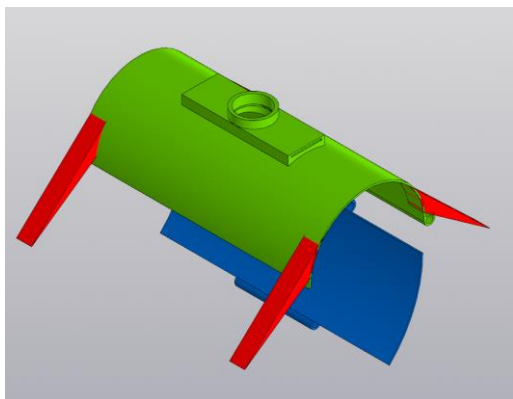


Рис. 3. Металлические пластины

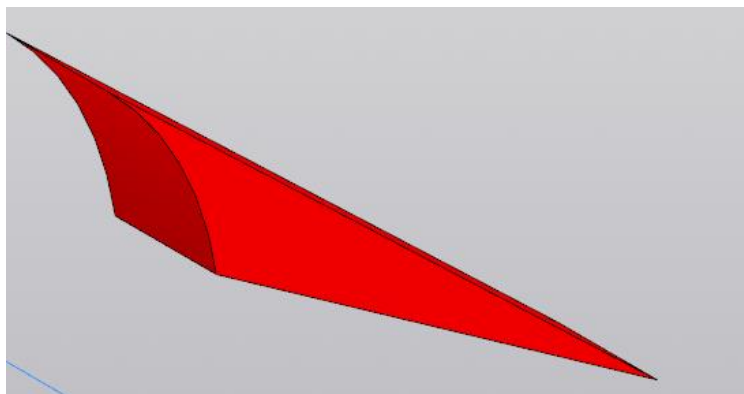


Рис. 4. Опора

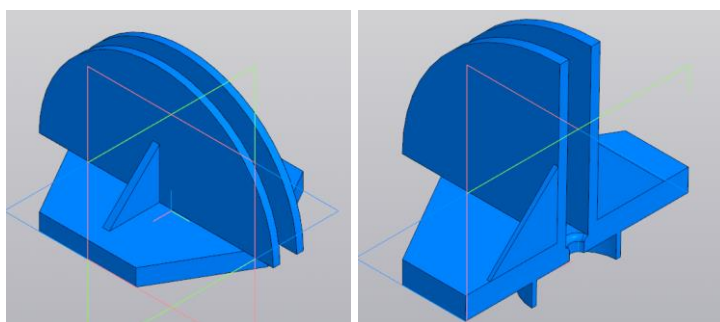
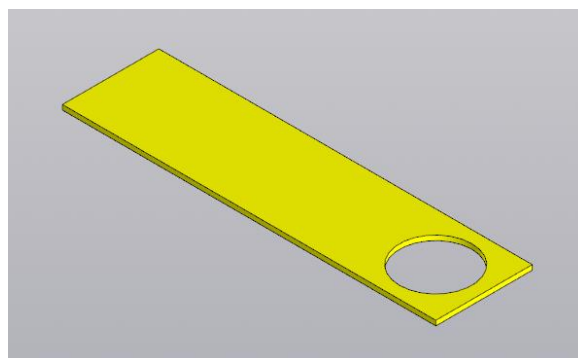


Рис. 5. Форсунка

Для прекращения подачи водяной завесы в конструкции предусмотрена пластина-затворка (рис. 6).

Рис. 6. Пластина затворка



Таким образом можно сформулировать промежуточный вывод. На данном этапе исследования разработана 3D-модель рукавного распылителя, которая может применена в качестве дополнительного оборудования, применяемого при защите личного состава, а также пожарной техники в условиях лесных пожаров. При дальнейшей работе по данному направлению планируется доработка перспективного облика рукавного распылителя, а также его прототип для проведения натурных испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов И. И. Пожары и пожарная безопасность в 2023 году : информ.- аналитич. сб. Балашиха: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2024. 110 с.
2. Смирнов С. С. Водяные завесы в системах противопожарной защиты / С. С. Смирнов. – М.: Энергия, 2021. – 180 с.
3. Тепловая защита для лесопожарных машин / В. В. Абразумов, И. В. Глебов, М. Г. Ермоченков [и др.] //Научные тенденции: Вопросы точных и технических наук: матер. XIV междунар. науч. конференции. –Санкт-Петербург, 2018 – С. 20–25.
4. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения [Текст] : Справ. изд. / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч. 2. – 774 с.
5. Моисеев Ю.Н., Харламов Р.И., Колбашов М.А. Пожарно-техническое и аварийно-спасательное оборудование: учебное пособие для обучающихся по специальности 20.05.01 «Пожарная безопасность»: ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2017. С 21.
6. Федоров Ф. Ф. Применение водяных завес для защиты техники от лесных пожаров / Ф. Ф. Федоров. – М.: Огонь и безопасность, 2023. – 150 с.
7. Васильев В. В. Пожарная безопасность: методы и средства / В. В. Васильев, А. А. Громов. – М.: Безопасность, 2020. – 400 с.
8. Лебедев Л. Л. Инновационные решения в области противопожарной защиты / Л. Л. Лебедев. – М.: Стройиздат, 2021. – 220 с.
9. Орлов О. О. Технические аспекты водяных завес / О. О. Орлов. – М.: Техника, 2022. – 175 с.
10. Николаев Н. Н. Защита от лесных пожаров: современные подходы / Н. Н. Николаев. – М.: Экология, 2023. – 260 с.
11. Соловьев С. С. Противопожарные технологии: от теории к практике / С. С. Соловьев. – М.: Научный мир, 2020. – 350.

УДК 621.8

Н.Ю. Иванов, В.П. Зарубин, А.Д. Демин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ КАТУШКИ СТВОЛА-РАСПЫЛИТЕЛЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ МОБИЛЬНОСТИ

Аннотация: в статье рассматривается вопрос повышения эффективности тушения пожаров с помощью ствола-распылителя высокого давления; проведен анализ недостатков в работе со стволом; выявлены технические особенности конструкции ствола и катушки, модернизируя которые появляется возможность расширить область применения ствола-распылителя высокого давления, его мобильность, эргономичность и эффективность в использовании.

Ключевые слова: пожарно-техническое вооружение, оснащение пожарного автомобиля, ствол-распылитель, пожарный рукав, рукав высокого давления.

N.Y. Ivanov, V.P. Zarubin, A.D. Demin

PROPOSALS FOR UPGRADING THE HIGH-PRESSURE SPRAY BARREL COIL TO INCREASE ITS MOBILITY

Abstract: the article discusses the issue of increasing the efficiency of extinguishing fires using a high-pressure spray barrel; analyzes the shortcomings in working with the barrel; identifies the technical design features of the barrel and coil, upgrading which makes it possible to expand the scope of the high-pressure spray barrel, its mobility, ergonomics and efficiency in use.

Keywords: firefighting equipment, fire truck equipment, spray gun, fire hose, high-pressure hose.

Из всего разнообразия инструмента, оборудования и устройств входящих в комплект пожарно-технического вооружения можно выделить в особую группу пожарные рукава. Гибкие трубопроводы, предназначенные для транспортировки воды и огнетушащих веществ являются одним из основных оборудования, которым оснащаются пожарные автоцистерны. Различного диаметра и назначения рукава применяются в зависимости от поставленной боевой задачи. Прокладка протяженных рукавных линий с целью перекачки большого количества воды или локализация небольшого очага возгорания требует применения различных рукавов оснащенных, подходящим для выполнения задачи, стволом.

Опыт проведения работ по тушению пожаров указывает на то, что для ликвидации относительно небольших пожаров чаще всего применяют пожарные рукава диаметром 51 мм. Однако стоит отметить, что для некоторых случаев даже эти рукава являются избыточными по количеству подаваемого огнетушащего вещества. В достаточно большом количестве случаев, решить боевую задачу можно при использовании катушки со стволом-распылителем высокого давления (СРВД). Преимущество использования такого ствола выражается в легкости ствола и рукава, мобильности, возможности подачи как воды, так и пены. Потушить возгорание возможно с меньшими затратами воды по сравнению с тушением рукавом диаметром 51 мм. По завершению работ сбор рукава высокого давления значительно легче и быстрее по сравнению со сбором рукавной линии состоящих из нескольких рукавов.

Но несмотря на все достоинства пожарного ствола СРВД (рис. 1), у него есть существенный недостаток в том, что катушка с рукавом устанавливается на автомобиле, а сам рукав имея ограниченную длину не имеет возможности замены или удлинения.



Рис. 1. Расположение катушки высокого давления с СРВД на автомобиле

Решение указанного выше недостатка с расширением тактико-технических возможностей СРВД является актуальной. Переоборудование и усовершенствование имеющегося оснащения предлагается проводить с учетом следующих требований: минимальные затраты на изготовление и установку дополнительного оборудования; минимальные затраты времени и материальных средств на обслуживание; простота в использовании.

Ориентируясь на указанные требования, предлагается дооснастить пожарные автомобили передвижной рукавной катушкой высокого давления (рис. 2).

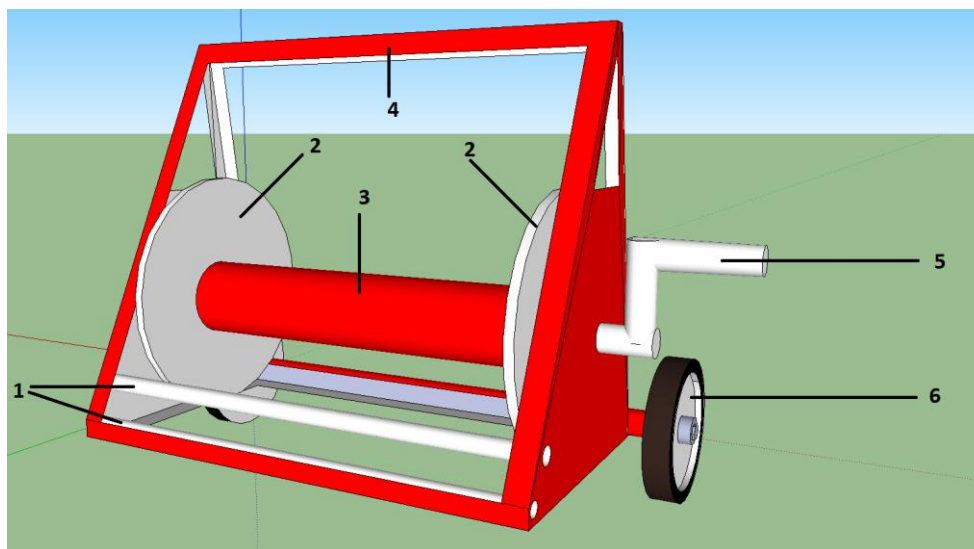


Рис. 2. Модель проектируемой рукавной катушки высокого давления:

- 1 – направляющие; 2 – ограничители; 3 – барабан;
- 4 – рукоятка транспортирования (несущая рама);
- 5 – рукоятка для вращения барабана; 6 – колеса

Конструкция рукавной катушки представляет собой сварную раму 4 (рис. 2) выполненную из профильной трубы. Выбор такого профиля обеспечивает необходимую прочность конструкции при минимальных массовых показателях. Мобильность

катушки обеспечивается наличием колес 6, которые позволяют ее перемещать по горизонтальным поверхностям на большие расстояния. Основная часть конструкции барабан 3 с ограничителями 2 и рукояткой вращения 5 спроектирован с учетом габаритов и создания необходимого крутящего момента для наматывания 100 метров рукава высокого давления.

Наличие такой катушки на пожарном автомобиле, в значительной степени расширяет область применения рукавов высокого давления при выполнении задач по тушению пожаров. В случае наличия стационарной катушки высокого давления, с помощью мобильной катушки можно увеличить длину рукавной линии на дополнительные 100 метров. При отсутствии стационарной катушки высокого давления на пожарном автомобиле имеется возможность подключения к насосу рукава с мобильной катушки высокого давления для решения боевых задач. Таким образом наличие на пожарном автомобиле переносной катушки с рукавом высокого давления создает резерв рукава высокого давления и повышает тактические возможности подразделений пожарной охраны при тушении пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андрюшенко, М. С. Рекомендации по выбору устройств и приспособлений для скатки пожарных рукавов, и сбора рукавных линий / М. С. Андрюшенко, В. П. Зарубин // Надежность и долговечность машин и механизмов: Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2024. – С. 5-10.
2. О необходимости качественной очистки пожарных рукавов после использования / В. С. Соболева, Е. А. Крашенинникова, В. П. Зарубин, И. А. Легкова // Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2024. – С. 595-600.
3. Обзор оборудования для сушки пожарных рукавов / М. Р. Казаков, В. П. Зарубин, И. А. Легкова, И. О. Гусев // Надежность и долговечность машин и механизмов: Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2024. – С. 73-77.
4. Тлатов, Т. К. Разработка конструкции устройства для талькирования пожарных рукавов / Т. К. Тлатов, В. П. Зарубин // Надежность и долговечность машин и механизмов: Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2022. – С. 420-423.
5. Жуков, В. Е. К вопросу защиты населенных пунктов в сельской местности от ландшафтных пожаров / В. Е. Жуков, В. П. Зарубин // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2023. – С. 218-223.
6. Антамохин, А. С. Разработка конструкции для сушки пожарных рукавов / А. С. Антамохин, В. П. Зарубин // Надежность и долговечность машин и механизмов: Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2022. – С. 303-307.

УДК 621.8

А.В. Исраилов, В.П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО АВТОМОБИЛЯ ДЛЯ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ БОЕВЫХ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Аннотация: в материале статьи затрагивается вопрос материально-технического обеспечения пожарных подразделений, выполнения работ по доставке в подразделения необходимых материалов и оборудования, транспортировки узлов и агрегатов пожарных автомобилей в ремонтные мастерские, обеспечение и доставка смазочных материалов для машин и механизмов; предлагается провести дооснащение вспомогательного автомобиля подъемным механизмом для увеличения его функциональных возможностей.

Ключевые слова: вспомогательные автомобили, подъемные механизмы, мобильный кран, агрегатный метод ремонта.

A.V. Israilov, V.P. Zarubin

PROPOSALS FOR THE MODERNIZATION OF AN AUXILIARY VEHICLE FOR THE LOGISTICAL SUPPORT OF COMBAT FIRE BRIGADES

Abstract: The article deals with the issue of logistical support for fire departments, the delivery of necessary materials and equipment to the units, the transportation of components and assemblies of fire trucks to repair shops, the provision and delivery of lubricants for machines and mechanisms; it is proposed to retrofit the auxiliary vehicle with a lifting mechanism to increase its functionality.

Keywords: auxiliary vehicles, lifting mechanisms, mobile crane, aggregate repair method.

Выполнение боевых задач пожарными подразделениями зависит от множества факторов и качество обеспечения пожарных всем необходимым играет важную роль. Понимая всю сложность и многогранность службы по материально-техническому обеспечению обратим внимание на небольшую его часть, а именно на процессы связанные с транспортировкой имущества. Перевозка инструмента, оборудования, смазочного материала, узлов и агрегатов пожарной техники может быть как периодической, так и регулярной задачей. Для решения указанных выше работ используют различные транспортные средства. Достаточно часто пожарные подразделения укомплектованы вспомогательным автомобилем на базе УАЗ 3303.

Имея различное исполнение данный автомобиль выполняет большой спектр различных задач по обеспечению. Чаще всего для транспортировки различных грузов он идет в исполнении бортовой платформы без дополнительных надстроек и модернизаций.

Имея ряд преимуществ перед другими подобными автомобильными средствами бортовое исполнение УАЗа имеет недостатки. В частности, вопрос погрузки и разгрузки тяжелых и габаритных грузов требует больших физических затрат или использование дополнительного специального погрузчика.



Рис. 1. Общий вид автомобиля
УАЗ 3303

Анализ существующих подъемных механизмов, устанавливаемых на автомобили подобного класса, позволяет сделать заключение о большом их разнообразии. В зависимости от назначения устанавливаемые грузоподъемные краны имеют различную грузоподъемность, относительную мобильность и поэтому различную конструкцию. Это говорит о том, что такого рода механизмы проектируются под конкретные задачи.

В нашем случае для обеспечения постоянной готовности мобильных средств пожаротушения их технически исправного состояния требуется проведение ремонтных работ и работ по техническому обслуживанию. В настоящее время ремонт пожарных автомобилей проводится агрегатным методом. Этот метод требует проведения ряда работ по демонтажу вышедшего из строя агрегата, погрузка его на транспорт и перевозка в ремонтную специализированную мастерскую. Для выполнения этих работ требуется автомобиль с достаточной грузоподъемностью с возможностью осуществления погрузки и разгрузки. Операции по техническому обслуживанию так же требуют использования подобного автомобиля. Так, например, доставка смазочных материалов для пожарной техники осуществляется в бочках обращение с которыми без применения специальной техники проблематично.

Рассмотрев более подробно ряд ремонтных работ и работ по техническому обслуживанию был определен диапазон рабочих масс и габаритов перевозимых грузов. В ряд этих грузов попадают агрегаты трансмиссии грузовых автомобилей, ходовой части, элементы пожарной надстройки, бочки с маслом. Для решения задач по погрузке и транспортированию указанных единиц груза предлагается конструкция универсального подъемного поворотного механизма устанавливаемого в кузов автомобиля УАЗ 3303. Конструкция подъемного механизма предусматривает возможность его изготовления в условиях ремонтной мастерской с минимальными затратами на материал и технологию изготовления. Это обусловлено необходимостью выполнения определенного списка погрузочных работ с постоянными значениями грузоподъемности и габаритами. Общий вид подъемника представлен на рис. 2.

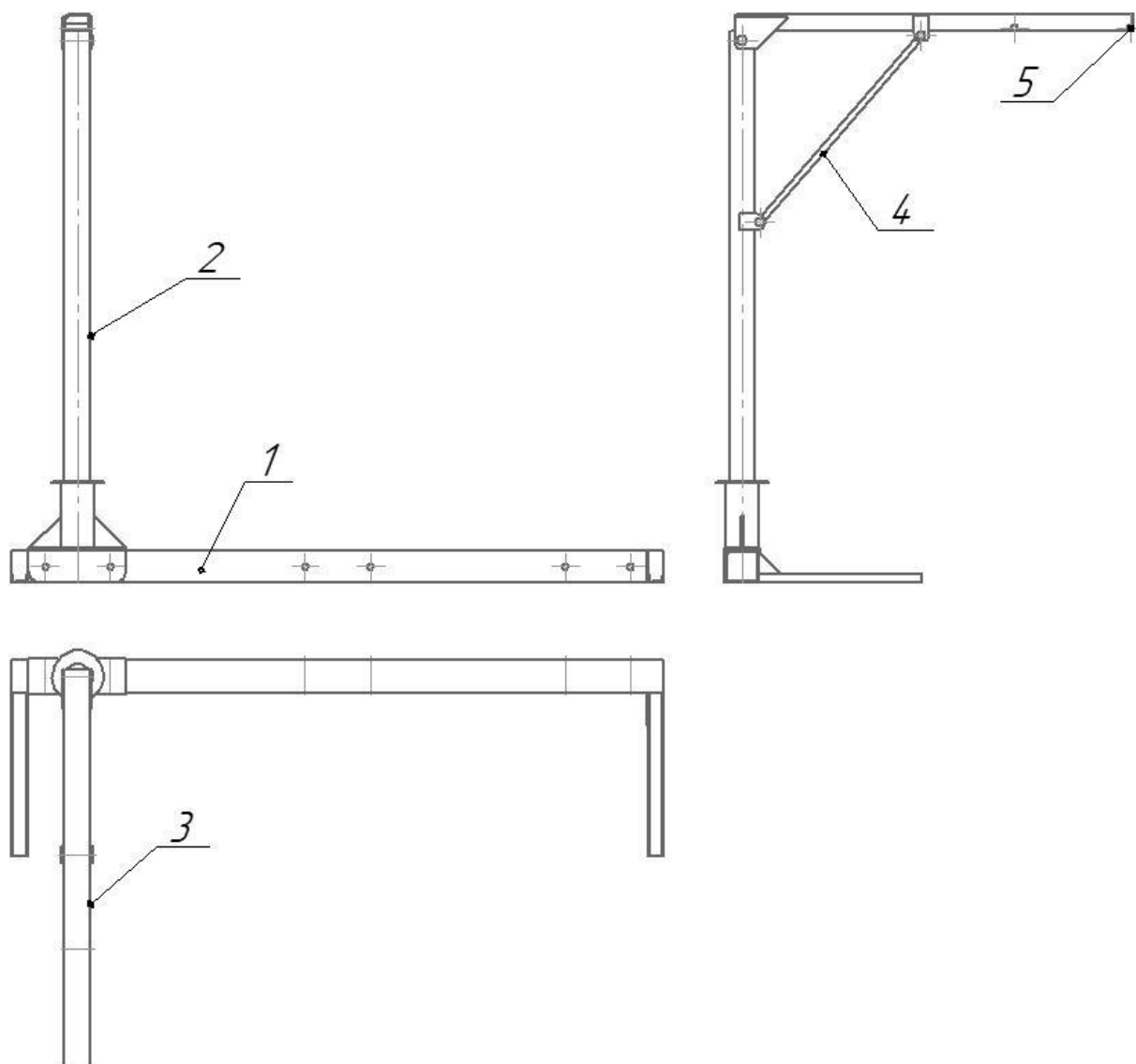


Рис. 2. Общий вид подъемника для автомобиля УАЗ 3303

Подъемник состоит из сварной рамы 1 (рис. 2). Основная часть рамы выполнена из трубы квадратного сечения размером 100x100 мм. Для устойчивости к опрокидыванию и надежному креплению к кузову автомобиля рама имеет поперечные опоры, выполненные из швеллера №5. Сварное соединение основной части рамы с поперечными опорами и дополнительными косынками обеспечивают необходимую прочность и жесткость всей конструкции рамы. На основную часть рамы устанавливается стойка 2. Стойка состоит из двух секций, предусматривающих возможность осевого поворота одной секции относительно другой. Нижняя секция крепится на основной части рамы. Крепление осуществляется с помощью пальцев через отверстия в раме. Такой вид разъемного соединения дает возможность перемещать стойку подъемника относительно рамы, а значит и относительно грузовой платформы автомобиля. К стойке 2, через шарнирное соединение, крепится стела 3. Горизонтальное положение стрелы 3 обеспечивается поддерживающимся упором 4. На стреле предусмотрены стержни 5 для установки цепной лебедки. Общий вид цепной лебедки представлен на рис. 3.

Рис. 3. Общий лебедки цепной



У подъемника предусмотрено рабочее и транспортное положение. Рабочее положение обеспечивается вертикальным положением стойки 2 и горизонтальным положением стрелы 3. На один из стержней 5 стрелы 2 подвешена цепная лебедка. Стойку вместе со стрелой и лебедкой можно перемещать вдоль рамы и фиксировать либо по бортам грузовой платформы, либо по центру. В собранном положении стрела вместе с верхней частью стойки имеет возможность осевого поворота. Это облегчает поднятие груза со стороны борта и загрузку кузова автомобиля. Транспортное положение подразумевает сложенное состояние подъемника. Для этого необходимо отсоединить упор 4 от стрелы и от стойки и сложить стрелу к стойке. Разъединив соединение стойки и рамы имеется возможность стойку из вертикального положения перевести в горизонтальное.

Предлагаемое грузоподъемное устройство, установленное на вспомогательный автомобиль УАЗ 3303, расширит его функциональные возможности и решит ряд проблемных рабочих вопросов по загрузке, разгрузке и транспортировке имущества необходимого для обеспечения работоспособности пожарных автомобилей и другого оборудования. Так при проведении ремонта трансмиссий автомобилей при необходимости доставки снятого агрегата в специализированную мастерскую есть возможность с помощью предлагаемого подъемника загрузить агрегат в кузов автомобиля, не прибегая к большим физическим нагрузкам работников ремонтной мастерской. С помощью грузоподъемного механизма один человек сможет поднять на грузовую платформу автомобиля груз массой до 600 килограмм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легкова, И. А. Модернизация конструкции мобильного устройства для проведения технического обслуживания пожарных автомобилей / И. А. Легкова, В. П. Зарубин, В. С. Соболева // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2024. – С. 133-137.
2. Макулов, Д. М. Подбор оборудования для замены масел и смазок в пожарных автомобилях / Д. М. Макулов, В. П. Зарубин, И. А. Легкова // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конфе-

ренции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2024. – С. 464-468.

3. Повышение эффективности эксплуатации пожарной техники за счет создания необходимых условий для ее ремонта и технического обслуживания / И. А. Легкова, В. П. Зарубин, В. Е. Иванов, А. А. Покровский // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 2(51). – С. 47-55.

4. Берсанов, И. А. Усовершенствование конструкции подъемных устройств для решения задач по техническому обслуживанию пожарных автомобилей / И. А. Берсанов, И. А. Легкова, В. П. Зарубин // Актуальные вопросы эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов: Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, Химки, 12–13 декабря 2023 года. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2023. – С. 24-28.

5. Легкова, И. А. Разработка конструкции специального приспособления для обслуживания и ремонта пожарных автомобилей / И. А. Легкова, В. С. Соболева, В. П. Зарубин // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 23 ноября 2023 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2023. – С. 519-525.

УДК 661.185:66.063.6.022.36:6.022.36:621.66

С.В. Кабанов¹, А.И. Ларина¹, С.В. Натареев^{1,2}

¹Ивановский государственный химико-технологический университет

^{1,2}Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РОТОРНЫЙ КАВИТАЦИОННЫЙ ДИСПЕРГАТОР ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЭМУЛЬСИЙ И СУСПЕНЗИЙ

Аннотация: в статье представлены результаты исследования процесса получения высокодисперсной эмульсии масло – вода и суспензии раствор поливинилпирролидона-углеродные нанотрубки в роторно-кавитационной машине. Представлены дисперсные характеристики получаемой эмульсии при различных циклах нагружения в диспергаторе. Предложено эмпирическое уравнение для описания кинетики устойчивости эмульсии в системе масло в воде.

Ключевые слова: роторный кавитационный диспергатор, кавитация, эмульсия, суспензия.

S.V. Kabanov, A.I. Larina, S.V. Natareev

ROTARY CAVITATION DISPERSER FOR PREPARATION OF EMULSIONS AND SUSPENSIONS

Annotation: the article presents the results of a study of the process of obtaining a highly dispersed oil-water emulsion and a suspension of a polyvinylpyrrolidone solution-carbon nanotubes in a rotary cavitation machine. The dispersion characteristics of the resulting emulsion under different loading cycles in the disperser are presented. An empirical equation for describing the kinetics of emulsion stability in an oil-in-water system is proposed.

Keywords: rotary cavitation disperser, cavitation, emulsion, suspension.

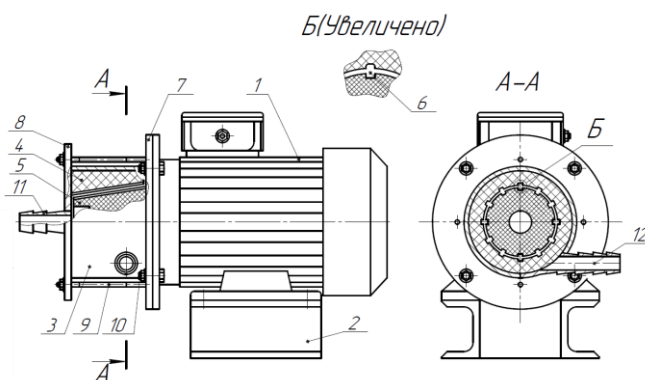
Диспергаторы нашли широкое применение для получения высокодисперсных эмульсий и суспензий, паст, гелей и других дисперсных систем. В пожарном деле данные аппараты используются для получения диспергированных жидкостей, содержащих различного рода химические добавки, усиливающие огнетушащую способность [1].

Другим примером может служить добавление в воду для пожаротушения загустителей, таких как полиэтиленоксида и полиакриламида, позволяющих снизить гидравлическое сопротивление воды на 50–70 % за счёт уменьшения вязкости и потерь на трение в пожарных рукавах. Вода с такими добавками получила название «скользящая вода», и её применение позволяет увеличить дальность подачи водяной струи. На практике также используется вода с добавлением жидких и твердых смачивателей, способствующих повышению эффективности тушения пожара [2]. Учёные национального исследовательского технологического университета «Московский институт стали и сплавов» создали волокнистый магнитный материал, имеющий в своем составе ультрадисперсные магнитотвердые частицы феррита стронция. Костюм, изготовленный с применением нового материала, рассчитан на температуру 800 °С и защищает от сильнодействующих ядовитых веществ и электромагнитного излучения [3]. Огнетушащая суспензия на основе воды и нанотрубок была создана в Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России. В состав суспензии входят вода и многослойные углеродные нанотрубки (МУНТ) с диаметром 30–150 нм и длиной 1–3 мкм. Содержание МУНТ в суспензии не превышает 0,5–1,0 об.%. Огнетушащая суспензия используется для тушения пожаров класса «В», то есть горение легковоспламеняющихся и жидких веществ.

В работе проведены результаты исследования процессов получения эмульсий и суспензий в роторном кавитационном диспергаторе, показанном на рис. 1.

Рис. 1. Роторный кавитационный диспергатор:

- 1 – электродвигатель; 2 – рама металлическая; 3 – корпус; 4 – статор;
- 5 – ротор; 6 – зазор между ротором и статором с прорезями;
- 7 – крышка правая; 8 – крышка левая;
- 9 – шпильчатое соединение;
- 10 – болтовое соединение;
- 11 – патрубок для входа суспензии;
- 12 – патрубок для выхода суспензии



Активируемая смесь поступает непрерывно в патрубок 11 диспергатора и проходит в зазор 6 между статором 4 и ротором 5. На статоре и роторе есть множество канавок. При вращении ротора канавки вызывают схлопывание кавитационных пузырьков в смеси. Крупные капли разрушаются до 1 мкм под воздействием сдвиговых напряжений и кавитационных пузырьков, а мелкие капли дополнительно разрушаются за счёт соударений и сдвиговых напряжений среды, образующихся при обработке суспензии. Ультразвуковая кавитация также способствует дроблению капель. Это создаёт локальные нормальные напряжения и импульсы давления. Схлопывание пузырьков активирует смесь. После прохождения зазора 6 смесь выбрасывается в тангенциальный патрубок 12. Затем активированная смесь поступает в ёмкость для готового продукта.

Исследования проводились на эмульсии, состоящей из трансформаторного масла и воды (М/В), а также на суспензии, включающей углеродные нанотрубки и раствор поливинилпирролидона (УНТ/ПВП).

Трансформаторное масло марки ВГ (ТУ 38.1011025-85) представляет собой очищенную фракцию нефти, получаемую при перегонке, выкипающую при температуре от 300 до 400 °С. Масло имеет следующие характеристики: плотность при 20 °С не более 895 кг/м³; кислотное число не более 0,01 мг КОН/г; выдерживает испытание на коррозию медной пластинки; кинематическая вязкость при $t = 50$ °С составляет 9 мм²/с; при -30 °С – 1200 мм²/с; температура застывания не выше -45 °С, температура вспышки в закрытом тигле не ниже 135 °С; механические примеси отсутствуют.

При проведении опытов к 97 % воды добавляли 3 % масла. Частота вращения ротора составляла 3000, 4500 и 6000 об/мин.

Углеродные нанотрубки (УНТ) «Таунит-М» (ТУ 2166-001-02069289-2006) представляют собой одномерные наномасштабные нитевидные образования поликристаллического графита длиной более 2 мкм с наружными диаметрами от 15 до 40 нм в виде сыпучего порошка черного цвета.

Для получения суспензии использовали 10 % раствор поливинилпирролидона (номер CAS 9003-38-8). Начальные концентрации УНТ в жидкости принимали 1 мг/мл, 5 мг/мл и 15 мг/мл. Поливинилпирролидон используется в качестве стабилизатора.

На рис. 2 представлены результаты исследования расслоения эмульсий М/В в течение четырех суток после завершения процесса диспергирования в роторном кавитационном диспергаторе. Установлено, что самой стабильной оказалась эмульсия, приготовленная в диспергаторе при 6000 об/мин. В этой системе содержание трансформаторного масла через 72 часа составило около 0,18 %. В эмульсии, полученной при 4500 об/мин, этот показатель был 0,1 %, а при 3000 об/мин — менее 0,05 % [4].

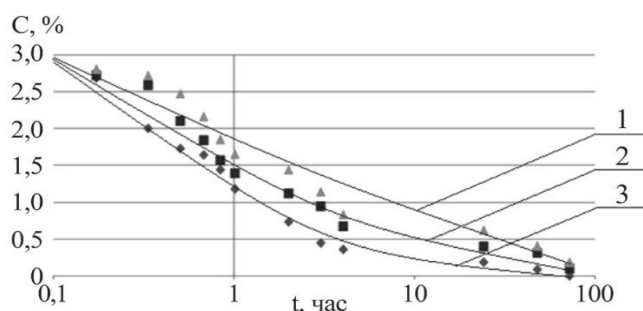


Рис. 2. Расслоение эмульсии М/В в зависимости от времени процесса при различной частоте оборотов ротора: 1 – 6000 об/мин; 2 – 4500 об/мин; 3 – 3000 об/мин

Для расчета среднего времени пребывания эмульсии в лабораторном диспергаторе зададимся радиусами для верхнего $r_1 = 0,033$ мм и нижнего $r_2 = 0,0595$ мм оснований ротора.

Время пребывания эмульсии в роторе-статоре определяется по формуле:

$$\tau = \frac{V_{\text{к.з.}}}{Q}, \quad (1)$$

где $V_{\text{к.з.}}$ – объем кавитационной зоны, Q – примерная объемная производительность, которая равняется $0,4 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Объем кавитационной зоны рассчитывается так:

$$V_{\text{к.з.}} = V_2 - V_1, \quad (2)$$

где V_1 - объем ротора, V_2 – объем ротора с учетом зазора между ротором и статора.

Ротор представляет собой усеченный конус, объем которого рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{1}{3} \pi h (r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2). \quad (3)$$

Находим

$$V_1 = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,108 \cdot (0,033^2 + 0,033 \cdot 0,0595 + 0,0595^2) = 0,000744 \text{ м}^3;$$

$$V_2 = \frac{1}{3} \cdot 3,14 \cdot 0,108 \cdot (0,034^2 + 0,034 \cdot 0,0605 + 0,0605^2) = 0,000776 \text{ м}^3;$$

$$V_{\text{к.з.}} = 0,000776 - 0,000744 = 0,000022 \text{ м}^3;$$

$$\tau = \frac{0,000022}{0,4} = 0,000055 \text{ ч (или } 0,198 \text{ с)}.$$

Обработка экспериментальных данных позволила получить эмпирическое уравнение, описывающее изменение концентрации масла в эмульсии в зависимости от времени её выдержки:

$$C_{\text{м}} = 0,02\tau^2 - 2,6\tau + 90, \quad (4)$$

где $C_{\text{м}}$ - концентрация масла в эмульсии, %; τ - время выдержки эмульсии, час.

В таблице приведены в сравнении экспериментальные данные ($C_{\text{м.эксп}}$) и результаты расчета ($C_{\text{м.расч}}$) изменения концентрации масла в эмульсии в зависимости от времени процесса.

Таблица. Сравнение экспериментальных данных и результатов расчета по уравнению (4)

τ , час	$C_{м.расч}$, %	$C_{м.эксп}$, %	Δ , %
0,5	88,51	90,67	2,4
1	87,22	85	2,6
24	38,69	39	0,8
48	10,61	11,33	6,3

Сравнение экспериментальных и расчетных данных позволяет сделать вывод об их удовлетворительной сходимости.

Таким образом, в результате исследований было установлено, что роторный кавитационный диспергатор являются эффективным инструментом для получения эмульсий и суспензий. Анализ распределения размеров эмульсии типа М/В выявил динамику изменения частиц дисперсной системы в течении четырех суток. Установлено, что на устойчивость эмульсии незначительное влияние оказывает повышение частоты вращения ротора от 3000 до 6000 об/мин. Это позволило разработать эмпирическое уравнение для описания кинетики устойчивости эмульсии в системе масло в воде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двоенко О.В., Щербаков Н.А., Захаров А.И. Применение механизмов диспергирования жидкости для нужд пожаротушения // Техносферная безопасность. 2023. № 4 (11). С. 24-36.
2. Илюшов Н.Я. Пожаровзрывобезопасность. Огнетушащие вещества: учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. 123 с.
3. <https://smotrim.ru/article/1323844>.
4. Цымбалов А.С., Ларина А.И., Толстоухов С.А. Блиничев В.Н. Исследование влияния типа ПАВ и числа оборотов роторного диспергатора на стабильность эмульсий в системе масло – вода // Российский химический журнал. 2019. Т. LXIII. № 4. С. 86-90.

УДК 621

В.В. Киселев, А.В. Суровегин, И.А. Кузнецов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО СОЗДАНИЮ ПОЖАРНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ БОРЬБЫ С ЛАНДШАФТНЫМИ ПОЖАРАМИ

Аннотация: в статье рассматриваются инновационные транспортные средства, применяемые в практике тушения ландшафтных пожаров. Анализируются мировые тенденции, включая использование беспилотных систем, электрических машин и роботизированных платформ, а также отечественные разработки. Особое внимание уделено технологическим

преимуществам, ограничениям и перспективам интеграции новых решений в существующие системы МЧС. Сформулирована концепция создания высоко мобильного транспортного средства для борьбы с природными пожарами на базе багги.

Ключевые слова: ландшафтный пожар, ущерб, мобильное средство пожаротушения, багги, оснащение, характеристики.

V.V. Kiselev, A.V. Surovegin, I.A. Kuznetsov

PROPOSAL TO CREATE A FIRE FIGHTING VEHICLE FOR FIGHTING LANDSCAPE FIRES

Abstracts: The article discusses innovative vehicles used in the practice of extinguishing landscape fires. The article analyzes global trends, including the use of unmanned systems, electric machines and robotic platforms, as well as domestic developments. Special attention is paid to the technological advantages, limitations and prospects of integrating new solutions into existing emergency situations systems. The concept of creating a highly mobile vehicle for fighting wildfires based on a buggy is formulated.

Keywords: landscape fire, damage, mobile firefighting equipment, buggy, equipment, characteristics.

Ландшафтный пожар может возникать стихийно, его развитие спрогнозировать не всегда представляется возможным, собственно, как и ущерб, наносимый такими пожарами. Ландшафтный пожар может возникать в степных и лесных районах. Огонь распространяется через лесные массивы, кустарники, травяной покров, то есть все то, что встает на пути его распространения. Ландшафтные пожары наносят серьезный экологический ущерб, унося в воздух продукты горения, уничтожая растительность, а также экономический ущерб для населения и экономики [1-3]. Климатические изменения, которые мы наблюдаем сегодня, вероятно будут способствовать только дальнейшему увеличению наносимого ландшафтными пожарами ущерба. Мы прекрасно помним множество случаев, когда такие пожары приводили не только к ущербу, но и к людским потерям. Этот вопрос не остается без внимания руководства МЧС России.

Современные вызовы, связанные с увеличением частоты и сложности пожаров (урбанизация, климатические изменения), требуют модернизации технического оснащения спасательных служб. Транспортные средства, используемые при тушении пожаров, эволюционируют в направлении автономности, экологичности и многофункциональности.

Приведем ниже общие мировые тенденции в развитии пожарной техники, используемой для тушения ландшафтных пожаров.

Сегодня во многих сферах деятельности человека, в том числе и в области пожаротушения, находят широкое применение беспилотные авиационные системы (БАС), которые постоянно модернизируются и развиваются. Например, компанией США «Lockheed Martin» разработаны дроны Indago, способные проводить тепловую съемку и доставлять средства связи в зоны ЧС. В Европе, в частности в Германии внедрены в пожарной охране мультикоптеры Matrice 300, интегрированные с системами искусственного интеллекта для прогнозирования распространения огня (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. БАС, применяемые в пожарной охране за рубежом:

а) Lockheed Indago 3 для тактической разведки и наблюдения, б) Matrice 300 RTK

Другим направлением развития пожарной техники для борьбы с ландшафтными пожарами является разработка и совершенствование электрических машин. Такая работа активно проводится в различных странах, например, в Китае пожарная техника, построенная на базе электродвигателей с запасом хода до 200 км, активно используется, сокращая при этом углеродный след (рис. 2). Японская компания Mitsubishi не так давно представила гибридные машины с аккумуляторами повышенной емкости, работающие в режиме «тихой тревоги».



Рис. 2. Электрический пожарный микроавтомобиль

Не стоит на месте и технология создания роботизированных платформ для нужд пожаротушения. Так в Южной Корее создана пожарная роботизированная установка «Fire Rover» производства компании Doosan (рис. 3). Она тушит возгорания в туннелях, управляясь оператором на расстоянии до 1 км.



Рис. 3. Роботизированная установка «Fire Rover»

Также следует обратить внимание на Австралийскую разработку «Thermite-RS3» с дистанционным лафетным стволом для применения при промышленных пожарах.

В нашей работе мы предлагаем применить в качестве базового шасси для создания мобильного устройства для тушения ландшафтных пожаров легковое многоцелевое багги «Чаборз М-6». Предполагается создать на базе багги трехместных пожарный микроавтомобиль для тушения пожаров в районах с большой площадью лесонасаждений. Основная идея заключается в оснащении базового шасси багги специальной пожарной надстройкой, в которой будет находиться специальное пожарное оборудование, предназначенное для забора и подачи огнетушащего вещества на место пожара, проведения специальных работ в лесной или степной зонах, куда проезд основных и специальных пожарных автомобилей затруднен, а тушение с помощью авиации не всегда целесообразно. Данное базовое шасси быстро и легко адаптируется под различное навесное оборудование. Шасси Чаборз М-6 является достаточно сбалансированным, имея высокие эксплуатационные параметры – скорость передвижения, устойчивость, проходимость (рис. 4).

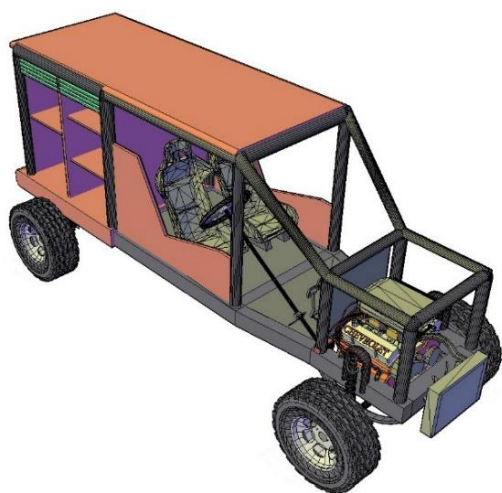


Рис. 4. Трехмерная модель кузова предлагаемого пожарного микроавтомобиля

Предлагается в качестве компоновки снабжать пожарный микроавтомобиль тремя съемными и заменяемыми модулями, в которых в зависимости от типа выполняемой задачи будет находиться различное пожарное оборудование, так как предполагается, что данное шасси можно будет использовать не только для тушения пожаров в лесной, горной и степной местности, куда основные пожарные автомобили не смогут проехать из-за масса-габаритных параметров, но и для участия в горно-спасательных операциях.

Разработанная конструкция пожарного микроавтомобиля, оснащенного сменными модулями, позволит решать различные оперативные задачи по тушению ландшафтных и лесных пожаров, поиску и спасению пострадавших в условиях горной местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Болтнева Л. И., Быстрова В. И. Региональные особенности лесных пожаров в России и возможные экологические последствия // Использование и охрана природных ресурсов. 2012. №3. С. 25–30.
2. Гусев В. Г., Дубовый В. К., Лопухова Е. Л. Метод оценки минимального расстояния от опорной полосы до кромки пожара при пуске отжига // Лесной журнал. 2012. №5. С. 38–45.
3. Топоров А. В., Киселев В. В., Орлов О. И. Перспективы создания пожарных микроавтомобилей // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях: материалы VII Международной научно-практической конференции. СПб.: Санкт Петербургский университет ГПС МЧС России, 2015. С. 189–191.
4. Катаев, К. А. Актуальность создания пожарных автомобилей быстрого реагирования для тушения ландшафтных пожаров / К. А. Катаев, В. В. Киселев // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 84-88.
5. Анализ конструкций мобильных устройств для тушения ландшафтных пожаров / А. А. Покровский, В. В. Киселев, П. В. Пучков, А. А. Сидоров // Современные проблемы гражданской защиты. – 2024. – № 3(52). – С. 53-61.
6. Романихин Д. Н., Киселев В. В. Обоснование выбора шасси Чаборз М-6 для создания пожарного микроавтомобиля повышенной проходимости // Общественные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России: сборник трудов секции № 16 XXXI Международной научно-практической конференции. Химки: ФГБОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России», 2021. С. 118–122.

УДК 621.37

М.Ю. Колобов, И.А. Ротов, Ю.Н. Александров

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

МАЛОГАБАРИТНАЯ ЦЕНТРОБЕЖНАЯ МЕЛЬНИЦА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ИЗВЕСТИ

Аннотация: Разработана экспериментальная центробежная мельница. Результаты исследований показали эффективность использования центробежной мельницы для измельчения некондиционной извести.

Ключевые слова: центробежная мельница, эффективность, известь.

M.Yu. Kolobov, I.A. Rotov, Yu.N. Alexandrov

SMALL-SIZED CENTRIFUGAL MILL FOR CRUSHING LIME

Abstracts: An experimental centrifugal mill has been developed. The research results have shown the effectiveness of using a centrifugal mill for grinding substandard lime.

Keywords: centrifugal mill, efficiency, lime.

Для помола извести на Угловском известковом комбинате используют двухкамерную шаровую мельницу СМ-1456 производительностью 6–7 т/ч. и с установленной мощностью двигателя 200 кВт. В мельницу поступает гидратная известь фракции 0–5 мм влажностью 5–7 % и в процессе помола происходит доведение гидратной извести до необходимого дисперсного состава 0–0,2 мм.

После измельчения в заводской лаборатории проводят ситовой анализ готовой продукции. Тонкость помола извести характеризуется остатками на ситах 0,2 мм и 0,08 мм, которые должны составлять соответственно 1,5 и 15 % от массы просеиваемой пробы.

При получении измельчённой извести более крупных фракций материал является некондицией и отправляется в отвалы.

В различных отраслях промышленности широкое распространение получили центробежные мельницы [1-6].

Были проведены исследования по измельчению некондиционной извести в малогабаритной центробежной мельнице, разработанной в ИГХТУ (патент № 143236 «Центробежная мельница». Колобов М.Ю. и др., рис. 1).

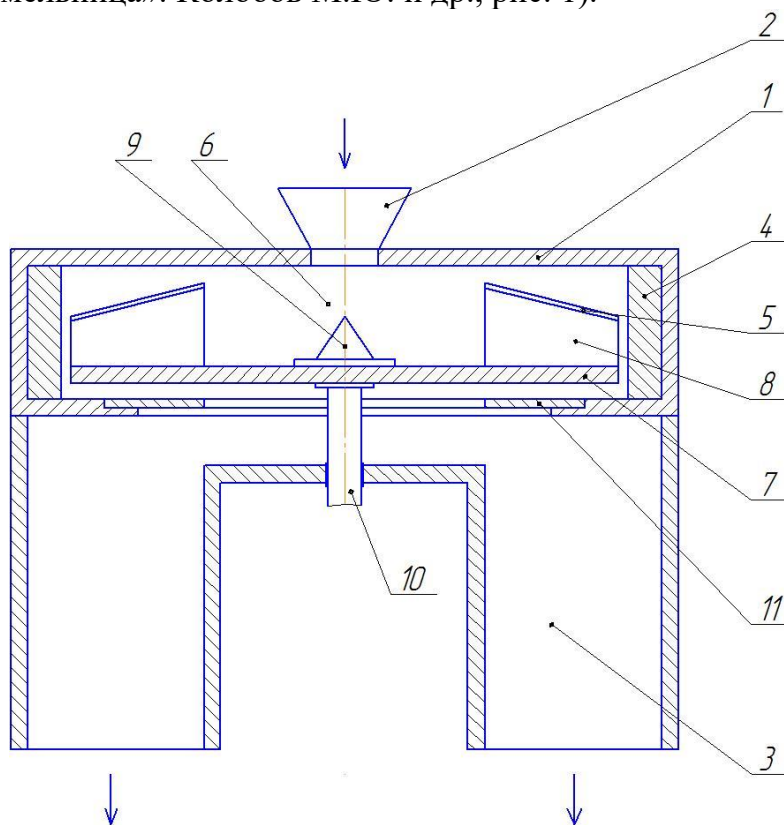


Рис. 1. Центробежная мельница

Центробежная мельница содержит корпус 1, патрубок 2 для подачи исходного материала, расположенный в верхней части корпуса 1, точки 3 для вывода готового продукта, расположенные в нижней части корпуса, отбойные элементы 4. Ускоритель состоит из верхнего элемента, выполненного в виде боковой поверхности усеченного конуса 5 с центральным отверстием 6, и нижнего элемента, выполненного в виде диска 7, ускорительных лопастей 8 и конусного распределителя 9, и расположен на

вертикальном валу 10. Нижняя часть корпуса 1 выполнена с пазом для установки сменных колец 11.

Используя сменные кольца с разными диаметрами отверстий можно регулировать гранулометрический состав готового продукта.

Исследования проводились с диаметрами отверстий сменных колец 100, 135, 170 мм при скоростях нагружения при измельчении извести 60, 135, 210 м/сек. Исходный размер извести: 0,2–0,5 мм и 0,5–1,0 мм (некондиция).

Результатам исследований представлены на рис. 2 и 3.

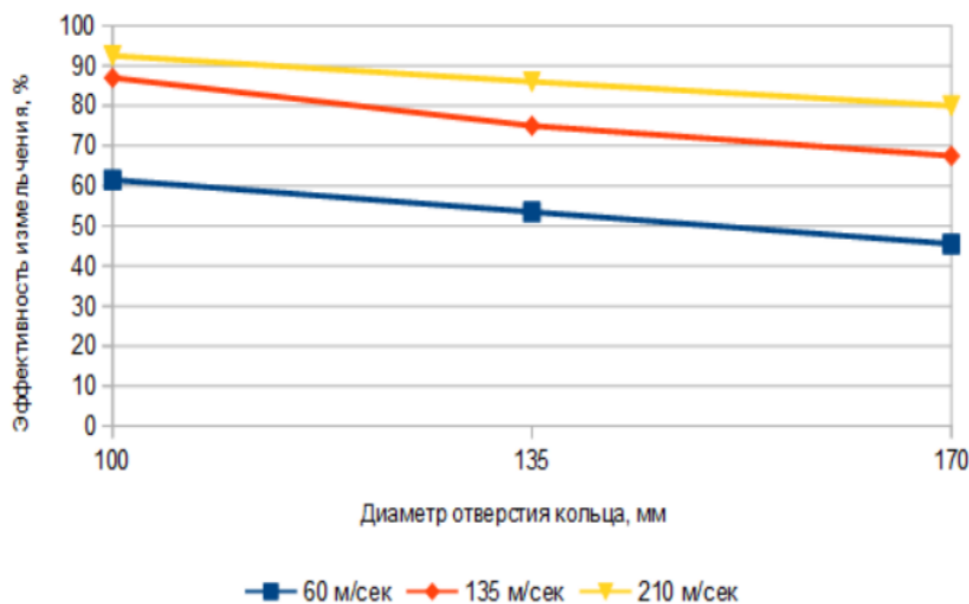


Рис. 2. Зависимость эффективности измельчения (количество фракции менее 0,08 мм) от диаметра отверстия кольца для извести 0,5–1,0 мм

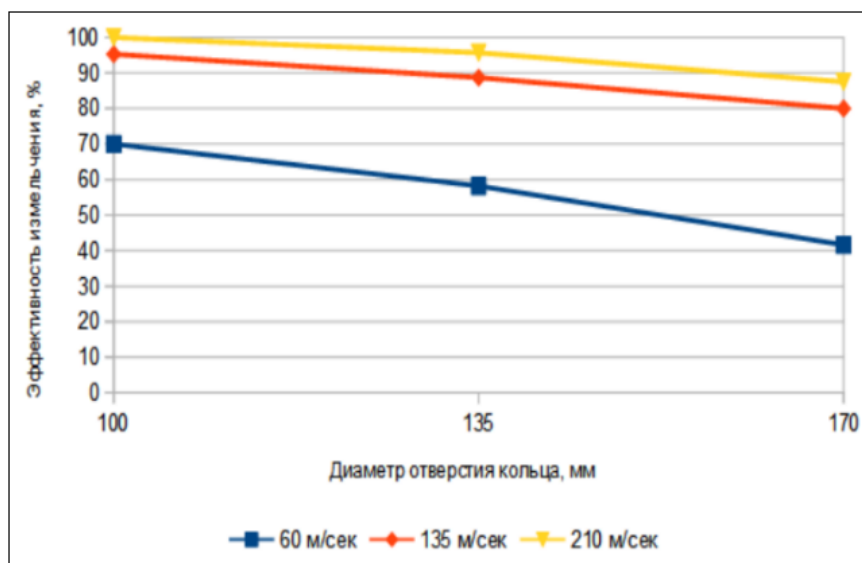


Рис. 3. Зависимость эффективности измельчения (количество фракции менее 0,08 мм) от диаметра отверстия кольца для извести 0,2–0,5 мм

Результаты исследований показали эффективность использования центробежной мельницы для измельчения некондиционной извести: максимальная эффективность (88–100 %) была получена при диаметре отверстия в кольце 100 мм при скоростях нагружения 135–210 м/сек. С увеличением диаметра отверстия в кольце эффективность уменьшалась.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Сахаров С.Е., Абалихин А.М. Оборудование для обработки дисперсных материалов. Международная научная конференция "Теоретические основы создания, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами и оборудованием" / Сборник трудов. Том II. Иваново, 2007. С. 13-15.
2. Колобов М.Ю., Сахарова С.Г., Сахаров С.Е. Измельчитель сыпучих материалов // Ремонт, восстановление, модернизация. 2017. № 1. С. 9-12.
3. Колобова В.В., Колобов М.Ю. Особенности измельчения фосфоросодержащих руд // Аграрный вестник Верхневолжья. 2016. № 4 (16). С. 77-82.
4. Гущина Т.В., Гущина Е.А., Колобов М.Ю., Блиничев В.Н. Исследование мельницы ударно-отражательного действия // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2020. № 3. С. 54-59.
5. Колобова В.В., Колобов М.Ю. Повышение эффективности применения гипсовых материалов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2021. № 4. С. 50-55.
6. Блиничев В.Н., Лабутин А.Н., Зуева Г.А., Колобов М.Ю., Алексеев Е.А., Волкова Г.В., Воробьев С.В., Козлов А.М., Кокурина Г.Н., Лысова М.А., Миронов Е.В., Натарева С.В., Невиницын В.Ю., Пономарева Ю.Н., Постникова И.В., Сахаров С.Е., Чагин О.В. Проблемы разработки энерго- и ресурсосберегающих процессов, реакторных систем и оборудования интенсивного действия, моделирования и оптимального управления // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2023. Т. 66. Вып. 7. С. 185-202. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607.6845j

УДК 662.066

М.Ю. Колобов, Ф.Н. Ялышев

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

ВЛИЯНИЕ КОНУСНОЙ ЧАСТИ КОРПУСА ГИДРОЦИКЛОНА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СУСПЕНЗИИ

Аннотация: для изучения влияния конструктивных факторов гидроциклона на процесс разделения фаз разработана экспериментальная установка. Получены зависимости эффективности очистки суспензии от угла конусной части корпуса гидроциклона. С уменьшением угла конусности гидроциклона улучшается его разделяющая способность за счет увеличения времени пребывания суспензии в аппарате.

Ключевые слова: гидроциклон, эффективность очистки, угол конуса

M.Yu. Kolobov, F.N. Yalyshev

THE INFLUENCE OF THE CONICAL PART OF THE HYDROCYCLONE BODY ON THE EFFECTIVENESS OF CLEANING THE SUSPENSION

Abstracts: An experimental setup was developed to study the influence of hydrocyclone design factors on the phase separation process. The dependences of the efficiency of slurry cleaning on the angle of the conical part of the hydrocyclone body are obtained. With a decrease in the taper angle of the hydrocyclone, its separation ability improves by increasing the residence time of the suspension in the apparatus.

Keywords: hydrocyclone, cleaning efficiency, cone angle

За последнее время возросли требования не только к объему и качеству сбрасываемой воды на промышленных предприятиях, но и к стоимости ее очистки перед сбросом. По этой причине возврат отработанной воды в технологический цикл, разработка и внедрение эффективных и недорогих в обслуживании систем очистки позволяют значительно сократить водопотребление и объем сбрасываемых стоков, снизить затраты на водоочистку [1–3].

На сегодняшний день гидроциклоны приобрели актуальность и прочно заняли преобладающие позиции при выборе механизма для очистки жидкости от механических загрязнений. Произошло это благодаря ряду преимуществ гидроциклонов по сравнению с другими методами механической очистки. Это – наличие малых размеров, большая производительность, отсутствие подвижных частей, относительно малые затраты на очистку кубометра жидкости, а также возможность объединить несколько гидроциклонов в один большой комплекс – мультигидроциклон [2, 4, 5].

Наибольшее распространение в отечественном промышленном производстве получили цилиндроконические гидроциклоны [6–9].

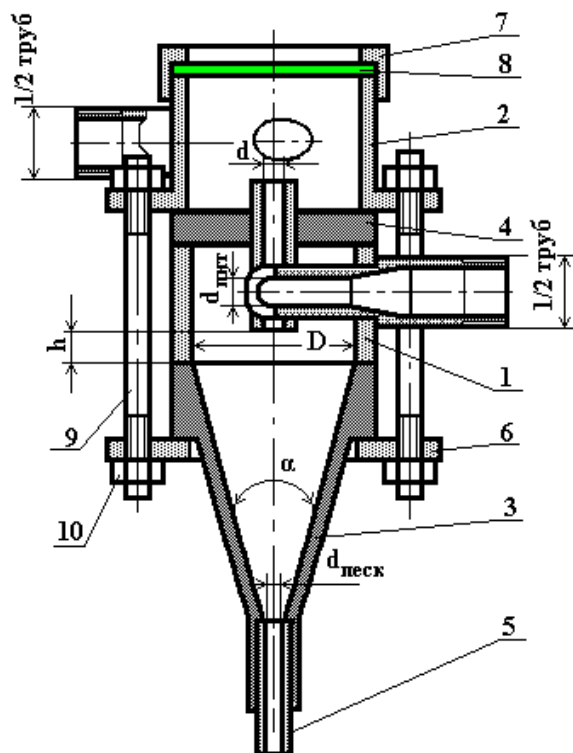
Анализ опубликованных работ показывает, что в вопросе определения конструктивных параметров напорного гидроциклона пока нет единого мнения относительно оптимальных размеров высоты цилиндрической части и угла конусности. Следовательно, конструкции из различных отраслей в области очистки сточных вод не всегда дают положительные результаты. Поэтому в каждом конкретном случае необходима проверка опытным путем, то есть путем экспериментальных исследований в лаборатории на исходной жидкости с заданными характеристиками [10–14].

Для изучения влияния конструктивных и технологических параметров на процесс разделения фаз разработана экспериментальная установка [15, 16].

Конструкция гидроциклона представлена на рис. 1.

Исследования проводились с концентрацией песка в воде 2,5 г/л; 5 г/л; 7,5 г/л, в которых менялись нижние насадки с выходными отверстиями диаметрами 6; 8; 10 мм. Насадки крепились с помощью резьбовых соединений. Диаметр сливного патрубка равен $d_{\text{п}} = 10\text{ мм}$, угол конуса гидроциклона α изменяли 10° , $17,5^\circ$, 25° . Диаметр питающего патрубка равен $d_{\text{пит}} = 1/2\text{ дюйма}$. Использовались частицы песка размером 0,1 – 0,7 мм. Давление на входе в гидроциклон рекомендуется поддерживать постоянным, в наших исследованиях было равно 2 кгс/см^2 .

Рис. 1. Экспериментальный гидроциклон:
1 – цилиндрический корпус гидроциклона,
2 – корпус сливной камеры,
3 – конус сменный, 4 – фланец
для закрепления сливного патрубка,
5 – нижняя насадка, 6 – фланец,
7 – гайка накидная, 8 – фонарь (стекло),
9 – шпилька, 10 – гайка



По результатам исследований получены зависимости эффективности очистки суспензии от угла конуса гидроциклона, которые представлены (выборочно) на рис. 2 и 3.

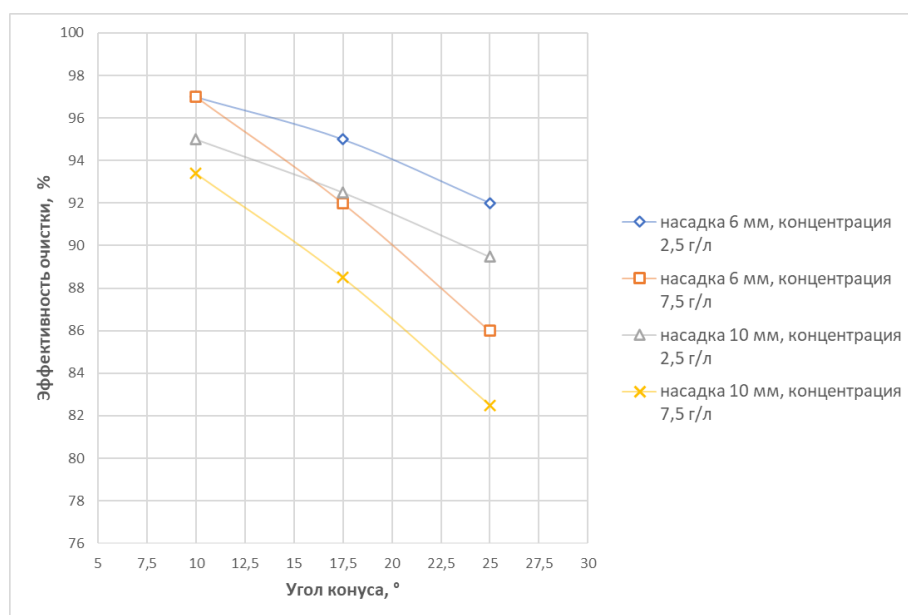


Рис. 2. Зависимость эффективности очистки от угла конуса гидроциклона для частиц песка размером 0,1 мм

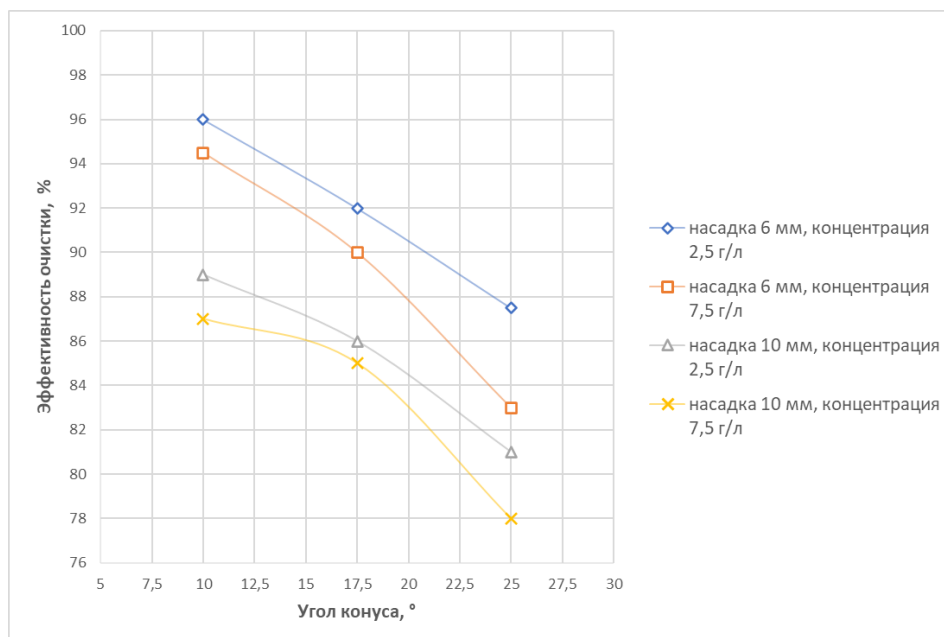


Рис. 3. Зависимость эффективности очистки от угла конуса гидроциклона для частиц песка размером 0,7 мм

Результаты исследований показали, что угол конусной части цилиндروконического гидроциклона влияет на эффективность классификации. С уменьшением угла конусности гидроциклона улучшается его разделяющая способность за счет увеличения времени пребывания суспензии в аппарате. С увеличением диаметра отверстия в насадке степень очистки уменьшалась.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов А.А., Чечевишников А.Л. [и др.]. Проблема пресной воды. Глобальный контекст политики России. М.: МГИМО-Университет, 2011. 87 с.
2. Башаров М.М., Сергеева О.А. Устройство и расчет гидроциклонов: учеб. пособие. Казань: Вестфалика, 2012. 92 с.
3. Богданов О.С. Справочник по обогащению руд: в 4 т. Т. 2. Основные процессы. М.: Недра, 1982. 1500 с.
4. Терновский И.Г., Кутепов А.М. Гидроциклонирование. М.: Наука, 1994. 350 с.
5. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия. 1973. 750 с.
6. Бауман А.В. Гидроциклоны. Теория и практика.: Новосибирск, Гормашэкспорт, 2020. 56 с.
7. Варнаков В.В., Кундротас К.Р., Варнаков Д.В. Математическая модель процесса разделения эмульсии «дизельное топливо-вода» в цилиндрикоконических гидроциклонах // Международный научный журнал. ООО «Спектр», Москва. 2013. С. 99-102.
8. Сидоров Е.А., Кундротас К.Р. Расчёт рациональных конструктивных и режимных параметров при очистке дизельного топлива от эмульсионной воды в цилиндрикоконических гидроциклонах / В сборнике: Молодые ученые в решении актуальных проблем науки // Сборник молодых учёных. 2010. С. 38-41.
9. Блиничев В.Н., Лабутин А.Н. и др. Проблемы разработки энерго- и ресурсосберегающих процессов, реакторных систем и оборудования интенсивного действия, моделирова-

ния и оптимального управления // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2023. Т. 66, вып.7. С. 185–202.

10. Шевцов М.Н., Войтов Е.Л., Колпакова В.П. Выбор оптимальной высоты напорного гидроциклона для очистки сточных вод горнодобывающих предприятий // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2023. № 1(54). С. 73–82.

11. Бусарев А.В., Селюгин А.С., Каюмов Ф.Ф. К вопросу очистки поверхностных стоков в гидроциклонных установках // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 10-2. С. 229–232.

12. Бусарев А.В., Селюгин А.С., Шешегова И.Г., Урмитова Н.С. Гидроциклонные установки подготовки воды для заводнения нефтеносных горизонтов с целью повышения их нефтеотдачи // Нефтегазовое дело. 2015. № 4. С. 199–215.

13. Старостин А.Г., Федотова О.А., Кобелева А.Р. Очистка сточных вод от мелкодисперсных частиц на гидроциклоне // Вестник ПНИПУ. 2020. № 1. С. 99–112.

14. Яблонский В.О. Выбор конструкции и режимов работы гидроциклона для очистки сточных вод производства ПВХ напорной флотацией // Известия ВолгГТУ. 2012. № 1(88). С. 68–70.

15. Гаврилин В.М., Афонин С.Б., Ялышев Ф.Н., Колобов М.Ю. Влияние диаметра насадки на эффективность очистки суспензии в гидроциклоне. Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 18 апреля 2024. С. 42–45.

16. Колобов М.Ю., Ялышев Ф.Н., Кокурина Г.Н. Влияние технологических параметров на эффективность очистки суспензии в гидроциклоне // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2024. № 2. С. 68–71.

УДК 796.542

Д.Э. Колпаков, Д.М. Макулов, А.В. Топоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МОДУЛЬНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КАРЕМАТА

Аннотация: Предложена конструкция многоцелевого теплоизоляционного мата (каремата, коврика), который состоит из нескольких отдельных сегментов. Благодаря различным способам соединения этих сегментов, мат может применяться для организации спального места, подстилки под палатку, сиденья или даже походного гамака.

Ключевые слова: пункт временного размещения, палаточный лагерь, ночевка, бивуак, теплоизоляция, каремат, мат теплоизолирующий, коврик туристический..

D.E. Kolpakov, D.M. Makulov, A.V. Toporov

DEVELOPMENT OF A MODULAR MULTIFUNCTIONAL KAREMAT

Abstracts: A versatile thermal mat (also known as a carimat or karemat) has been designed, consisting of separate segments. Due to the various ways these segments can be connected, this mat can be used for creating a sleeping area, a groundsheet under a tent, a seat, or even a camping hammock.

Keywords: temporary accommodation, tent camp, overnight stay, bivouac, thermal insulation, karemat, thermal insulation mat, tourist mat

При создании временных лагерей, будь то для беженцев, туристических баз или размещения пострадавших от природных катастроф, важным моментом становится подбор оптимальных палаток и оснащения для обеспечения удобного отдыха [1].

Предлагается вместо единого изделия использовать отдельные, легко соединяемые секции. Размеры каждой части рассчитаны исходя из конкретных транспортных условий и предназначения. Это делает систему гибкой и адаптируемой к разным условиям. Способ соединения секций выбирается в зависимости от необходимой прочности и скорости монтажа. Самый простой вариант — использование липучек («велкро»), что обеспечивает быстрое соединение и разъединение, однако надежность такого метода недостаточна для интенсивного использования. Более надежным вариантом являются прочные нейлоновые или полиэстеровые ремни с пряжками, идеально подходящие для создания жестких и стабильных конструкций, например, для использования в качестве подложки под палатку или основания для носилок. Для повышения комфорта, особенно в условиях повышенной влажности, возможна установка замков-молний, обеспечивающих герметичность и защиту от попадания воды между секциями. Можно также комбинировать разные методы — например, молнии по краям и липучки для быстрого крепления отдельных элементов. Два соединённых сегмента формируют утепленное сиденье, удобное для использования на холодном грунте.

Соединяя несколько секций в прямоугольную форму, получается полноценное спальное место, размер которого регулируется количеством использованных секций. Из множества секций можно создать подложку под пол палатки, обеспечивая дополнительное утепление и защиту от влаги и неровностей почвы. В отличие от стандартных подстилок, данная модульная система позволяет легко изменять толщину и размеры подложки, подстраивая её под конкретный размер палатки. Ещё одно применение — крепление специальных петель и ремней к секциям, чтобы превратить их в основу для импровизированных носилок. Это особенно полезно при отсутствии специализированного оборудования для эвакуации пострадавших. Материал секций должен выбираться в зависимости от предполагаемых нагрузок и условий эксплуатации. Например, для сидений и спальных мест подойдёт плотный пенополиэтилен, тогда как для жёсткого основания носилок потребуется более прочный и износостойчивый материал, например, композит, армированный сеткой. Перевозка отдельных секций намного проще: они компактны и могут быть размещены среди прочего багажа в рюкзаке или сумке, не вызывая значительных неудобств. Это особенно важно в экспедициях и походах, где важен каждый грамм веса.

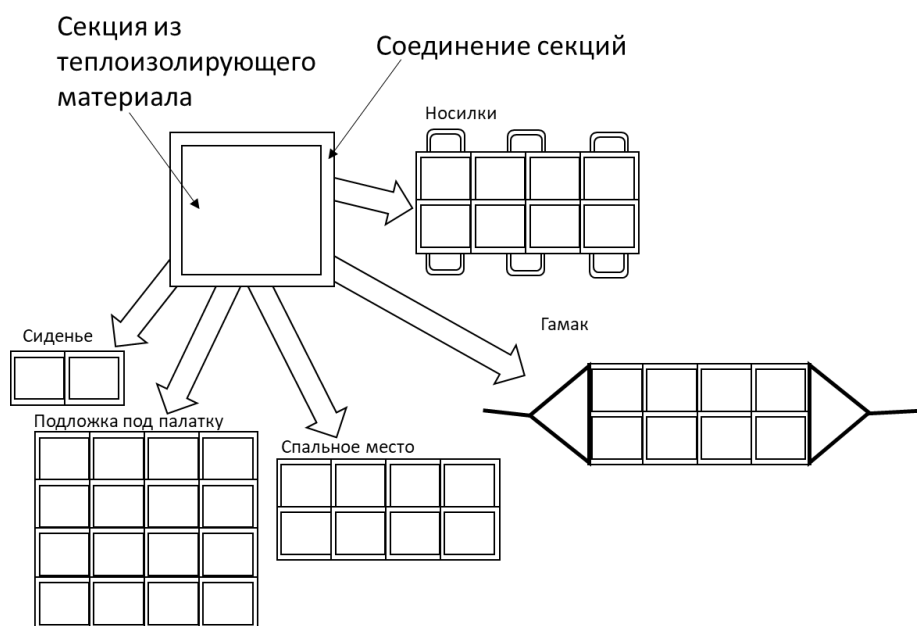


Рисунок. Универсальный сегментный теплоизоляционный мат

Модульная конструкция мата повышает его многофункциональность и удобство использования, одновременно устраняя проблемы транспортировки и хранения. Система также легко ремонтпригодна: поврежденную секцию можно заменить, в отличие от цельного мата, который при повреждении требует полной замены. В итоге, использование модульного мата помогает рационально использовать пространство, уменьшить вес снаряжения и значительно улучшить комфорт в различных ситуациях [2, 3].

Несколько секций мата были изготовлены и прошли предварительные испытания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тодосейчук, С. П. Обоснование состава и общие технические требования к инженерному оборудованию пунктов временного размещения пострадавшего населения в чрезвычайных ситуациях / С. П. Тодосейчук, А. В. Лагутина // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2020. – № 2(6). – С. 422-433.
2. Веселова, Н. Ю. Технология и организация сопровождения туристов : Учебное пособие для СПО / Н. Ю. Веселова, Н. В. Иванова, Н. А. Малышина. – Саратов : Профобразование, 2018. – 61 с.
3. Колпаков, Д. Э. Универсальный сегментный теплоизоляционный мат (каремат) / Д. Э. Колпаков, Д. М. Макулов, А. В. Топоров // Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 421-424.

УДК 658.52.011.56

В.Н. Копосов, А.В. Романов, Д.А. Левинский

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Аннотация: в работе проведен анализ современных систем автоматизированного проектирования в машиностроении. Приведены рекомендации по их выбору.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, подготовка производства, конструирование, технологические процессы, машиностроение, документооборот.

V.N. Koposov, A.V. Romanov, D.A. Levinsky

JUSTIFICATION AND SELECTION OF AUTOMATED DESIGN SYSTEMS IN MECHANICAL ENGINEERING

Abstracts: the work analyzes modern automated design systems in engineering. Recommendations for their choice are given.

Keywords: automated design, production preparation, design, technological processes, mechanical engineering, document management.

В настоящее время основной тенденцией в достижении высокой конкурентоспособности западных и российских предприятий является переход от отдельных замкнутых систем автоматизированного проектирования (САПР) и их частичного объединения к полной интеграции технической и организационной сфер производства. Такая интеграция связывается с внедрением модели компьютерно-интегрированного производства (КИП) или в западной версии CIM (Computer Integrated Manufacturing). Основой КИП являются:

- CAE (Computer Aided Engineering) – автоматизированные системы инженерных расчетов и анализа;
- CAD (Computer Aided Design) – автоматизированные системы геометрического моделирования и проектирования изделий;
- CAPP (Computer Aided Process Planning) – системы автоматизированного проектирования технологических процессов;
- CAM (Computer-Aided Manufacturing) – системы автоматизированной подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ;
- PDM (Product Data Management) – системы электронного документооборота;
- PLM (Product Lifecycle Management) – автоматизированные системы поддержки жизненного цикла изделия.

Как показывает практика внедрения САПР на современных машиностроительных предприятиях, их экономическая эффективность нарастает по мере увеличения количества используемых систем. Примеры систем автоматизированного проектирования приведены в таблице.

Таблица. Примеры систем автоматизированного проектирования

Тип системы	Обозначение	Разработчик	Сайт в Интернете
CAE	ANSYS	ANSYS Inc.; представительство в России – ЗАО «КАДФЕМ Си-Ай-Эс»	http://www.ansys.com http://www.cadferm-cis.ru
CAE/CAD	APM Win-Machine	Научно-технический центр «АПМ»	http://www.apm.ru
CAE/CAD	AutoCAD Mechanical	Autodesk; в России – авторизованные партнеры	http://www.autodesk.com http://www.autodesk.ru
CAE/CAD	T-FLEX CAD 3D	Топ Системы	http://www.tflex.ru
CAE/CAD	Компас 3D	АСКОН	http://ascon.ru
CAE/CAD	SolidWorks	SolidWorks Corp.; представительство в России – компания SolidWorks Russia	http://www.solidworks.com http://solidworks.ru
CAPP	ТехноПро	Вектор-Альянс	http://www.tehno.pro
CAPP	T-FLEX Технология	Топ Системы	http://www.tflex.ru
CAPP	Вертикаль	АСКОН	http://www.ascon.ru
CAPP	СПРУТ-Т	Центр «СПРУТ-Т»	http://www.sprut.ru

Для эффективного использования систем автоматизированного проектирования на машиностроительных предприятиях важным моментом является их выбор, т.к. в настоящее время на рынке имеется целый ряд таких систем.

Для анализа и оценки систем автоматизированного проектирования, необходимо учитывать следующие показатели:

1. Количество продаж на рынке (доверие потребителей).
2. Условия приобретения (количество предлагаемых лицензий (рабочих мест)) и их стоимость.
3. Наличие, условия и стоимость технической поддержки и обучения.
4. Наличие и условия опытной эксплуатации.
5. Наличие и степень ограниченности «открытых» версий систем автоматизированного проектирования.
6. Основные функциональные возможности.
7. Наличие других собственных разработок в рамках интегрированной CAE/CAD/CAPP/CAM/PDM/PLM-системы.
8. Стыкуемость с элементами интегрированной CAE/CAD/CAPP/CAM/PDM/PLM-системы разработок других фирм.

9. Наличие и география сети фирм-дилеров, занимающихся распространением соответствующего программного обеспечения.

10. Наличие и полнота информации о системах, представленной разработчиками в свободном доступе.

Среди представленных в таблице систем программный комплекс ANSYS является ярко выраженной CAE-системой. ANSYS в течение длительного времени является наиболее мощной и популярной конечно-элементной расчетной системой в мире. Она позволяет решить различные задачи в областях прочности, теплопроводности, теплообмена, электродинамики и др., а также связанные задачи: «теплообмен-прочность», «теплообмен-электродинамика» и т.д. В число клиентов компании ANSYS Inc. входят практически все крупнейшие промышленные корпорации мира.

CAE/CAD-системы выполняют функции автоматизированных инженерных расчетов и анализа, а также геометрического и твердотельного моделирования изделий. Но если в APM WinMachine функция автоматизированных инженерных расчетов и анализа является основной, а геометрического и твердотельного моделирования вспомогательной, то в системах AutoCAD Mechanical, T-FLEX CAD 3D, Компас 3D – наоборот.

По количеству продаж программных продуктов на рынке одной из популярных систем является AutoCAD. Разработчики заявляют о более чем 10 миллионах пользователей. Системы семейства «Компас» внедрены на 16000 предприятиях, семейства T-FLEX – более чем на 8600 предприятиях.

При оценке стоимости программных продуктов следует учитывать, что она зависит от количества приобретаемых лицензий (рабочих мест). Чем больше приобретается лицензий, тем меньше, как правило, стоимость одной лицензии.

Важным моментом является обучение пользователей систем автоматизированного проектирования. Современные САПР являются сложными программными продуктами. Поэтому наряду с условиями технической поддержки и организацией обучения пользователей следует учитывать наличие у разработчиков методически грамотно написанных руководств по эксплуатации САПР.

Функциональные возможности CAD-систем практически одинаковы. Многие из них построены на базе одного и того же геометрического ядра. В них реализованы многочисленные возможности 3D моделирования и проектирования сборочных единиц, деталей и т.д.

Выбирая САПР-системы, нужно также учитывать их функциональные возможности, которые зависят от реализованных в них методов автоматизированного проектирования технологических процессов. Среди представленных в таблице САПР-систем только в «ТехноПро» реализованы три метода: прямого проектирования, анализа и синтеза (автоматического проектирования). В остальных только два первых.

В отличие от компании Autodesk компании «Топ Системы», АСКОН и SolidWorks corp. предлагают кроме 3D-систем практически все составляющие программные продукты интегрированной CAE/CAD/CAPP/CAM/PDM/PLM-системы. Это крайне важно. Так как, приобретая отдельные программные продукты у разных разработчиков, возникает проблема их «стыковки». Эту проблему можно будет решить, заказывая разработку стыковочных модулей у соответствующих фирм. Но это приведет к дополнительным затратам.

В любом случае при выборе систем автоматизированного проектирования необходимо учитывать весь перечень показателей оценки их эффективности.

УДК 531.391

Н.Н. Кузнецова, Н.Л. Сафонова

Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ АВТОКОЛЕБАНИЙ КОЛЕС В ПРОЦЕССЕ ТОРМОЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: тезисы посвящены проблеме изучения автоколебаний, возникающих в определенные моменты торможения автомобиля после блокировки колес, скольжение которых по дороге описывается моделью нелинейного вязкого трения с падающим участком характеристики.

Ключевые слова: автоколебания, вязкое трение, блокировка колес, фрикционные системы.

N.N. Kuznetsova, N.L. Safonova

BUILDING A MODEL OF SELF-OSCILLATION OF WHEELS DURING CAR BRAKING

Abstract: the theses are devoted to the problem of studying self-oscillations that occur at certain moments of car braking after locking the wheels, the sliding of which on the road is described by a model of nonlinear viscous friction with a falling characteristic section.

Keywords: self-oscillations, viscous friction, wheel locking, friction systems.

При взаимодействии двух контактных тел часто возникают автоколебания, которые являют собой колебания частей тел друг относительно друга [1].

Определенное устройство получает некоторое количество энергии от постоянного внешнего источника, которое не будет периодическим. За счет этого оно начинает совершать автоколебания и в результате создается периодический процесс. Колебания не зависят от начальных условий. Образованная таким образом система называется автоколебательной.

Автоколебания происходят везде в природе, они присутствуют в различных химических и природных явлениях. Например, поющие пески или возникновение инфразвуковых колебаний при движении ветра над морскими волнами, мы знаем название как «голос моря», и есть собственно автоколебания. Нетрудно догадаться, что в любом живом организме различные процессы представляются автоколебаниями. Например, дыхание, работа сердца и т.д. Автоколебания появляются при игре на духовых и смычковых музыкальных инструментах. Можно сказать, автоколебания сопровождают нас везде.

В случае воздействия периодического внешнего возмущения на динамическую систему, возникают вынужденные колебания масс. У автоколебательных или самовозбуждающихся систем внешнее возмущение становится периодическим только при наличии колебаний в системе. В случае отсутствия колебаний в автоколебательной

системе, внешнее возмущение будет оставаться постоянным.

В 30-е годы прошлого века в работе легковых автомобилей в связи с повышением скоростей движения начали применять подвеску с мягкими рессорами, шины низкого давления, тормоза стали устанавливать не только на задние колеса, но и на передние.

Наиболее распространенными видами автоколебаний являются фрикционные релаксационные автоколебания, которые возникают вследствие трения. Их легко определить по характерному скрипу.

Исследования динамики таких фрикционных систем проводятся с применением теории нелинейных дифференциальных уравнений. Таким образом, исследование автоколебаний в сложных системах, тем более с несколькими степенями свободы, оказывается довольно сложной задачей, часто неразрешимой или тяжело разрешимой аналитическими методами. В связи с этим решение задач фрикционных автоколебательных систем имеет смысл начинать с рассмотрения автоколебаний в системе с двумя степенями свободы.

Произведены математические исследования и выведены методы, алгоритмы построения модели колебаний автомобиля при его экстренном торможении на дороге с полной блокировкой колес. Эти задачи рассмотрены в теоретических и экспериментальных исследованиях [2, 3].

В частности, рассматривается движение автомобиля после блокировки колес, скольжение которых по дороге описывается моделью нелинейного вязкого трения с падающим участком характеристики. Построенная модель аппроксимирует модель сухого трения, когда трение покоя превосходит трение скольжения [3]. В этом случае на некоторых этапах торможения автомобиля в системе наблюдаются автоколебания (при определенных начальных условиях движения). Автоколебания колес автомобиля могут создавать такую проблему, как возникновение на дороге волнообразного рельефа. В частности, эта проблема распространяется и на покрытия аэродромов, где используется в большей степени тяжелая автомобильная техника. Исследования характера движения такой механической системы решается числовыми примерами для уравнений Лагранжа второго рода и для уравнений, получаемым методом усреднения канонических уравнений в переменных действие-угол.

Различаются случаи «жесткого» и «мягкого» возбуждения автоколебаний. В первом, «жестком» случае для возникновения автоколебательного режима необходимо выбрать начальные условия движения из области притяжения предельного цикла, описывающего автоколебательный процесс. Условия возникновения «мягкого» возбуждения автоколебаний возникают в процессе собственно торможения автомобиля, когда скорость скольжения заблокированных колес попадает в область, характеризующуюся увеличением силы трения при уменьшении скорости скольжения.

Автоколебания заблокированных колес вызывают тангенциальные силы периодического характера, которые негативно действуют на материал дороги, по которой движется автомобиль. Это обстоятельство, вероятнее всего, является причиной возникновения пластических деформаций материала дороги, поверхность которой приобретает волнообразный рельеф, особенно в местах интенсивного торможения автомобилей.

Для того, чтобы происходило полное сцепление колес автомобиля с верхним покрытием, необходимо на всем пути торможения обеспечение того, чтобы силы для торможения были пропорциональны нормальным реакциям дороги. Логично, что в

случае торможения транспортного средства с различным замедлением силы, составляющие суммарную тормозную силу, будут различны. Однако, конструкция тормозов автомобиля спроектирована таким образом, что должен соблюдаться баланс соотношения данных сил. Таким образом, коэффициент сцепления μ должен быть одного значения при использовании сцепления всеми колесами транспортного средства. При отличных от установленного значения μ время и путь, характеризующие торможение автомобиля, превышают расчетные. Добавляется коэффициент эффективности торможения, который принимается отдельно для легковых автомобилей (1,2), а для грузовых и автобусов имеет границы 1,3–1,4. Однако, если покрытие дороги влажное и скользкое, μ меньше или равен значению 0,4, а коэффициент эффективности торможения принимается для любого вида транспорта за единицу.

Были проведены многочисленные исследования оптимального значения коэффициента сцепления, и полученные в результате анализа данные, показывают, что его величина колеблется и имеет ракурс от 0,15 до 0,80, в зависимости от состояния и типа дорожного покрытия, а также конструкций и материала шин [4].

В настоящее время в нашей стране алгоритм определения коэффициента сцепления теоретическим путем существует один и дает достаточно приближенные значения. Объяснения тут таковы, что, что в алгоритме расчета не учитывается то, что не все колеса имеют одинаковый контакт с опорной поверхностью, а при торможении происходит перераспределение нагрузки между осями автомобиля. Экспериментальные способы определения коэффициента являются наиболее верными. И их практическое использование сцепления является актуальным в настоящее время. Также рассчитывают различные коэффициенты сцепления: покоя, при буксовании или юзе, при боковом скольжении колеса. Обоснование и интегрирование этих дифференциаций даст старт методики исследования торможения транспортного средства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланда П.С. Автоколебания в системах с конечным числом степеней свободы. М. Либроком. 2010. 360 с.
2. Кручинин П. А., Магомедов М. Х., Новожилов И. В. Математическая модель автомобильного колеса на антиблокировочных режимах движения // Изв. РАН. МТТ. — 2001. — № 6. — С. 63—69.
3. Новожилов И.В., Павлов И.С., Фрольцов В.А. «О поведении автомобиля на «миксте»» // Изв. РАН. МТТ. — 2001. — № 3.
4. Миронова, Ю. А. Исследование процессов торможения автомобилей зарубежного и отечественного производства: Методические рекомендации / Ю.А. Миронова, Е.А. Китайгородский – М.: ЭКЦ МВД России, 2005. – 176 с.

УДК 66.021.3

В.Е. Курицын¹, А.А. Рябиков¹, С.В. Натареев^{1,2}

¹Ивановский государственный химико-технологический университет

^{1,2}Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ИОНООБМЕННОГО АППАРАТА С ЗАГРУЗКОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИМ СОРБЕНТОМ

Аннотация: в статье приводится конструкция нового ионообменного аппарата с неподвижным слоем целлюлозосодержащего сорбента и методика его расчета на стадии сорбции. В результате расчета определены габаритные размеры аппарата и параметры процесса очистки воды от ионов тяжелых металлов.

Ключевые слова: ионообменный аппарат, целлюлозосодержащий сорбент, расчет.

V.E. Kuritsyn, A.A. Ryabikov, S V. Natareev

DEVELOPMENT OF ION EXCHANGE APPARATUS WITH CELLULOSE-CONTAINING SORBENT LOADING

Abstract: the article presents the design of a new ion-exchange apparatus with a fixed layer of cellulose-containing sorbent and a method for calculating the filter at the sorption stage. As a result of the calculation, the overall dimensions of the apparatus and the parameters of the water purification process from heavy metal ions were determined.

Keywords: ion exchange apparatus, cellulose-containing sorbent, calculation.

При ликвидации чрезвычайных ситуаций необходимо достаточное количество воды для технических нужд и чистой питьевой воды [1]. Для решения задач краткосрочного или среднесрочного водоснабжения применяются мобильные станции, неоспоримыми преимуществами которых являются их компактность, возможность быстрого подключения, установки под открытым небом и в сырых помещениях, удобство обслуживания и индивидуальная настройка в зависимости от объема и состава очищаемой воды, а также требований к качеству очищенной воды.

В последние десятилетия все большее внимание уделяется сорбентам на основе целлюлозосодержащего сырья, которое является сравнительно дешевым и распространенным в природе. Применение целлюлозосодержащих сорбентов в качестве загрузки в традиционных ионитовых фильтрах затруднительно, поскольку плотность сорбента меньше, чем плотность воды. Поэтому сорбент будет всплывать к верхнему дренажно-распределительному устройству, образуя рыхлый слой, не способный эффективно очищать воду от примесей.

Для процессов ионообменной очистки воды с использованием целлюлозосодержащего сорбента предложена конструкция аппарата [2], схема которого представлена на рисунке.

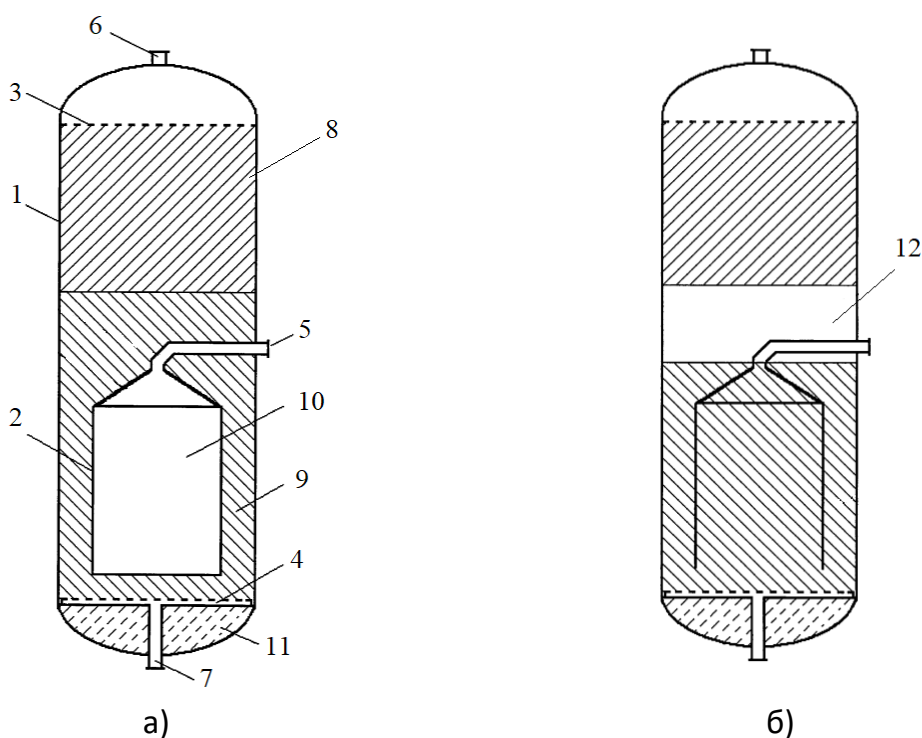


Рисунок. Ионообменный аппарат: а – на стадии сорбции, б – в нерабочем состоянии;
1, 2 – наружная и внутренняя обечайки; 3, 4 – дренажно-распределительные устройства;
5, 6, 7 – штуцера; 8 – слой сорбента; 9 – слой инертного материала;
10, 12 – свободное пространство; 11 – цементная стяжка

Перед началом работы в ионообменный фильтр помещают катионит 8 из целлюлозосодержащего материала и инертный материал 9. Инертный материал 9 представляет собой частицы сферической формы, плотность которых на 15–20 % больше плотности очищаемой воды. Катионит 8 всплывает вверх аппарата, а инертный материал 9 оседает под действием силы тяжести вниз аппарата и занимает пространство в обечайках (наружной) 1 и (внутренней) 2.

Полный цикл работы аппарата включает в себя следующие стадии: 1) очистка воды, 2) регенерация катионита, 3) отмывка катионита, 4) взрыхление катионита.

На стадии очистки исходная вода поступает в аппарат через штуцер 5 в обечайку 2 и выдавливает частицы инертного материала 9 в обечайку 1. Инертный материал занимает свободное пространство 12 и прижимается к слою сорбента 8. Затем очищаемая вода проходит через слой катионита 8, где очищается от ионов тяжелых металлов и удаляется из аппарата через штуцер 6. После насыщения катионита целевым компонентом прекращают подачу исходной воды в аппарат и проводят стадию регенерации катионита регенерационным раствором. Принцип работы аппарата на стадии регенерации аналогичен принципу работы аппарата на стадии очистки воды. После проведения стадии регенерации прекращают подачу регенерационного раствора в аппарат и проводят отмывку сорбента от остатков регенерата. Промывочная вода проходит путь аналогичный пути движения исходной воды при ее очистке. После промывки осуществляют взрыхление катионита. Для этого прекращают подачу промывочной воды, и слой частиц инертного материала 9 опускается в нижнюю часть аппарата, занимая пространство между обечайкой 1 и 2, а также все пространство обечайки 2.

Очищенная вода подается в аппарат через штуцер 6, поддерживая слой частиц катионита 8 в кипящем состоянии. Затем загрязненная взвешенными веществами вода проходит через слой инертного материала 9 и удаляется из аппарата через штуцер 7. После всех стадий цикл повторяется.

Расчет аппарата проводили при следующих параметрах: объемный расход раствора $Q = 0,001 \text{ м}^3/\text{с}$; концентрация исходного раствора сульфата меди на входе в аппарат $C_{\text{вх}} = 0,005 \text{ кг-экв}/\text{м}^3$; плотность раствора $\rho_p = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$, динамическая вязкость раствора $\mu_p = 0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$; высота неподвижного слоя катионита $H_1 = 0,5 \text{ м}$; высота свободного пространства в первой обечайке: $H_{\text{св}} = 0,25 \text{ м}$.

Для очистки воды использовали катионит на основе измельченных древесных опилок, модифицированных углеродными нанотрубками (УНТ) [3]. Катионит имел следующие характеристики: средний диаметр набухших частиц сорбента $d_k = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$; плотность частиц набухшего катионита $\rho_k = 610 \text{ кг}/\text{м}^3$; полная динамическая обменная емкость катионита $E_0 = 0,137 \text{ кг-экв}/\text{м}^3$ ($0,12 \text{ моль}/\text{кг}$).

Частицы инертного материала получены суспензионной сополимеризацией метилового эфира метакриловой кислоты с 6 % дивинилбензола. Аналогичный синтез проводят при производстве катионита КБ-4 перед введением функциональных групп [4]. Ниже приведены данные по инертному материалу: насыпная плотность набухших зерен $\rho_{\text{нас}} = 625 \text{ кг}/\text{м}^3$ [5]; порозность слоя катионита $\varepsilon = 0,4$; средний диаметр частиц инертного материала $d_{\text{и.м}} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}$.

Расчет аппарата на стадии сорбции проводится в следующей последовательности.

Плотность набухших зерен катионита:

$$\rho_{\text{и.м}} = \frac{\rho_{\text{нас}}}{(1-\varepsilon)} = \frac{625}{(1-0,4)} = 1,042 \cdot 10^3 \text{ кг}/\text{м}^3. \quad (1)$$

Для определения скорости витания частицы необходимо найти критерий Архимеда по следующей формуле:

$$Ar = \frac{d_{\text{и.м}}^3 \rho_p^2 g}{\mu_p^2} \cdot \frac{\rho_{\text{и.м}} - \rho_p}{\rho_p} = \frac{(5 \cdot 10^{-4})^3 \cdot 1000^2 \cdot 9,81}{0,001^2} \cdot \frac{1,042 \cdot 10^3 - 1000}{1000} = 51,094. \quad (2)$$

Определим критерий Рейнольдса для витающей частицы:

$$Re_{\text{вит}} = \frac{Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}} = \frac{51,094}{18 + 0,61 \cdot \sqrt{51,094}} = 2,285. \quad (3)$$

Тогда скорость витания частицы составит:

$$v_v = \frac{Re_{\text{вит}} \mu_p}{d_{\text{и.м}} \rho_p} = \frac{2,285 \cdot 0,001}{5 \cdot 10^{-4} \cdot 1000} = 4,57 \cdot 10^{-3} \text{ м}/\text{с}. \quad (4)$$

Исходя из полученной скорости витания частицы, найдем диаметр первой обечайки:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v_g}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,001}{3,14 \cdot 4,57 \cdot 10^{-3}}} = 0,528 \text{ м.} \quad (5)$$

Примем $D_1 = 0,5$ м.

Площадь поперечного сечения 1-ой обечайки:

$$F_1 = \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} = 0,196 \text{ м.} \quad (6)$$

Площадь поперечного сечения 2-ой обечайки примем в 2 раза меньше, чем площадь поперечного сечения 1-ой первой обечайки. С учетом этого найдем диаметр 2-ой обечайки:

$$D_2 = \sqrt{\frac{2F_1}{\pi v_g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,196}{3,14}} = 0,35 \text{ м.} \quad (7)$$

Объем катионита в аппарате:

$$V_k = H_1 F_1 = 0,5 \cdot 0,196 = 0,1 \text{ м}^3. \quad (8)$$

Объем свободного пространства в 1-ой обечайке:

$$V_{с.п} = H_1 F_{с.в} = 0,5 \cdot 0,25 = 0,125 \text{ м}^3. \quad (9)$$

Высота второй обечайки:

$$H_2 = \frac{V_{с.п}}{F_2} = \frac{0,125 \cdot 2}{0,196} = 1,27 \text{ м.} \quad (10)$$

Продолжительность процесса очистки воды:

$$\tau = \frac{V_k E_0}{Q C_{вх}} = \frac{0,1 \cdot 0,134}{0,001 \cdot 0,005} = 2680 \text{ с.} \quad (11)$$

Скорость движения очищаемой воды внутри аппарата согласуется с рекомендациями [6], согласно которым скорость раствора при параллельном натрий-катионировании составляет от $2,8 \cdot 10^{-3}$ до $6,9 \cdot 10^{-3}$ м/с (10-25 м/ч), а при противоточном натрий-катионировании – от $9,7 \cdot 10^{-3}$ до $0,011$ м/с (35-40 м/ч).

Из анализа результатов расчета можно сделать выводы о том, что разработанная конструкция ионообменного аппарата может быть использована для очистки воды с использованием целлюлозосодержащих сорбентов в условиях чрезвычайных ситуаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малышев В.А. Проблемные вопросы эксплуатации комплексной очистки воды / В.А. Малышев, А.А. Аграновский, В.В. Васьков // Научные и образовательные проблемы гражданской обороны. 2010. № 1. С. 67-71.
2. Пат. №2806755 Российская Федерация. Ионообменный аппарат / С.В. Натарева, А.А. Рябиков, М.Ю. Снигирев, С.А. Сырбу. Патентообладатель ФГБОУ ВО Иван. гос. хим.–технол. ун–т., ФГБОУ ВО Иван. гос. пожарно-спасат. академия. № заявки 2022132770; заявл. 13.12.2022; опубл. 07.11.2023. Бюл. 31.
3. Пат. №2829771 Российская Федерация. Способ модифицирования сорбентов на основе целлюлозы для извлечения ионов тяжелых металлов из водных растворов / Т.Е. Никифорова, Д.А. Вокурова, С.В. Натарева, А.А. Рябиков. Патентообладатель ФГБОУ ВО Иван. гос. хим.–технол. ун–т. № заявки 2024103358; заявл. 12.02.2024; опубл. 05.11.2024. Бюл. 31.
4. Аширов А. Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов. Л.: Химия, 1983. 295 с.
5. Проектирование сооружений для очистки сточных вод (Справочное пособие к СНиП). М.: Стройиздат, 1990. 192 с.
6. Водоподготовка: Справочник / Под ред. С.Б. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. 240 с.

УДК 62-192:621.643.8

Д.А. Ламонов, В.А. Татаринцев

Брянский государственный технический университет

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НЕФТЕПРОВОДОВ ПОСЛЕ ДИАГНОСТИКИ

Аннотация: По результатам диагностирования технического состояния трубопровода принимается решение о его дальнейшей эксплуатации или выполнении ремонтных работ. Для принятия этого решения требуется выполнить оценку остаточного ресурса в зависимости от величины дефекта и места его расположения. Приведены результаты вероятностной оценки остаточного ресурса для трубопровода с трещиноподобным дефектом.

Ключевые слова: нефтепровод, труба, дефект, диагностика, ремонт, остаточный ресурс.

D.A. Lamonov, V.A. Tatarintsev

Bryansk State Technical University

ASSESSMENT OF THE RESIDUAL LIFE OF OIL PIPELINES AFTER DIAGNOSTICS

Abstract: Based on the results of diagnostics of the technical condition of the pipeline, a decision is made on its further operation or repair work. To make this decision, it is necessary to assess the residual life depending on the size of the defect and its location. The results of the probabilistic assessment of the residual life of a pipeline with a crack-like defect are presented.

Keywords: oil pipeline, pipe, defect, diagnostics, repair, residual life.

Система магистральных нефтепроводов характеризуется длительным сроком эксплуатации. Согласно статистическим данным, более 50 % трубопроводов имеют период эксплуатации выше 25 лет, что определяет необходимость значительного объема работ, связанного с оценкой текущего состояния объектов с последующим принятием решений о дальнейшей эксплуатации или необходимости проведения необходимого объема ремонтных работ.

Под оценкой текущего технического состояния нефтепровода, согласно требованиям, понимают принятие решения о дальнейшей его эксплуатации на основе результатов технического диагностирования (выявление наличия отклонений от технических параметров). Комплекс диагностирующих мероприятий проводят как отдельно, так и в рамках экспертизы промышленной безопасности опасного производственного объекта, основные требования к которой регламентированы рядом нормативных документов. При этом для магистральных трубопроводов, находящихся в длительном периоде эксплуатации предполагается:

- сбор, обработка и интерпретация натурных экспериментальных данных учитывающих изменение ряда параметров трубопровода;
- оценка остаточного ресурса для обеспечения дальнейшего безопасного функционирования трубопровода с учетом параметров перекачиваемой среды и технологических режимов.

Остаточный ресурс регламентируется рядом нормативно-технических документов. Например, ГОСТ Р 55046-2012 [1] определяет порядок оценки остаточного ресурса на основе результатов механических воздействий, путем проведения усталостных испытаний. Испытуемые образцы доводят до разрушения. Определяют их предел прочности. Рассчитывают коэффициент деформационного старения, устанавливают среднюю наработку до разрушения и наработку до проведения текущего диагностирования. На основе полученного делают заключение о применении объекта в конкретном процессе эксплуатации.

Другим документом, регламентирующим оценку остаточного ресурса, является ОСТ 153-39.4-010-2002 [2]. В нем предложена типовая программа, содержащая комплекс методов неразрушающего контроля (включающий внутритрубные и наружные обследования). Однако такой подход требует существенных затрат для проведения диагностических мероприятий.

Расчет параметров остаточного ресурс проводят на основе данных, опираясь на методику [2] и исходные проектные условия. Возможно использование еще одного нормативного документа [3]. В нем представлен порядок построения предельных кривых дефектов с поиском их критических размеров с привязкой к конкретному типу труб. Указанное позволяет определить проектный ресурс трубопровода при прогнозируемой скорости коррозии с учетом оптимального и пессимистического развития дефектов и оценить остаточный ресурс магистрального трубопровода.

Расчет проведем по ОСТ 153-39.4-010-2002 согласно данным объекта исследования при следующих параметрах.

Головная нефтеперекачивающая станция (ГНПС) АО «Транснефть – Дружба».

Направление поставок (объекты трубопроводного транспорта): НПС-3 (Унеча – Усть-Луга БТС-II), ПНПС Новозыбков.

Источники поставок (объекты трубопроводного транспорта): ПНПС Десна.

Исходные параметры:

наружный диаметр трубопровода – 219 мм;
материал трубы – 14ХГС; Категория трубопровода – III;
рабочее давление – 10 МПа.

запуск в эксплуатацию 2005 г.; дата проведения диагностики – 2022г.; коэффициент надежности $\gamma_n=1$; коэффициент условий работы труда $\gamma_c=0,9$; коэффициент надежности по материалу $\gamma_m=1,55$; коэффициент надежности по нагрузки $\gamma_t=1,15$.

Для указанного материала трубы $R_1^H = 432\text{МПа}$; $R_2^H = 245\text{МПа}$;

$$R = \min \left\{ \frac{R_1^H \gamma_c}{\gamma_m \gamma_n}; \frac{R_2^H \gamma_c}{0,9 \gamma_n} \right\} = \min \left\{ \frac{432 \cdot 0,9}{1,55 \cdot 1}; \frac{245 \cdot 0,9}{0,9 \cdot 1} \right\} = \min \{250,8; 245\} = 245\text{МПа}.$$

Проверочный расчет толщины стенки t_R осуществляется согласно формуле

$$t_R = \frac{\gamma_k P D_H}{2(R + 0,65 \gamma P)} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 0,219}{2(245 + 0,6 \cdot 1,15 \cdot 10)} = 0,0049\text{м}.$$

Произведем расчет номинальной толщины стенки

$$t_n = t_r + S_T + S_K,$$

где S_T – Технологический припуск, S_K – припуск на коррозию.

Если $S_T + S_K = 5,1\text{мм}$, то $t_n = 4,9 + 5,1 = 10\text{ мм}$.

В соответствии значения $\frac{R_2^H m_3}{R_1^H m_2} = \frac{245 \cdot 1}{432 \cdot 0,9} = 0,63 < 0,75$,

Значит:

$$t_{отб} = \frac{n * P * \alpha * D_H}{2 * (0,9 * R_2^H * m_3 + n * P)}$$

Проведем расчет вероятной минимальной толщины стенки трубы при заданном диаметре. Для этого вычислим среднеквадратическое отклонение замеряемой толщины на разных участках трубопровода.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (t_k - t_{cp})^2} = 0,583,$$

$$t_{cp} = \frac{\sum_1^N t_k}{N} = \frac{334,6}{40}.$$

Здесь $N = 40$ – число произведенных замеров, t_k – значение замеренной толщины, t_{cp} – среднее значение измерений.

Вероятная минимальная толщина стенки трубы рассчитывается по формуле 5.7:

$$t_{min} = t_{cp} - 2\sigma = 8,365 - 2 \cdot 0,583 = 7,199\text{ мм}.$$

Так как $t_{min} > t_{отб}$ $7,199 > 5,65$, то дальнейшая эксплуатация трубопровода допустима.

Проведем расчет средней скорости коррозии:

$$V_{cp} = \frac{t_n - t_{min}}{\tau} = \frac{10 - 7,199}{12} = \frac{0,23 \text{ мм}}{\text{год}};$$

$$\tau_{ост} = \frac{t_{min} - t_{отб}}{V_{cp}} = \frac{7,199 - 5,65}{0,23} = 6,73 \text{ лет.}$$

Далее произведем расчет остаточного ресурса исследуемого трубопровода с вероятностью прогноза 95 %. Принимаем значение регламентированной надежности $\gamma = 0,95$ % и односторонней доверительной вероятности, равной 0,95 ГОСТ 9.106-2021 [4].

Проведем расчет толщины стенки

$$t = \frac{\gamma_f n P D_H}{2(R + 0.65 \gamma_f P)} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 0,273}{2(265 + 0,6 \cdot 1,15 \cdot 10)} = 0.0057 \text{ м};$$

$$\delta_k = \frac{t_{nk} - t_k}{t_{nk}}.$$

Таблица 1. Значения относительного износа

№	$\delta_k = 1 - \frac{t_k}{t_{nk}}$			
1	0,24	0,24	0,25	0,23
2	0,19	0,17	0,17	0,19
3	0,03	0,02	0,02	0,02
4	0,21	0,23	0,22	0,23
5	0,27	0,25	0,26	0,25
6	0,14	0,12	0,13	0,14
7	0,12	0,15	0,14	0,14
8	0,07	0,09	0,06	0,07
9	0,21	0,24	0,23	0,23
10	0,13	0,15	0,14	0,15
$\sum \delta_k = 6,54$				

Средний относительный износ трубы:

$$\delta_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \left(1 - \frac{t_k}{t_{nk}} \right) = \frac{6,54}{40} = 0,164.$$

Среднеквадратическое отклонение относительно утонения:

$$S_{\delta} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum (\delta_k - \delta_{cp})^2} = 0,0936.$$

Принимаем значение среднеквадратического отклонения допуска за 0,05. Тогда среднеквадратическое отклонение относительно износа будет равно:

$$S_d = \sqrt{S_\delta^2 - S_0^2} = \sqrt{0,00626} = 0,079.$$

Верхнее интервальное значение среднего относительного износа.

$$\delta_{cp*} = \delta_{cp} + U_d \frac{S_d}{\sqrt{N-2}} = 0,164 + 1,65 \cdot 0,013 = 0,185.$$

Произведем расчет верхнего интервального значения среднеквадратического отклонения относительного износа

$$S_d * = S_d (1 + \frac{U_d}{\sqrt{2N-8}}) = 0,094.$$

Средний допускаемый относительный износ составляет

$$[\delta_{cp}] = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K (1 - \frac{t}{t_n}) = 0,51.$$

Квантиль функции Лапласа: $\frac{[\delta_{cp}] - \delta_{cp*}}{\sqrt{S_{d*}^2 + S_0^2}} = 3,2$, таким образом, значение функции

Лапласа при рассчитанном квантиле составляет 0,998, значение вероятности

$$P = 0,998 \cdot 0,95 = 0,948.$$

При таком значении вероятности, $U_r = 1,63$, то есть, параметр Q будет равен:

$$Q = \frac{[\delta_{cp}] \cdot \delta_{cp*} - U_r \sqrt{S_d^2 \cdot [\delta_{cp}]^2 + S_{[\delta]}^2 (\delta_{cp*}^2 - U_r \cdot S_{d*}^2)}}{\delta_{cp*}^2 - U_r^2 \cdot S_{d*}^2}$$

$$Q = \frac{0,51 \cdot 0,185 - 1,63 \sqrt{0,094^2 \cdot 0,51^2 + 0,05^2 (0,185^2 - 1,63^2 \cdot 0,094^2)}}{0,185^2 - 1,63^2 \cdot 0,094^2} = 1,47.$$

Остаточный ресурс трубопровода при вероятности прогноза 95 % составляет:

$$T = (Q - 1) \cdot \tau = (1,47 - 1) \cdot 12 = 5,64 \text{ года}$$

Проведем расчет остаточного ресурса трубопровода с учетом выявленных и классифицированных дефектов [5]. Для этого рассчитаем параметр пластической деформации

$$\psi_B = \frac{F - F_B}{F} = 13,51 \%,$$

где F – исходная площадь сечения образца (5 мм); F_B – площадь сечения образца в зоне равномерного сужения (4,65 мм);

$$m = -\ln(1 - \psi_B) = 0,15; n = 1 + m = 1,15; \varepsilon_{i \text{ кр}} = \frac{\ln(1 + \psi_B)}{\varepsilon_{0,2}} = 197,7,$$

$\varepsilon_{0,2} = 0,002$ – относительная остаточная деформация, равная 0,2 %;

$$C = \frac{1}{2\pi \cdot \varepsilon_{i\text{кр}}^n} = 0,00037.$$

Произведем расчет характеристики циклической трещиностойкости. Для этого, в первую очередь, определим разгружающее напряжение по максимальной разрушающей силе (P_c) для выбранного образца с дефектом в виде трещины:

$$\sigma_c = \frac{P_c}{b \cdot t} = 267 \text{ МПа},$$

где b – ширина образца, t – толщина образца «брутто».

Рассчитаем степень снижения разрушающих напряжений от наличия трещин в образце при относительной глубине трещины, равной $\eta = h/t = 0,5$

$$\alpha_{\text{ТР}}^{(0,5)} = \frac{2\sigma_c}{\sigma_{\text{вр}}} = \frac{2 \cdot 267}{539} = 0,99,$$

где $\sigma_{\text{вр}}$ – предел прочности (временное сопротивление разрыву).

При исходных параметрах предел прочности $\sigma_{\text{в}} = 539$ МПа, предел трещиностойкости для относительной глубины равной $\eta = 0,5$ составляет $I_c^{0,5} = 77$ МПа

Проведем расчет разрушающие кольцевые напряжения для бездефектной трубы с учетом характеристик циклической трещиностойкости

$$\sigma_{\text{в}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sigma_{0,2}}{\varepsilon_{0,2}^m} \left(\frac{m}{\sqrt{3}} \right)^m = \frac{2 \cdot 376}{\sqrt{3} \cdot 0,002^{0,15}} \cdot \left(\frac{0,15}{\sqrt{3}} \right)^{0,15} = 746,5 \text{ МПа}.$$

Далее необходимо рассчитать допустимую глубину трещины:

$$K_I = I_c / m_i,$$

где K_I – коэффициент интенсивности напряжений при максимальном усредненном давлении, МПа $\cdot\sqrt{\text{м}}$; I_c – предел трещиностойкости для допускаемой глубины трещины, МПа $\cdot\sqrt{\text{м}}$; m_i – коэффициент запаса по пределу трещиностойкости

$$m_i = \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_p} \left(\frac{1 - (\sigma_p / \sigma_{\text{сп}})^2}{1 - (\sigma_{0,2} / \sigma_{\text{сп}})^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

где σ_p – уровень рабочих напряжений, в данном случае равен кольцевым напряжениям при максимальном давлении, $\sigma_p = 161,7$ МПа, таким образом, $m_i = 3,1$; $Y(\eta)$ – полином, зависящий от текущего значения относительной глубины трещины η (К-тарировка). Для образца типа 5 по ГОСТ 25.506-85

$$K_I = \sigma_p \cdot \sqrt{h} \cdot Y(\eta).$$

Предел трещиностойкости определяется по формуле:

$$I_c = 0.4 \cdot I_c^{(0.5)} \cdot \frac{\alpha_{\text{тр}}}{\alpha_{\text{тр}}^{(0.5)}} (1 - \eta) Y(\eta),$$

где $\alpha_{\text{тр}}$ – степень разрушающих напряжений при текущем значении

Задаваясь несколькими значениями η в промежутке от 0 до 1 с шагом $\Delta\eta = 0,1$ рассчитаем значения $Y(\eta)$, K_I и построим график зависимости $K_I(\eta)$. Затем рассчитаем значения I_c , m_1 , I_c/m_1 и построим график зависимости $I_c/m_1 = f(\eta)$. Результаты расчета представлены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчета значений функции $K_I(\eta)$, I_c и I_c/m_1 по заданным значениям h и $\eta=h/\delta_n$

$h, \text{м}$	η	$Y(\eta)$	K_I	$\alpha_{\text{тр}}$	I_c	I_c/m_1
0	0,000	1,990	0,000	1,000	61,467	19,860
0,0009	0,100	2,103	10,204	0,996	58,254	18,821
0,0018	0,200	2,434	16,704	0,994	59,777	19,314
0,0027	0,300	2,947	24,769	0,992	63,201	20,420
0,0036	0,400	3,734	36,234	0,991	68,550	22,148
0,0045	0,500	5,016	54,418	0,990	76,705	24,783
0,0054	0,600	7,143	84,899	0,991	87,430	28,248
0,0063	0,700	10,597	136,035	0,992	97,389	31,465
0,0072	0,800	15,985	219,378	0,994	98,134	31,706
0,0081	0,900	24,047	350,036	0,996	74,016	23,914
0,009	1,000	35,650	547,002	1,000	0,000	0,000

Выполненные расчеты представим графически на рис. 1.

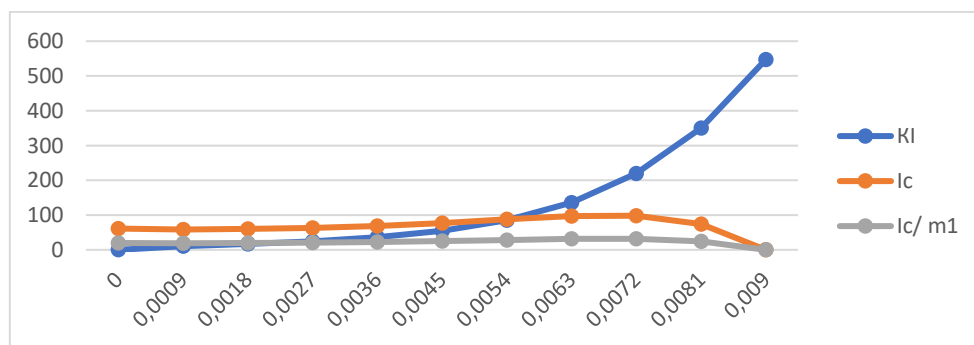


Рис. 1. График значений $K_I(\eta)$, I_c и I_c/m_1

По рис. 1 или табл. 2 определяем допускаемую относительную глубину трещины $\eta_{\text{доп}} = 0,2$, при этом абсолютное значение допускаемой глубины трещины составляет $h_{\text{доп}} = \eta_{\text{доп}} \cdot \delta_n = 0,2 \cdot 9 = 1,8$ мм, а абсолютное значение критической глубины равно $h_{\text{кр}} = \eta_{\text{кр}} \cdot \delta_n = 0,6 \cdot 9 = 5,4$ мм.

Остаточный ресурс определяется по формуле

$$T_0 = \frac{N_{\text{тр}}}{N_p},$$

где N_p – расчетное число циклов перепада рабочего давления за 1 год, $N_p = 289$; $N_{\text{тр}}$ – долговечность труб при циклическом нагружении (в числах циклов) определяется по формуле

$$N_{\text{тр}} = \frac{h_0}{h_{\text{кр}}} N_0 = \frac{1.8}{5.4} 4878.2 = 1626,$$

где $N_0 = \frac{h_{\text{кр}} - h_0}{c[K_{Ik}^{(0)}]^n} = 4878.2$.

После подстановки остаточный ресурс $T_0 = \frac{1626}{289} = 5,66$ года.

Проведем расчет остаточного ресурса трубопровода по отказам его элементов:

$$\tau_{\text{ост}} = \tau_d \cdot \frac{[\delta] - \delta_{\text{ср}}}{\frac{U_{1-\alpha}}{U_{\gamma(1-\alpha)}} + \delta_{\text{ср}}} = 17 \cdot \frac{0.51 - 0.185}{\frac{0.51}{1.342 - 1} + 0.185} = 3,3 \text{ года.}$$

Выбор материала трубы при заданном режиме нагружения можно производить по известной методике [6]. С учетом проведенных расчетов, при вероятности прогноза 95 % остаточный ресурс составляет 3,3 года. Наиболее короткий остаточный ресурс по минимальной вероятной толщине стенки составляет 5,64 года. Таким образом, предложенная технология ремонта трубопровода путем установки обжимной муфты П2 должна быть направлена, в первую очередь, на устранение указанного дефекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 55046-2012 Техническая диагностика. Оценка остаточного ресурса длительно эксплуатируемых стальных трубопроводов на основе результатов механических испытаний образцов. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2013. 8 с.
2. ОСТ 153-39.4-010-2002 Методика определения остаточного ресурса нефтегазовых трубопроводов и трубопроводов головных сооружений. М.: 2002. 57 с.
3. ГОСТ 34027-2016 Система газоснабжения. Магистральная трубопроводная транспортировка газа. Механическая безопасность. Назначение срока безопасной эксплуатации линейной части магистрального газопровода. М.: Стандартинформ, 2017. 72 с.
4. ГОСТ 9.106-2021 Единая система защиты от коррозии и старения. Коррозия металлов. Термины и определения. М.: Российский институт стандартизации. 12 с.
5. Shlyushenkov A.P., Tatarintsev V.A., Val'kov Yu.Z. Modeling the fatigue failure processes in evaluating the reliability of machines and components // Strength of Materials. 1990. Т. 22. № 3. Р. 344-352.
6. Шлюшенков А.П., Татаринцев В.А. О выборе материала с учетом эксплуатационного режима нагруженности детали // Вестник машиностроения. 1977. № 8. С. 47-49.

УДК 62-1/-9

Д.А. Левинский, И.И. Ведерникова

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО ПУЛЬТА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ЧПУ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО СТАНКА

Аннотация: современные реалии дали серьезный толчок развитию импортозамещения. Создание отечественных систем управления металлообрабатывающими станками и комплектующих для них рассматривается в данной статье.

Ключевые слова: МКЭ, компоновка, система ЧПУ, пульт управления.

D.A. Levinskiy, I.I. Vedernikova

DEVELOPMENT OF A COMPACT CONTROL PANEL CNC SYSTEM FOR A METAL-CUTTING MACHINE

Abstract: modern realities have given a serious impetus to the development of import substitution. The creation of domestic control systems for metalworking machines and components for them is discussed in this article.

Keywords: FEM, layout, CNC system, control panel.

В условиях современных геополитических и экономических вызовов, стоящих перед Российской Федерацией, вопрос импортозамещения в промышленности становится одним из ключевых направлений развития. Особое внимание уделяется машиностроительной отрасли, где зависимость от зарубежных технологий и комплектующих остается высокой. Одним из важных аспектов импортозамещения является разработка отечественного оборудования, способного конкурировать с зарубежными аналогами по функциональности, надежности и эргономике.

В данной работе представлены результаты разработки компактного пульта управления (рис. 1) для системы ЧПУ станка, выполненной в рамках производственной практики в компании ООО "ИНЭЛСИ". Целью проекта стало создание устройства, способного заменить импортные аналоги, сохранив при этом высокие эксплуатационные характеристики.

Российская промышленность традиционно зависит от импортного оборудования, особенно в области станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Зарубежные производители, такие как японские и европейские компании, предлагают решения, отличающиеся высокой компактностью, удобством эксплуатации и надежностью. Однако в условиях санкций и ограничений на поставки оборудования возникает необходимость в разработке отечественных аналогов, которые не уступали бы по качеству, но при этом были бы доступны для российских предприятий.

Пульт управления системой ЧПУ станка является ключевым элементом, от которого зависит удобство работы оператора и эффективность управления оборудованием. Уменьшение габаритов пульта, улучшение эргономики и оптимизация компоновки элементов (рис. 2,3) позволяют повысить конкурентоспособность отечественной продукции.

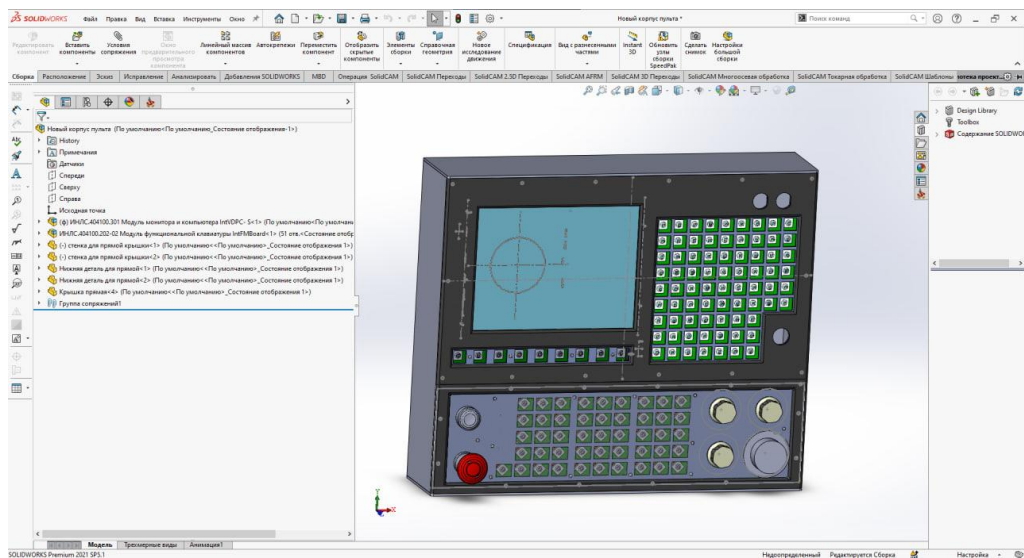


Рис. 1. Пульт управления системой ЧПУ металлорежущего станка

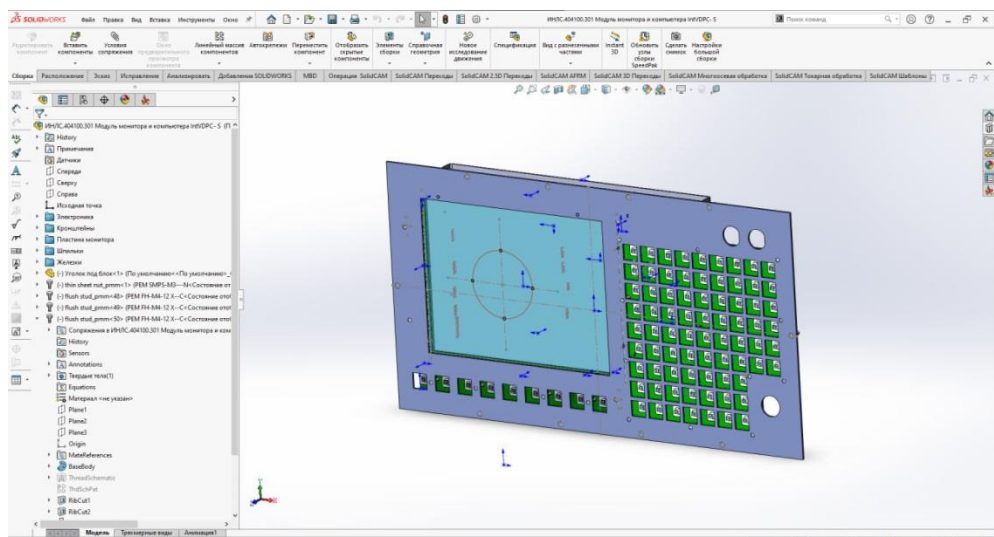


Рис. 2. Компоновка элементов разрабатываемого пульта (вид спереди)

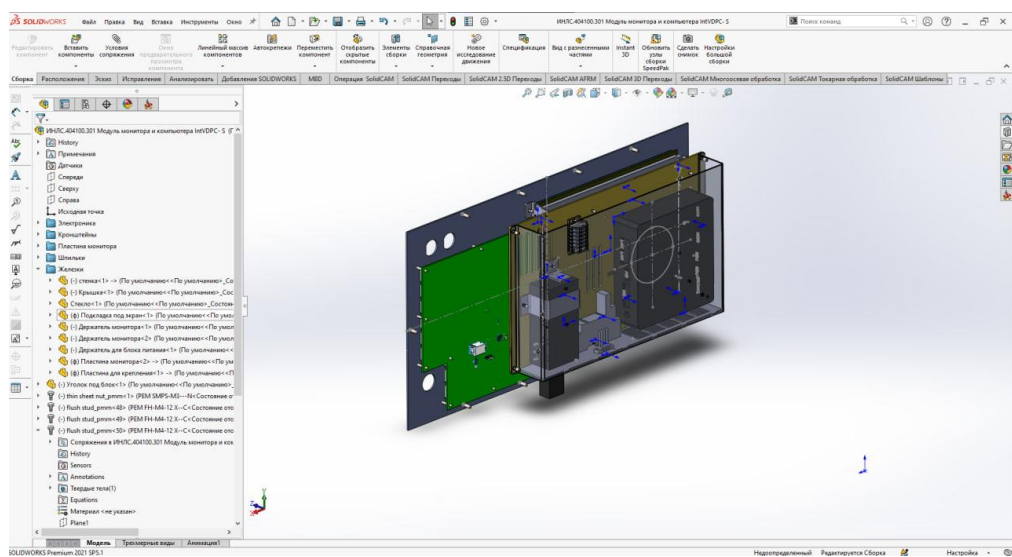


Рис. 3. Компоновка элементов разрабатываемого пульта (вид изнутри)

Целью работы является разработка компактного пульта управления ЧПУ станка, способного заменить импортные аналоги. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Провести анализ существующих зарубежных аналогов пультов управления.
2. Разработать 3D-модель пульта в программе SolidWorks с учетом требований эргономики и компактности.
3. Оптимизировать компоновку компонентов для уменьшения габаритов устройства.
4. Подобрать отечественные комплектующие, соответствующие требованиям надежности и функциональности.

Для выполнения поставленных задач использовались следующие методы и инструменты:

- Анализ конструкций зарубежных пультов управления.
- 3D-моделирование в программе SolidWorks, включая создание сборок и детализировку (рис. 4).
- Подбор отечественных комплектующих, таких как микроконтроллеры, дисплеи, кнопки и разъемы.
- Тестирование эргономики и функциональности модели.

В результате проведенной работы был разработан компактный пульт управления ЧПУ станка, который по своим характеристикам соответствует японским и европейским аналогам. Основные достижения:

1. Уменьшение габаритов пульта на 30% по сравнению с предыдущими отечественными моделями.
2. Оптимизация компоновки компонентов, что позволило улучшить эргономику и удобство использования.
3. Использование отечественных комплектующих, что снизило себестоимость устройства и повысило его доступность для российских предприятий.
4. Разработка 3D-модели, готовой к передаче в производство.

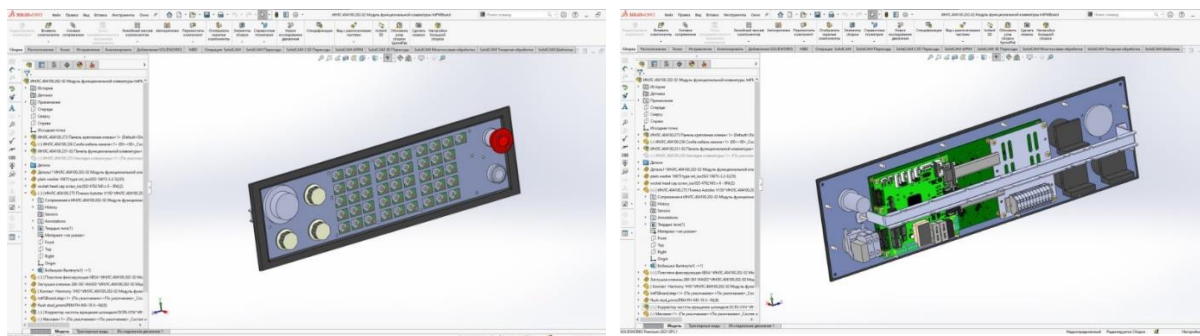


Рис. 4. Этапы 3-D моделирования пульта

Разработка компактного пульта управления позволит снизить зависимость российских предприятий от импортного оборудования. Использование отечественных комплектующих и оптимизация конструкции снижают себестоимость устройства на 15-20 %. Это делает продукт конкурентоспособным не только на внутреннем рынке, но и открывает перспективы для экспорта в страны СНГ.

Спроектированный пульт управления системой ЧПУ станка является примером успешного импортозамещения в машиностроительной отрасли. Его компактность, эргономика и использование отечественных комплектующих делают его достойной альтернативой зарубежным аналогам. Данная разработка может быть внедрена в производство на предприятиях, занимающихся выпуском станков с ЧПУ, что будет способствовать дальнейшему развитию отечественной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53464-2009. Станки металлообрабатывающие. Требования безопасности.
2. Иванов А.В. Современные тенденции в разработке пультов управления ЧПУ станков. – М.: Машиностроение, 2022.
3. SolidWorks User Guide. – Dassault Systèmes, 2023.

УДК 621.8

И.А. Легкова, И.Н. Алтынбаев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПОДЪЕМНИКА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТА УЗЛОВ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ АГРЕГАТНЫМ МЕТОДОМ

Аннотация: В статье рассмотрены преимущества агрегатного метода ремонта пожарных автомобилей, для его проведения предложено подъемное устройство, усовершенствованная его конструкция, которая позволяет без усилий поднимать достаточно тяжелые узлы и агрегаты, а также обеспечивает плавность их поднимания и опускания.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, техническое обслуживание, организация ремонта, агрегатный метод, подъемное устройство.

I.A. Legkova, I.N. Altynbaev

MODERNIZATION OF THE DESIGN OF A LIFT FOR REPAIRING FIRE TRUCK UNITS BY AN AGGREGATE METHOD

Abstract: The article discusses the advantages of the aggregate method of repairing fire trucks; a lifting device is proposed for its implementation, its design is improved, which allows lifting fairly heavy units and assemblies without effort, and also ensures smooth lifting and lowering.

Keywords: fire truck, maintenance, repair organization, aggregate method, lifting device.

Пожарные автомобили являются основной единицей для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, поэтому поддержание их в постоянно исправном и надёжном состоянии является одной из важнейших задач. Регулярное техническое обслуживание и качественный ремонт пожарной техники увеличивают срок

службы пожарных автомобилей, а их техническое состояние в значительной степени определяет боевую готовность и оперативность подразделений пожарной охраны при тушении пожаров.

Эффективность и качество проведения ремонтных работ напрямую зависят от выбора метода ремонта и используемого при этом технологического оборудования. Применяемый метод ремонта должен обеспечивать наименьшие расходы на его проведение при минимальных простоях пожарного автомобиля. Таким требованиям, в значительной степени, отвечает агрегатный метод ремонта.

Агрегатный метод ремонта – это способ восстановить работоспособность автомобиля путем замены основных агрегатов или узлов. Агрегатный ремонт наиболее целесообразен при проведении капитального ремонта, в ходе которого неисправные узлы механизма приходится менять на новые. Этот способ выгоден: во-первых, когда ремонт отдельных деталей агрегата экономически нецелесообразен или технически сложен, например, в случае критического износа или повреждения агрегатов; и, во-вторых, когда необходимо быстро восстановить работоспособность пожарного автомобиля, минимизируя время его простоя.

Агрегатным методом ремонтируют: двигатель, трансмиссию, подвеску и рулевое управление, топливную и выхлопную системы и т.п.

Преимущества агрегатного метода:

- надежность: новый агрегат всегда более стабилен, чем отремонтированный старый;
- гарантия: новые узлы и агрегаты часто идут с гарантией от производителя;
- простота процесса: установить новую деталь всегда проще, чем восстановить поврежденную.
- и главное преимущество: короткие сроки выполнения ремонтных работ.

Одним из наиболее успешных вариантов применения агрегатного метода ремонта является организация ремонта пожарных автомобилей на централизованных постах технического обслуживания.

При проведении ремонта автомобиля агрегатным методом приходится демонтировать достаточно тяжелые узлы и агрегаты, для этого используют различные подъемные устройства. Они снижают трудозатраты, облегчают работу и повышают производительность. В виду конструктивных особенностей современных транспортных средств осмотр и ремонт многих узлов производится непосредственно под автомобилем. Для работы под днищем автомобиля простым, удобным и компактным является подъемное устройство ножничного типа.

Для расширения функциональности ножничного подъемника предложена его усовершенствованная конструкция, которая может устанавливаться в смотровую канаву и имеет возможность перемещения. Подъемник обеспечивает удобство снятия агрегатов снизу пожарного автомобиля (мостов, коробок переключения передач (КПП), раздаточных коробок и т.п.), их транспортировку из-под машины и подъем на рабочую высоту.

На рисунке представлена конструкция подъемника, который состоит из нижней рамы 1, установленной на колесах 2, верхней рамки 3, Х-образных боковых стоек 4, гидравлического домкрата 5 и цепной передачи 6. На верхней рамке 3 крепится универсальная столешница с возможностью установки различных упоров и зажимов для крепления узлов автомобиля, подлежащих замене или ремонту.

Предложенное подъемное устройство работает следующим образом. В сложенном состоянии подъемник подкатывается под автомобиль, стоящий над смотровой канавой. При этом шток домкрата 5 сложен, оси Х-образных стоек максимально разведены, а верхняя рамка 3 опущена к нижней раме 1. Подъемник располагается под снимаемым агрегатом, после чего с помощью ручки гидравлического домкрата 5 в нем создается давление, шток выдвигается, перемещая нижнюю ось Х-образной стойки, которая через цепную передачу 8 подтягивает к себе вторую нижнюю ось стойки, поднимая верхнюю рамку 3 со столешницей под снимаемый агрегат. После отсоединения агрегат опускается на столешницу, подъемник складывается и вместе с агрегатом выкатывается из-под автомобиля за счет наличия колес 2 на нижней раме 1. После замены (ремонта) агрегата подъемник с ним закатывается обратно в смотровую канаву под автомобиль и агрегат устанавливается на место. Для этого все вышеописанные действия повторяются в обратном порядке.

Использование гидравлического домкрата в данной конструкции (по сравнению с винтовой передачей), во-первых, позволяет легко поднимать тяжелые узлы и агрегаты, во-вторых, обеспечивает плавность подъема и опускания. Х-образные стойки гарантируют устойчивость всей конструкции. Следует отметить универсальность предложенного подъемного устройства, его можно использовать для ремонта агрегатов различных типов и марок пожарной техники. Простая конструкция подъемника обеспечивает надежность и простоту эксплуатации.

Таким образом, применяемый метод ремонта и используемое оборудование оказывает существенное влияние на эффективность проведения ремонтных работ. В результате повышается качество ремонта, сокращается время выполнения ремонтных работ и, как следствие, продолжительность простоев пожарного автомобиля.

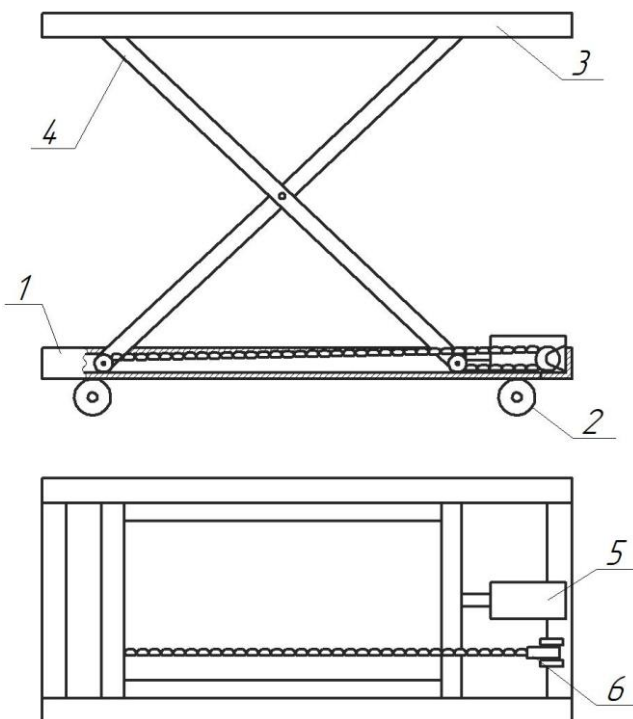


Рисунок. Общий вид подъемного устройства

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безбородько М.Д. Пожарная техника: Учебник / МД. Безбородько, М.В. Алешков, В.В. Роевко, А.В. Рожков и др.; под ред. М.Д. Безбородько. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012. – 437 с.
2. Приказ МЧС России №737 от 01.10.2020 г. «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
3. Джолабов Ю.Ш. Агрегатный метод ремонта: перспективы его применения в современном ремонтном производстве / Ю.Ш. Джолабов, Х.Б. Карданов // Известия Кабардино-

Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2020. № 1(27). С. 93-97.

4. Легкова И.А. К вопросу повышения эффективности проведения технического обслуживания пожарных автомобилей / И.А. Легкова, В.П. Зарубин // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2023. С. 107-112.

5. Легкова И.А. Разработка конструкции специального приспособления для обслуживания и ремонта пожарных автомобилей / И.А. Легкова, В.С. Соболева, В.П. Зарубин // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 23 ноября 2023 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2023. С. 519-525.

6. Легкова И.А. Повышение эффективности эксплуатации пожарной техники за счет создания необходимых условий для ее ремонта и технического обслуживания / И.А. Легкова, В.П. Зарубин, В.Е. Иванов, А.А. Покровский // Современные проблемы гражданской защиты. 2024. № 2(51). С. 47-55.

7. Захаров И.Д. Выбор конструкции подъемника для технического обслуживания элементов трансмиссий пожарных автомобилей / И.Д. Захаров, И.А. Легкова // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охране России, Иваново, 12–13 сентября 2019 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2019. С. 134-135.

УДК 621.8

И.А. Легкова, В.П. Зарубин, М.Д. Лашкин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ МЕХАНИЧЕСКОГО СЪЕМНИКА

Аннотация: В статье рассмотрены основные конструкции съемников, предназначенных для проведения технического обслуживания и ремонта ходовой части пожарных автомобилей на базе шасси среднего класса. Предложена модернизированная конструкция винтового съемника с увеличенным усилием первоначального захвата зацепов за снимаемую деталь. Предложенная конструкция отличается тем, что дополнительная фиксация захватов обеспечивает надежную первоначальную установку съемника на деталь и точное осевое центрирование винта съемника по геометрической оси снимаемой детали. Применение разработанного устройства позволит повысить эффективность проведения технического обслуживания ходовой части пожарных автомобилей.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, техническое обслуживание, ходовая часть, винтовой съемник, захват.

I.A. Legkova, V.P. Zarubin, M.D. Lashkin

ABOUT THE NEED TO USE A COMPRESSED AIR DRYER FOR THE OPERATION OF PNEUMATIC TOOLS

Abstract: The article discusses the basic designs of pullers designed for maintenance and repair of fire truck chassis based on a mid-range chassis. An upgraded design of the screw puller with an increased force of the initial grip of the hooks on the removable part is proposed. The proposed design differs in that the additional locking of the grips ensures reliable initial installation of the puller on the part and precise axial centering of the puller screw along the geometric axis of the part being removed. The use of the developed device will improve the efficiency of maintenance of the undercarriage of fire trucks.

Keywords: fire truck, maintenance, chassis, screw puller, gripper.

Пожарные автомобили представляют собой средства транспорта на базе автомобильных шасси, которые оснащены оборудованием для проведения тушения пожаров и аварийно-спасательных работ.

Шасси автомобиля представляет собой единую систему узлов трансмиссии, ходовой части и механизмов управления [1]. К одним из элементов шасси пожарных автомобилей относится ходовая часть, которая состоит из рамы, передней оси, задней оси, подвески, амортизаторов, колес и шин. Ходовая часть автомобиля в первую очередь отвечает за его безопасную эксплуатацию как при движении по дорогам с качественным покрытием, так и в условиях бездорожья.

В процессе эксплуатации элементы ходовой части пожарного автомобиля зачастую испытывают существенные нагрузки и требуют своевременного и качественного технического обслуживания [2]. При проведении технических обслуживаний узлов ходовой части проверяют состояния и крепления передних и задних подвесок и амортизаторов, измеряют люфты в подшипниковых узлах колес и поворотных цапфах, проводят оценку состояния рамы и балки передней оси. Также в соответствии с картой смазки смазывают шаровые опоры.

Для проведения технического обслуживания или ремонта элементов ходовой части автомобиля необходимо наличие специального оборудования [3, 4]. Например, для демонтажа подшипников, шестерен, шкивов, различных втулок, требующих замены, необходимо использовать различные съемники. В настоящее время существует огромное количество типов, видов и размеров съемников. Мы рассмотрим наиболее универсальные из них, которые используются в большинстве операций по демонтажу различных деталей.

На сегодняшний день существует два основных типа съемников: гидравлические и механические. Гидравлические съемники удобны в использовании, позволяют с большей скоростью выполнять требуемые операции и создавать очень большие усилия. Но конструкция гидравлических съемников достаточно сложная и их стоимость высокая.

Механические съемники подразделяются на рычажные и винтовые. Рычажные съемники увеличивают силу тяги за счет отношения плеч рычага, который является одним из основных элементов конструкции. Достоинством рычажных съемников является простота конструкции и относительно низкая стоимость. Но при этом данные устройства не способны создавать больших тяговых усилий. Конструктивные особенности приводят к возникновению боковых сил, способствующих перекашиванию снимаемой детали. По данным причинам рычажные съемники имеют ограниченную область применения.

Большими достоинствами и разнообразием конструктивных исполнений обладают винтовые съемники (рис. 1). Основными деталями винтового съемника являются силовой винт и траверса, соединенные между собой трапецидальной или прямоугольной резьбой, захваты. Траверса при помощи захватов соединяется с демонтируемой деталью. Перемещение траверсы вместе с демонтируемой деталью осуществляется при вращении винта.



Рис. 1. Винтовой съемник

Наибольший интерес представляет съемник с тремя захватами на перекладине, которая перемещается по винту (рис. 2). Это позволяет производить демонтаж деталей различных габаритов. При этом лапки, устанавливаемые на съемник, могут быть различных размеров, что в свою очередь делает съемник достаточно универсальным изделием. Также форма захватов на самых распространенных съемниках позволяет снимать как наружные, так и внутренние детали.

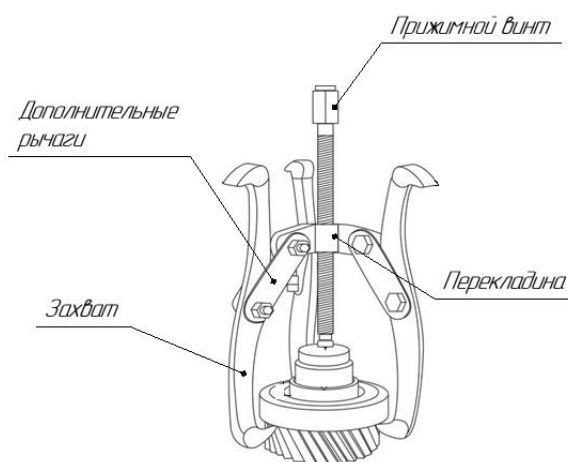


Рис. 2. Общий вид механического винтового съемника

Такой винтовой съемник может бы использован для ремонта ходовой части пожарных автомобилей среднего класса (с полной массой от 7500 до 14000 кг). Это обусловлено тем, что в условиях проведения ремонта в пожарно-спасательных подразделениях данное устройство в наибольшей степени отвечает всему комплексу технических характеристик, таких как низкая материалоемкость и малые габариты при высокой нагрузочной способности, широкая область применения, определяемая размерами демонтируемых деталей за счет возможности изменения конфигурации захватов.

Конструкция за счет передачи винт-гайка позволяет преобразовывать вращательное движение силового винта в поступательное движение траверсы с захватами и демонтируемой деталью. Съемник обеспечивает большое тяговое усилие с возможностью получения медленного движения, обладает простотой конструкции и изготовления. Однако, не смотря на все преимущества рассмотренного устройства у съемника есть проблемный момент при первоначальной установке на снимаемую деталь. До момента создания осевого усилия от винта съемника на снимаемую деталь зацепы съемника свободно перемещаются на осях и требуют дополнительного внимания для равномерного распределения и фиксации за деталь. То есть в некоторых случаях установка съемника на деталь требует значительных затрат времени.

Для решения указанной выше проблемы применяют различные способы их фиксации, например, за счет дополнительных тяг. При этом захваты не просто сопротивляются раскрытию, и как следствие соскальзыванию со снимаемой детали, но и могут поджиматься к ней с усилием. Такой способ установки съемника на деталь обеспечивает достаточную надежность. Однако, дополнительные детали в конструкции съемника усложняют его конструкцию, увеличивают габариты, уменьшают рабочее пространство для захвата, увеличивают вес и стоимость.

Таким образом, задача по улучшению первоначальной фиксации захватов съемника за деталь без усложнения его конструкции является актуальной. В настоящей работе предлагается, для решения выше указанной задачи, вмонтировать неодимовые магниты в лапки захватов. Учитывая относительно небольшие габариты поперечного сечения лапок захвата, необходимо выбрать магниты соответствующего размера.

Проведенный анализ неодимовых магнитов позволяет сделать выбор и по размерам и по форме. А характеристики производителей о своих изделиях позволяют сделать заключение о надежности примагничивания магнитов к металлическим деталям. Так, например, магнит размером стороны 5 мм создает усилие на отрыв в 1 кг. Этого усилия будет достаточно, для удержания модернизированного съемника на снимаемой детали в момент установки. Таким образом, предложенный вариант модернизированного съемника позволит повысить эффективность проведения технического обслуживания ходовой части пожарных автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарная техника: Учебник. / под ред. М.Д. Безбородько. М.: Академия ГПС МЧС России, 2004. 550 с.
2. Приказ МЧС России №737 от 01.10.2020 г. «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
3. Легкова И.А. К вопросу повышения эффективности проведения технического обслуживания пожарных автомобилей / И.А. Легкова, В.П. Зарубин // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ», 2023. С. 107-112.
4. Легкова И.А. Разработка конструкции специального приспособления для обслуживания и ремонта пожарных автомобилей / И.А. Легкова, В.С. Соболева, В.П. Зарубин // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 23 ноября 2023 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2023. С. 519-525.
5. Легкова И.А. Разработка устройства фиксации створок ворот гаража пожарно-спасательной части от самопроизвольного закрывания / И.А. Легкова, В.П. Зарубин // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2023. № 1. С. 40-44.
6. Орлов В.А. Предложения по оптимизации проведения технического обслуживания и ремонта специальных автомобилей / В.А. Орлов, В.П. Зарубин // Актуальные вопросы перспективных направлений применения вооружения, военной и специальной техники, Санкт-Петербург, 22 октября 2021 года / сборник научных трудов III Межведомственной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: ООО «Медиапапир», 2021. С. 295-298.

УДК 621

Р.В. Лях, Л.Л. Хармич, В.Е. Иванов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ СУШКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Аннотация: в статье проведен анализ традиционных и инновационных методов сушки (естественная, конвективная, инфракрасная, вакуумная), оценены их преимущества, недостатки и влияние на структуру материалов. Предложены рекомендации по выбору технологий в зависимости от климатических условий, типа рукавов и ресурсных ограничений.

Ключевые слова: пожарный рукав, сушка, техническое обслуживание, оборудование, эксплуатация.

R.V. Lyakh, L.L. Kharmich, V.E. Ivanov**ANALYSIS OF FIRE HOSE DRYING METHODS AND TECHNOLOGIES**

Abstract: the article analyzes traditional and innovative drying methods (natural, convective, infrared, vacuum), evaluates their advantages, disadvantages and impact on the structure of materials. Recommendations are offered on the choice of technologies depending on climatic conditions, type of hoses and resource constraints.

Keywords: fire hose, drying, maintenance, equipment, operation.

Пожарные рукава — критически важный элемент противопожарного оборудования, от состояния которого зависит безопасность ликвидации возгораний. Неправильная сушка после эксплуатации или промывки приводит к снижению прочности материала, деформациям, микротрещинам и, как следствие, риску разрыва под давлением [1, 2]. Согласно анализу по эксплуатации пожарных рукавов в пожарно-спасательной части около 15 % неисправностей рукавов связаны с нарушением режимов сушки. Таким образом, выбор оптимального метода сушки является ключевым этапом обслуживания оборудования.

Среди известных методов сушки пожарных рукавов встречается: естественный способ сушки, конвективная, инфракрасная и вакуумная сушка [3]. При естественном способе сушки испарение влаги из пожарных рукавов происходит за счет естественной циркуляции воздуха, но при этом не стоит забывать, что сушка под прямыми солнечными лучами запрещена. Наибольший эффект при естественном способе сушки пожарных рукавов достигается при температуре окружающего воздуха более 15 °С и низком влагосодержании, менее 60 %. При таком способе сушки рекомендуется рукава равномерно раскладывать на открытой площадке или в хорошо проветриваемом месте. К преимуществам данного способа можно отнести нулевые энергозатраты и безопасность для материала. К недостаткам — продолжительное время сушки (время сушки может достигать 72 ч) и зависимость от погодных условий.

При конвективном способе сушки применяется принудительная подача нагретого воздуха (50 °С) через рукава или снаружи рукавов в камерных сушилках. Время сушки составляет от 4 до 8 часов, в зависимости от производительности и конструк-

ции сушилки. В данных сушилках возможен перегрев пожарных рукавов при поломке контроллера или датчиков температуры, что может привести к преждевременному старению рукавов. Среди известных сушилок являются сушилки башенного типа [4, 5], они оснащаются вентиляторами и нагревательными элементами. По принципу подвешивания и подъема рукавов оснащаются или ручными подъемными механизмами или с применением электропривода [6, 7, 8].

При инфракрасной (ИК) сушке материал нагревается ИК-излучением без прямого контакта, что обеспечивает равномерное распределение тепла при минимальной деформации. Инфракрасное излучение проникает вглубь материала, обеспечивая равномерное испарение влаги по всей длине и толщине рукава. Одним из недостатков такого способа сушки является высокая стоимость оборудования, но при этом относительно небольшие энергозатраты.

При вакуумной сушке испарение влаги происходит в условиях пониженного давления. К преимуществам можно отнести возможность работы при низких температурах (30–40 °С), к недостаткам – высокая стоимость оборудования. Так же применяются гибридные технологии, например вакуумно-температурная сушка или инфракрасная с конвекцией. В таблице приведено сравнение способов сушки.

Таблица. Сравнительный анализ способов сушки

Метод	Время сушки	Энергозатраты	Стоимость	Влияние на материал
Естественный	24–72 ч	0 кВт·ч	Низкая	Безопасно
Конвективный	4–8 ч	5–7 кВт·ч	Средняя	Риск перегрева
ИК	3–4 ч	4–5 кВт·ч	Высокая	Минимальное
Вакуумный	2–3 ч	8–10 кВт·ч	Очень высокая	Безопасно
Гибридный	2.5–4 ч	3–4 кВт·ч	Высокая	Умеренное

При выборе способа сушки необходимо знать каких климатических условиях будут высушиваться пожарные рукава. При высокой влажности воздуха целесообразней применять искусственные методы сушки (конвективный, инфракрасный, вакуумный). При умеренном климате лучше выбрать естественный способ сушки. В условиях недостатка места для сушки возможно использование компактных установок. Экономический фактор также играют важную роль при выборе способа сушки. Если бюджет ограничен, то целесообразнее применять конвективный или естественный способы сушки. При достаточном бюджете с учетом применения высокоэффективных сушилок необходимо остановиться на гибридном или вакуумном способе сушки пожарных рукавов.

Анализ методов сушки пожарных рукавов показал, что универсальной технологии не существует. Естественная сушка остается актуальной для небольших подразделений, тогда как вакуумные и гибридные системы незаменимы в условиях интенсивной эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронов, Н. А. Основные способы сушки напорных пожарных рукавов / Н. А. Сафронов, А. А. Покровский // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 12 апреля 2018

года. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 576-579.

2. Орлов, Е. А. Критерии выбора способы сушки напорных пожарных рукавов / Е. А. Орлов, А. А. Покровский // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 29–30 ноября 2018 года. Том Часть 1. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2018. – С. 451-452.

3. Сударьков, Д. Ю. Обзор способов и методов, а также оборудования для сушки напорных пожарных рукавов / Д. Ю. Сударьков, В. Е. Иванов // Пожарная и аварийная безопасность: Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 613-617.

4. Ширяев, В. В. Разработка подъемного механизма в башенной сушилке для сушки пожарных рукавов / В. В. Ширяев, Д. Ю. Сударьков, В. Е. Иванов // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 331-334.

5. Пучков, П. В. Исследование прочностных показателей наиболее нагруженных деталей башенной сушилки с использованием компьютерного моделирования / П. В. Пучков, В. Е. Иванов // Вестник машиностроения. – 2023. – Т. 102, № 1. – С. 85-87. – DOI 10.36652/0042-4633-2023-102-1-85-87.

5. Пучков, П. В. К вопросу о конструировании подъемных устройств для сушки пожарных рукавов в башенных сушилках / П. В. Пучков, В. Е. Иванов // Гражданская оборона на страже мира и безопасности : Материалы VI Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 4-х частях, Москва, 01 марта 2022 года / Сост. В.С. Бутко, М.В. Алешков, С.В. Подкосов, А.Г. Заворотный [и др.]. Том Часть III. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2022. – С. 61-64.

6. Иванов, В. Е. Исследование процесса сушки напорных пожарных рукавов в башенной сушилке при добавлении дополнительной технологической операции / В. Е. Иванов, А. Ю. Головатенко // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения, Иваново, 10–11 ноября 2021 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2021. – С. 285-288.

7. Файзуллин, Д. З. Разработка инженерно-технического решения для организации сушки пожарных рукавов в сушилке башенного типа / Д. З. Файзуллин, П. В. Пучков // Актуальные вопросы эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов : Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, Химки, 19–20 декабря 2022 года. – Химки: Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2022. – С. 46-49.

8. Пучков, П. В. Концепция проектирования подъемных устройств для сушки пожарных рукавов в башенных сушилках / П. В. Пучков // Пожарная и аварийная безопасность : СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XV МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ 30-Й ГОДОВЩИНЕ МЧС РОССИИ, Иваново, 17–18 ноября 2020 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2020. – С. 274-277.

УДК 661.185:66.063.6.022.36:6.022.36:621.66

А.И. Марков¹, А.И. Ларина¹, С.В. Натарева^{1,2}

¹Ивановский государственный химико-технологический университет

^{1,2}Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕТОДИКА РАСЧЕТА АППАРАТА С ФОНТАНИРУЮЩИМ СЛОЕМ АДсорбЕНТА

Аннотация: в статье представлена методика расчета аппарата с фонтанирующим слоем адсорбента. При разработке метода расчета использовались следующие допущения: ионообменное равновесие описывается уравнением изотермы адсорбции Ленгмюра, скорость ионного обмена лимитируется внутренней диффузией, характер течения жидкой фазы в аппарате описывается моделью идеального смешения. Получена система дифференциальных уравнений для описания процесс очистки воды от ионов тяжелых металлов.

Ключевые слова: аппарат с фонтанирующим слоем, ионный обмен, целлюлозосодержащий сорбент.

A.I. Markov, A.I. Larina, S.V. Natareev

METHOD OF CALCULATION OF APPARATUS WITH A FOUNTAINING LAYER OF ADSORBENT

Annotation: the article presents a calculation method for an apparatus with a fountained adsorbent bed. At the developing calculation method following assumptions were used: the ion exchange equilibrium is described by the Langmuir adsorption isotherm equation; the rate of ion exchange is limited internal diffusion; the flow pattern of the liquid phase in the apparatus is described by the perfect mixing model. A system of differential equations for describing the process of water purification from heavy metal ions is obtained.

Keywords: apparatus with a fountain bed, ion exchange, cellulose-containing sorbent.

В чрезвычайных ситуациях вода является первоочередным компонентом жизнеобеспечения человека [1]. Для снабжения пострадавшего населения и спасателей водой используются мобильные водоочистные станции, которые могут быть развернуты в короткие сроки [2]. Совершенствование режимов работы ионообменного оборудования, входящего в состав мобильной станции, невозможно без дальнейшего со-

вершенствования теоретической базы инженерных методов расчета на основе математического моделирования, учитывающего современные представления о равновесии и кинетики процессов ионного обмена, а также гидродинамики движения подвижных фаз в аппарате.

В работе предложен новый целлюлозосодержащий сорбент и ионообменный аппарат с фонтанирующим слоем этого сорбента. Сорбент получен из короткого льняного волокна, хитозана и углеродных нанотрубок «Таунит-М». Благодаря химическому модифицированию льняного волокна сорбент содержит значительное количество карбоксильных групп, способных к ионному обмену. Находящийся в сорбенте хитозан сшит эпихлоргидрином, что позволяет применять сорбент для очистки как щелочных, так кислых сточных вод. Введение в сорбент углеродных нанотрубок повысило удельную поверхность и улучшило его сорбционные свойства. Отличительной особенностью сорбента является его низкая плотность, меньшая, чем плотность очищаемой воды. С учетом этого разработан ионообменный аппарат с фонтанирующим слоем адсорбента (рис. 1), на конструкцию которого получен патент на изобретение [3].

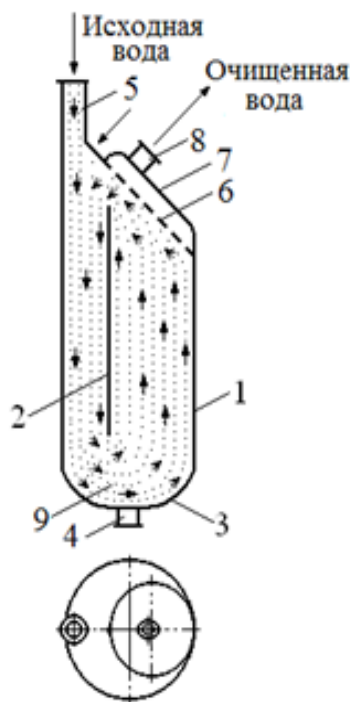


Рис. 1. Аппарат с фонтанирующим слоем адсорбента:
1 - цилиндрического корпуса;
2 - вертикальная перегородка; 3 - эллиптическое днище; 4 - штуцером для ввода в аппарат регенерационного раствора и промывочной воды;
5 - штуцер для ввода в аппарат исходной воды;
6 - дренажное устройство; 7 - плоская крышка;
8 - штуцер для вывода из аппарата очищенной воды, регенерационного раствора и промывочной воды;
9 – фонтанирующий

Аппарат работает следующим образом. Исходная вода вводится в аппарат через штуцер 5 в виде струи, которая подхватывает частицы ионита и поднимает их вверх в пространство между корпусом аппарата 1 и левой стороной вертикальной перегородки 2 к эллиптическому днищу 3, над которым образуется фонтанирующий слой 9. Затем суспензия ионит-вода попадает в пространство между корпусом аппарата 1 и правой стороной вертикальной перегородки 2 и поднимается в верхнюю часть аппарата, где смешивается с входящим в аппарат через штуцер 5 потоком исходной воды, т.е. суспензия ионит-вода непрерывно циркулирует в аппарате. В аппарате происходит процесс ионообменной очистки воды от ионов целевого компонента с помощью сорбента. Очищенная вода выводится из аппарата с помощью наклонного дренажного устройства 6 через штуцера 8, расположенный на отбортованной наклонной

плоской крышке 7. После насыщения ионита ионами целевого компонента прекращают подачу исходной воды через штуцер 5. Далее проводится регенерация ионита и отмывка его от остатков регенерационного раствора. После завершения стадии отмывки ионита цикл повторяется.

Для разработки математического описания процесса ионного обмена примем следующие допущения: равновесие ионного обмена между раствором и ионитом описывается уравнением изотермы адсорбции Ленгмюра; скорость процесса лимитируется внутренней диффузией; структура движения твердой и жидкой фаз в аппарате описывается моделью полного смешения [4].

С учётом принятых допущений математическое описание процесса включает следующие уравнения:

– характеристическое уравнение аппарата полного смешения непрерывного действия:

$$V \frac{dC(\tau)}{d\tau} + \bar{V} \frac{d\bar{C}_{\text{cp}}(\tau)}{d\tau} = Q[C_{\text{вх}} - C(\tau)]; \quad (1)$$

– уравнение кинетики диффузии:

$$\bar{D} \left[\frac{\partial^2 \bar{C}(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial r} \right] = \frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial \tau} \quad (2)$$

$(\tau > 0; 0 \leq r \leq r_0);$

– уравнение для определения средней концентрации сорбируемого вещества в ионите:

$$\bar{C}_{\text{cp}}(\tau) = \frac{3}{r_0^3} \int_0^{r_0} r^2 \bar{C}(r, \tau) dr; \quad (3)$$

– начальные и граничные условия:

$$C(0) = C_0; \quad (4)$$

$$\bar{C}_{\text{cp}}(0) = \bar{C}(r, 0) = \bar{C}_{\text{cp},0}; \quad (5)$$

$$\frac{\partial \bar{C}(0, \tau)}{\partial r} = 0, \quad \bar{C}(0, \tau) \neq \infty; \quad (6)$$

$$\bar{C}(r_0, \tau) = a_0 \frac{kC}{1 + kC}, \quad (7)$$

где a_0 – ионообменная емкость ионита, кг–экв/м³; $\bar{D}$ – коэффициент диффузии в ионите, м²·с^{–1}; k – константа равновесия; r – радиальная координата частицы, м; r_0 – радиус частицы ионита, м; τ – время, с; индексы: вх – входящий; ср – средний; 0 – начальный.

Решение системы уравнений (1) – (7) было выполнено на ЭВМ с применением однородных консервативных разностных схем. Для расчета были приняты следующие параметры: диаметр аппарата $D_a = 0,048$ м; высота аппарата $H_a = 0,13$ м; объем раствора в аппарате $V_{ж} = 1,8 \cdot 10^{-4}$ м³; объем катионита в аппарате $V_{т} = 7,5 \cdot 10^{-6}$ м³; средний диаметр частиц катионита $d_3 = 2 \cdot 10^{-3}$ м; расход исходного раствора сульфата меди $Q = 9 \cdot 10^{-6}$ м³/с; концентрация раствора сульфата меди, поступающего в аппарат $C_{вх} = 6,5 \cdot 10^{-3}$ кмоль–экв/м³; ионообменная емкость катионита $a_0 = 0,22$ кмоль–экв/м³; константа изотермы Ленгмюра $k = 245$ м³/кмоль–экв; коэффициент диффузии в катионите $\bar{D} = 1,3 \cdot 10^{-10}$ м²/с.

Результаты расчетов представлены на рис. 2 и 3. На рис. 2 представлена выходная кривая ионного обмена Cu^{2+} – Na^+ на природном катионите.

На рис. 3 показаны расчетные концентрационные профили сорбируемого вещества в частице сорбента.

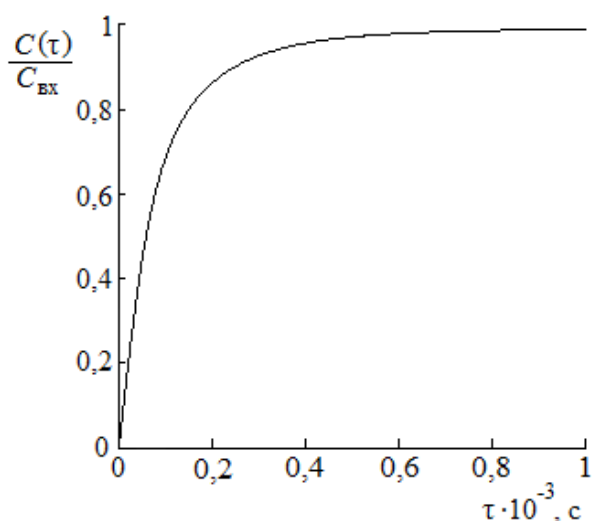


Рис. 2. Выходная кривая ионного обмена Cu^{2+} – Na^+ на природном катионите

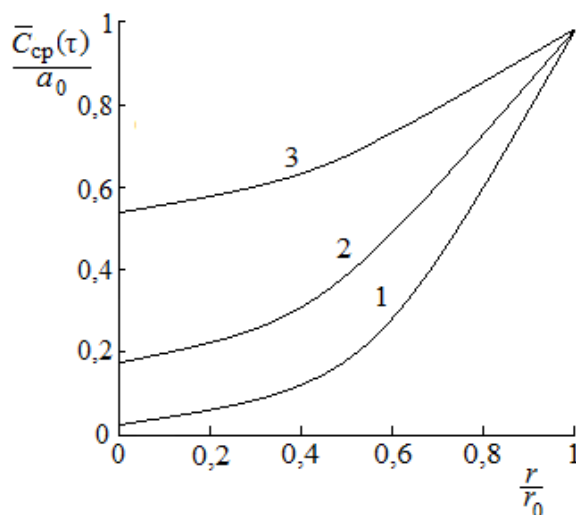


Рис. 3. Расчетно–концентрационные профили сорбируемого иона Cu^{2+} в частице сорбента: τ , с: 1 – 300; 2 – 500; 3 – 900

Характер расчетных выходной кривой и концентрационных профилей в частице сорбента соответствует традиционным зависимостям [5]. Это позволяет сделать вывод о правильности принятых при математическом моделировании упрощающих допущений и рекомендовать разработанную методику расчета процесса ионного обмена в аппарате с фонтанирующим слоем катионита в инженерной практике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевцов М.Н., Шкамардина Е.А. Чрезвычайные ситуации на системах водоснабжения // Вестник науки и образования. 2020. Часть 1. № 1 (79). С. 9-15.
2. Рочева А.Е., Васильев А.Л. Применение блочно-модульных систем водоподготовки // Символ науки. 2022. № 4-1. С. 29-31.
3. Пат. № 2830810 Российская Федерация. Ионообменный аппарат с фонтанирующим слоем ионита / С.В. Натарева, А.И. Ларина, Т.Е., Никифорова, Д.А. Вокурова. Патентообла-

датель ФГБОУ ВО Иван. гос. хим.–технол. ун–т.; № заявки 2024111188; заявл. 23.04.2024; опубл. 26.11.2024. Бюл. 33.

4. Горштейн А.Е., Зобнин В.В. О кинетике ионообменной адсорбции в фонтанирующем ионите // Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного знамени горного института им. Г.В. Плеханова. 1973. Т. LIV. Вып. 3. С. 125-129.

5. Натарева С.В., Быков А.А., Натарева О.С., Захаров Д.Е. Массоперенос в телах классических форм в аппарате полного смешения полунепрерывного действия // Журнал прикладной химии. 2017. Т. 90. Вып. 2. С. 180–186.

УДК 621.357

А.А. Масляев, И.И. Ведерникова

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПРОВЕРКИ И РЕГЕНЕРАЦИИ КАТАЛИЗАТОРА РЕКОМБИНАТОРОВ ВОДОРОДА

Аннотация: В статье предложен способ повышения герметичности установки для проверки и регенерации катализатора рекомбинаторов водорода.

Ключевые слова: водород, катализатор, газовоздушная смесь, течеискатель, гелий, дефект, контроль.

A.A. Maslyaev, I.I. Vedernikova

DEVELOPMENT OF A SETUP FOR TESTING AND REGENERATION OF HYDROGEN RECOMBINATOR CATALYST

Abstract: The article proposes a method for increasing the tightness of the installation for testing and regenerating the catalyst of hydrogen recombiners.

Keywords: hydrogen, catalyst, gas-air mixture, leak detector, helium, defect, control.

В большинстве стран, в том числе в России, принято и реализуется решение об оснащении действующих и строящихся АЭС системами аварийного дожигания (рекомбинации) водорода. Рекомбинация – это каталитическое окисление газообразного водорода до воды. Приборы-дожигатели получили название пассивных автокаталитических рекомбинаторов – ПАР.

Пассивные каталитические рекомбинаторы водорода предназначены для беспламенного сжигания (рекомбинации) водорода в герметичных помещениях АЭС, а также в помещениях защитных оболочек реакторных установок АЭС малой мощности, атомных судов и плавучих сооружений при авариях, включая послеаварийный период.

Воздух с содержащимся в нем водородом через нижний торец корпуса попадает в блок катализатора. При контакте с катализатором происходит беспламенное окисление водорода с выделением тепла. Конвективная часть корпуса обеспечивает тягу газовой смеси, подогреваемой в блоках катализаторов за счет беспламенного

окисления водорода. Нагретый воздух с водяным паром (продукт рекомбинации) по конвективному кожуху отводится от блока катализатора вверх и через выходное окно корпуса выбрасывается в атмосферу помещения.

Для обеспечения герметичности установки и соблюдения конструкторской документации была поставлена задача разработать новый разъем для подключения гелиевого течеискателя.

Пороговая чувствительность течеискателей характеризуется минимальным потоком пробного вещества, который течеискатель может зарегистрировать. Пороговая чувствительность гелиевых течеискателей должна быть не менее $1,3 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$ ($1 \cdot 10^{-6} \text{ л} \cdot \text{мм рт. ст./с}$). Пороговая чувствительность способа контроля характеризуется минимальным потоком или количеством пробного вещества, который фиксируется в схеме проведения контроля.

Пороговая чувствительность гелиевых течеискателей определяется в начале каждой смены по методике.

Пороговая чувствительность способа контроля определяется после испытания изделия, партии однотипных изделий или имитатора, конструкции которого согласовывается с ГОМО по методике.

Пороговая чувствительность способов вакуумной (гелиевой) камеры и термовакуумного должна быть не ниже $6,7 \cdot 10^{-10} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$ ($5 \cdot 10^{-6} \text{ л} \cdot \text{мм рт. ст./с}$), способов обдува гелием и гелиевого щупа - не ниже $6,7 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3 \cdot \text{Па/с}$ ($5 \cdot 10^{-5} \text{ л} \cdot \text{мм рт. ст./с}$).

Если пороговая чувствительность способа контроля ниже указанных значений, то изделие или партия изделий должны подвергаться повторному контролю.

Признаком наличия сквозного дефекта является увеличение показаний прибора над средними фоновыми показаниями на величину, равную разности максимального и минимального значений фона в схеме испытаний. Эта величина не должна превосходить 50 мВ для всех способов контроля (кроме способа щупа) и 100 мВ для способа щупа.

Способ обдува гелием заключается в том, что изделие, подвергаемое контролю, подключается к течеискателю, вакуумируется до давления, позволяющего полностью открыть входной клапан течеискателя, после чего наружная поверхность изделия обдувается струей гелия.

При наличии течи в изделии гелий попадает в его полость и фиксируется течеискателем.

Схема контроля способом обдува приведена на рис. 1.

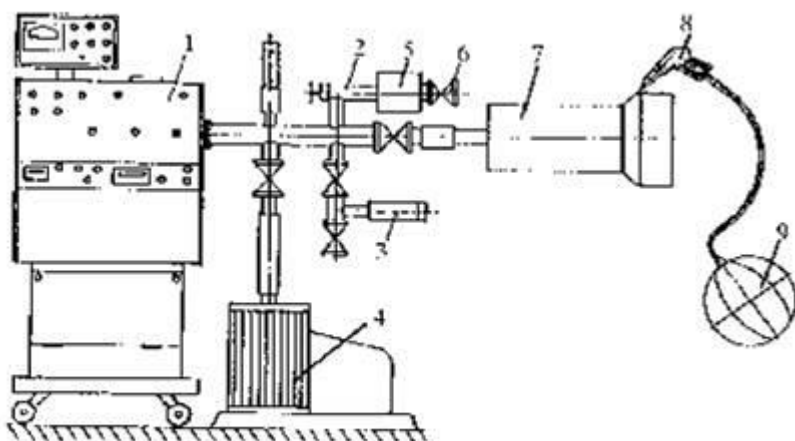


Рис. 1. Схема установки для контроля способом обдува:

- 1 – гелиевый течеискатель;
- 2 – натекаль; 3 – гелиевая течь;
- 4 – вакуумный насос;
- 5 – баллон с аргоном;
- 6 – вакуумный клапан;
- 7 – изделие; 8 – обдуватель;
- 9 – камера с гелием

Контроль должен проводиться в такой последовательности:

- подготовленное в соответствии с требованиями изделие вакуумируется до давления 7 - 8 МПа $[(5 - 6) \cdot 10^{-2} \text{ мм рт. ст.}]$;
- при открытом на изделие входном клапане течеискателя отключается система вспомогательной откачки и проводится обдувание гелием наружной поверхности изделия. Если невозможно поддержать требуемое давление в камере масс-спектрометра при отключенной системе вспомогательной откачки, разрешается проводить контроль при не полностью перекрытом или открытом клапане системы вспомогательной откачки, при этом определять чувствительность следует при том же положении клапана;
- обдув следует начинать с мест подсоединения системы вспомогательной откачки к течеискателю; затем обдувается само изделие, начиная с верхних его участков с постепенным переходом к нижним;
- на первой стадии испытаний рекомендуется установить сильную струю гелия, охватывающую при обдуве сразу большую площадь. При обнаружении течи уменьшить струю гелия так, чтобы она слегка чувствовалась при поднесении пистолета - обдувателя к губам, и точно определить место сквозного дефекта. Скорость перемещения обдувателя по контролируемой поверхности составляет 0,10 - 0,15 м/мин; при контроле изделий большого объема и протяженности следует, учитывая время запаздывания сигнала, уменьшить скорость обдува;
- при наличии больших сквозных дефектов и невозможности достижения требуемого вакуума в изделии для полного открытия входного клапана течеискателя при отключенной системе вспомогательной откачки сквозные дефекты отыскивать при включенной системе вспомогательной откачки. После обнаружения больших сквозных дефектов и их устранения проводится повторный контроль с целью нахождения дефектов с малой величиной натекания.

Для проведения исследований в производственных условиях использовали тестовые образцы установок и их 3d модели.

Предполагалось 4 варианта подключения:

- 1) В нижней части с подключением через переходник к уже имеющемуся выходу.
- 2) В нижней части с подключением к отдельно спроектированному выходу, предназначенному для проверки на герметичность.
- 3) В верхней части с подключением к отдельно спроектированному выходу, предназначенному для проверки на герметичность.
- 4) В верхней части с подключением к т-браному фитингу (установленному взамен стоящему на установке угловому), с возможностью подключения датчика для проверки давления в вакуумной камере во время работы установки.

По спроектированным 3d моделям были изготовлены 4 экспериментальные установки, проведены испытания и осмотр. Установки в количестве 4шт. были переданы в ОТК для заключения годности. Так же сравнивалось простота монтажа течеискателя, время и трудоёмкость проводимых работ.

На первом этапе производится экспертная оценка установки по двум показателям (критериям): простоте монтажа и трудоемкости выполняемых работ. Оценивание каждого варианта производится по 11-бальной шкале от 0 до 10 (рис.2).

	Простота монтажа	Трудоемкость
Вар.1	7	6
Вар.2	8	3
Вар.3	8	7
Вар.3	9	8

Рис. 2. Таблица экспертных оценок

Далее осуществляется выбор эффективных по Парето вариантов. После этого остался один вариант, он и является искомым (рис. 3).



Рис. 3. Схема осуществления по Парето вариантов

На основе анализа, приведённого выше, было принято решение перенести разъём для подключения течеискателя в верхнюю часть установки. Так же было принято решение о замене одного из угловых фитингов установки на т-образный (один из выходов которого и будет новым разъемом) с заглушкой.

Для удобства монтажа течеискателя и датчика давления был проведен анализ и было принято решение об установке на Т-образный фитинг несъемного переходника, подходящего для обоих устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 18353-79 Контроль неразрушающий. Классификация видов и методов.
2. ГОСТ 26790-85 Техника течеискания. Термины и определения.
3. Запунный А. И., Фельдман Л. С., Рогаль В.Ф. Контроль герметичности конструкций. «Техніка», 1976, 152 стр.
4. Щербинский В. Г., Алешин Н. П. Испытания на непроницаемость. Капиллярная и магнитная дефектоскопия: Учебное пособие для средн. проф.-техн. училищ.— М.: Высш. школа, 1979. — 39 с, ил.— (Профтехобразование. Сварка).
5. Шешин, Евгений Павлович. Вакуумные технологии : учеб. пособие / Е. П. Шешин. - Долгопрудный : Интеллект, 2009. - 501 с. 272 с.
6. ПТИ-10 Течеискатель гелиевый. Паспорт прибора. 1980 г.

УДК 621.8

Д.А. Мельничук, М.А. Заболотских, С.С. Косицкий

Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева

МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА ПОВЫШЕНИЕ ИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Аннотация: в статье рассматриваются наиболее перспективные методы, применяемые при проектировании и производстве, использование которых позволяет повысить надежность узлов, машин и механизмов перспективные методы проектирования и изготовления узлов машин и механизмов и других технических характеристик, а также предотвратить отказ в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: методы проектирования, топологическая оптимизация, триботехника, технологический процесс, машиностроение

D.A. Melnichuk, M.A. Zabolotskih, S.S. Kositskiy

METHODS OF DESIGNING AND MANUFACTURING COMPONENTS AND MECHANISMS AIMED T IMPROVING THEIR TECHNICAL CHARACTERISTICS

Abstracts: the article discusses the most promising methods use in design and production, the use of which allows to increase the reliability of components, machines and mechanisms promising methods of designing and manufacturing components of machines and mechanisms and other technical characteristics, as well as to prevent failure during operation.

Keywords: design methods, topological optimization, tribotechnics, technological process, mechanical engineering.

Развитие технологий, цифровизация, роботизация всех сфер человеческой деятельности оказывают значительное влияние на развитие промышленности. Проектирование деталей становится все более сложной и ответственной задачей. Инженеры сталкиваются с необходимостью создания изделий, которые не только соответствуют высоким стандартам качества и надежности, но и обладают оптимальными характеристиками с точки зрения массы, прочности и других параметров.

Традиционные методы проектирования деталей уже не всегда удовлетворяют растущим требованиям промышленности и рынка. В связи с этим возникают потребности в разработке и применении новых более эффективных подходов, которые позволят создать инновационные продукты и решать сложные инженерные задачи.

Технические возможности деталей и узлов техники заложены в конструкции и способе изготовления, которые выбираются на этапе проектирования. Оптимальный выбор материала и способа изготовления детали влечет за собой повышения ее тех-

нических характеристик, таких как надежность, долговечность, износостойкость и другие. Вместе с этим оптимизация производственных процессов, заложенная на этапе проектирования, влечет за собой уменьшение себестоимости, в результате уменьшения расхода материала или удешевления производства [1-2].

Перспективные методы проектирования деталей открывают новые возможности для оптимизации процессов разработки, снижении затрат на производство и улучшения качества конечной продукции. Они основаны на использовании современных компьютерных технологий, математических моделей, методов оптимизации и других инструментов, которые позволяют более точно прогнозировать поведения деталей в различных условиях и выбирать наилучшие решения [3].

Далее рассмотрены наиболее перспективные методы проектирования и изготовления узлов машин и механизмов:

1. Выбор материалов

Для решения задач по повышению технических характеристик в первую очередь необходим подбор конструкционного материала, из которого изготавливается данная деталь или узел. Выбор оптимального материала влечет за собой: повышение технических и эксплуатационных характеристик детали или узла; уменьшение затрат на производство; облегчение конструкции.

В настоящее время появляются новые материалы с улучшенными физическими свойствами, которые удовлетворяют современным требованиям промышленности. В том числе композитные материалы, порошковые металлы, биметаллы и другие.

2. Выбор смазочных материалов в узлах трения

Основной задачей триботехники является уменьшение вызванного трением износа и увеличение срока службы машин и механизмов. В триботехнике выделяются несколько главных направлений борьбы с трением и, как следствие, износом узлов машин и механизмов: обеспечение лучшего доступа смазочных материалов для предотвращения трения поверхностей деталей; оптимизация физико-химических параметров смазывающих материалов; модификация поверхностей пар трения [4].

Правильный выбор смазочных материалов в узлах трения положительно сказывается на долговечности работы узлов машин и механизмов.

3. Проектирование геометрии детали

Современный подход к проектированию предполагает эффективное использование материалов, с целью снижения цены или массы узла. Перспективным методом проектирования изделий является топологическая оптимизация (ТО).

Топологическая оптимизация — это метод автоматизированного проектирования, позволяющий получить оптимальную геометрию изделия в заданных условиях эксплуатации. Данный метод позволяет уменьшить массу конструкции или детали, сохранив ее технические характеристики в заданных условиях нагружения. Снижение веса позволяет добиться лучших показателей энергоэффективности, себестоимости, а также снизить транспортные и эксплуатационные расходы [5].

4. Выбор оптимального технологического процесса изготовления детали

Выбор оптимального технологического процесса изготовления детали является важным этапом проектирования, так как от этого зависит не только себестоимость конечной продукции, но и механические свойства изделия. Данный выбор требует тщательного анализа и учета множества факторов. Это помогает обеспечить высокое качество продукции, эффективность производства и соответствующие экономические показатели.

5. Проектирование технологического процесса изготовления детали

Компьютерное моделирование широко используется в различных областях промышленности. С его помощью можно проектировать различные технологические процессы, что получило широкое применение на производстве.

Данный метод помогает сократить время и затраты на разработку новых технологических процессов. Также с помощью компьютерного моделирования можно получить данные, которые нельзя получить без лабораторного анализа. Например, распределение напряжений, деформаций, температур и другие. По результатам компьютерного моделирования технологического процесса изготовления детали можно спрогнозировать ее поведение в узле машины или механизма [6].

Используя компьютерное моделирование можно смоделировать несколько различных технологических процессов без затрат на изготовление оснастки и выбрать наилучший.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов И.Н. Современные технологии в проектировании и производстве узлов и механизмов // 2019 г. Санкт-Петербург, «Питер»
2. Иванов С.А. Петров В.И. Инновационные подходы к проектированию механических систем. Журнал механики. 2022 г. 45(3), С. 123-135.
3. Сидоров П.П. Оптимизация конструкций машин: теоретические и практические аспекты // Екатеринбург: УрФУ 2021 г.
4. Буяновский И.А., Самусенко В.Д., Щербаков Ю.И. Смазочные материалы для узлов трения механизмов и машин // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2019 г.
5. Селиванов Ю.С. Топологическая оптимизация элементов инженерных конструкций // Сборник материалов конференции «Наука. Технологии. Инновации». Новосибирский государственный технический университет. 2021 г.
6. Скрипаленко М.Н., Скрипаленко М.М., Хюи Ч.Б. Определение с помощью вычислительной среды Deform-3D влияния вибраций рабочего вала на формирование толщины полосы при холодной прокатке // «Компьютерные исследования и моделирование». Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». 2017 г.

УДК 620

С.В. Мирза, А.В. Топоров, В.Е. Иванов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ПРИЦЕПНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ НЕИСПРАВНОГО АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: Предложена конструкция прицепного устройства для транспортировки неисправного автомобиля. Устройство включает раму с колесами, грузовую платформу для загрузки передних колес транспортного средства и лебедку для затягивания автомобиля на платформу. Описаны принципы работы устройства, обеспечивающие безопасную и эффективную транспортировку неисправного автомобиля.

Ключевые слова: прицепное устройство, транспортировка неисправного автомобиля, рама, колеса

S.V. Mirza, A.V. Toporov, V.E. Ivanov

DEVELOPMENT OF A TRAILER DESIGN FOR TRANSPORTING A MALFUNCTIONING VEHICLE

Abstracts: A trailer design for transporting a malfunctioning vehicle has been proposed. The device includes a frame with wheels, a loading platform for the front wheels of the vehicle, and a winch for pulling the car onto the platform. The principles of operation of the device, ensuring safe and efficient transportation of the faulty vehicle, have been described.

Keywords: trailer device, transport of a malfunctioning vehicle, frame, wheels

Эвакуация поврежденного в результате дорожно -транспортного происшествия автомобиля представляет собой оптимальный метод перемещения транспортных средств к местам проведения ремонтных работ, временной парковки или непосредственно к месту жительства владельца. В условиях повышенной загруженности городских дорог эвакуационные службы становятся единственным средством решения подобных проблем [1].

Наиболее рациональным подходом с точки зрения эффективности, безопасности, стоимости конструкции является использование подкатной тележки для организации перемещения неисправного автомобиля, например, после ДТП.

На рис. 1 изображено прицепное устройство для транспортировки неисправного автомобиля. Оно включает в себя раму 1, установленную на колеса 2 таким образом, что рама расположена ниже оси колес. В передней части рамы 1 находится сцепное устройство 3, которое используется для соединения с буксирующим автомобилем. Между колесами 2 на раме 1 размещена грузовая платформа 4, куда загружаются передние колеса транспортируемого автомобиля. В центральной части рамы находится лебедка 5, предназначенная для подтягивания автомобиля на грузовую платформу 4.

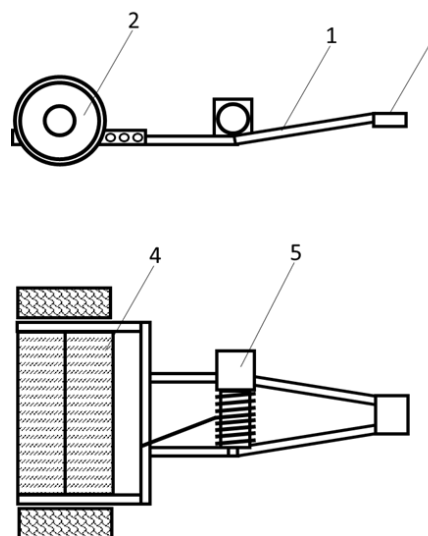


Рис. 1. Устройство для транспортировки неисправного автомобиля:

1 - рама, 2 - колеса, 3 - сцепное устройство, 4 - грузовая платформа, 5 - лебедка

Работа устройства происходит следующим образом. Грузовая площадка 4 подводится под передние колеса неисправного автомобиля. Трос лебедки 5 цепляется за сцепное устройство неисправного автомобиля. Затем включается лебедка 5, и неисправный автомобиль поднимается передними колесами на площадку. После этого барабан лебедки 5 фиксируется, удерживая трос в натянутом положении, чтобы предотвратить скольжение или падение колес неисправного автомобиля с грузовой плат-

формы 4. Прицепное устройство соединяется с буксирующим автомобилем, и начинается транспортировка. Для данного устройства был произведен силовой расчет конструкции рамы с использованием программы, реализующей метод конечных элементов.

На рис. 2 показано распределение механических напряжений. Видно, что наибольшие напряжения возникают в точках крепления грузовых площадок к раме и в углах самой рамы. Тем не менее, их величина не превышает 31 МПа, что свидетельствует о частичной недозагрузке конструкции [2, 3].

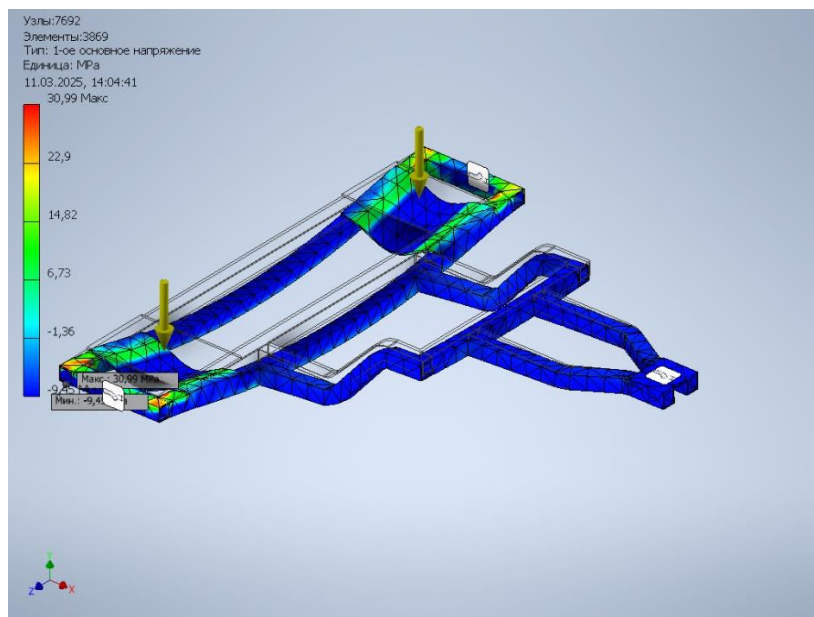


Рис. 2. Расчетная модель конструкции и схема нагружения

Вместе с тем, в этих расчетах не учтены динамические нагрузки, возникающие при движении прицепа по неровному дорожному покрытию. Эти нагрузки могут существенно превышать статические. По этой причине снижение металлоемкости данной конструкции не представляется целесообразным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьячек, Д. А. Проблемные вопросы эвакуации автомобильной техники в войсках Национальной гвардии Российской Федерации и пути их решения / Д. А. Дьячек, Д. П. Поправко, Д. С. Прошалькин // Наука и военная безопасность. – 2020. – № 4(23). – С. 74-79.
2. Топоров, А. В. Расчет на прочность методом конечных элементов рамы устройства / А. В. Топоров, М. В. Смирнов // Надежность и долговечность машин и механизмов : сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2017 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2017. – С. 243-245.

З. Топоров, А. В. Исследование механических характеристик композиционного материала, изготовленного на основе технологии 3d печати с использованием эпоксидной смолы / А. В. Топоров // Современные пожаробезопасные материалы и технологии : сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Иваново, 19 октября 2023 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. – С. 464-467.

УДК 621.565.93/.95

А.А. Михайлишина, М.А. Ноздрин

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

РАСЧЕТ МОДЕЛИ КОНСТРУКЦИИ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Аннотация: Конструкция теплообменного аппарата разработана методом конечных элементов. Проведены гидродинамический анализ конструкции методом конечных объёмов, расчеты на прочность и устойчивость. Подготовлен пакет чертежей для изготовления модели конструкции.

Ключевые слова: теплообменный аппарат, утилизация тепла, вращающиеся пластины.

A.A. Mikhaylishina, M.A. Nozdrin

CALCULATION OF THE HEAT EXCHANGER DESIGN MODEL

Abstracts: The design of the heat exchanger by the finite element method has been developed. A hydrodynamic analysis of the structure by the finite volume method, calculated for strength and stability, was carried out. A package of drawings has been prepared for the production of a design model.

Keywords: heat exchanger, heat recovery, rotating plates.

Целью работы является создание теплообменного аппарата, способного утилизировать отработанное тепло для минимизации энергопотребления в текстильном производстве. Конструкция обрабатывает загрязненные жидкости непрерывно вращающимися элементами.

На основе расчета МКЭ спроектирована модель (рис. 1), техническое обслуживание для очистки, которой практически не требуется, имеющая четыре вертикальные панели [1]. Модель 3D реализуется в программном комплексе SOLIDWORKS.

Качение кронштейнов с теплообменными панелями происходит на колесе со смещенным центром (рис. 2). Вал устанавливается на две опоры (подшипники скольжения). На нем размещены колеса при помощи шпоночного соединения (рис. 3-4). Колесо имеет обод из материала с низким коэффициентом трения (фторопласт). За пределами опор расположено зубчатое колесо, за счет которого вал приводится в движение с помощью зубчато-ременной передачи [2].

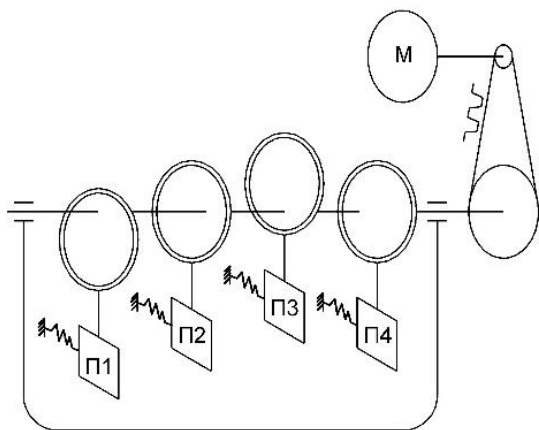


Рис. 1. Кинематическая схема



Рис. 2. Размещение колес на валу

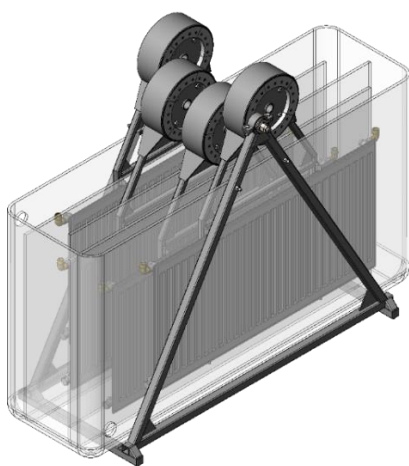


Рис. 3. Модель (аксонометрия)

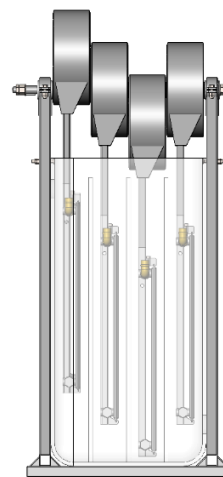


Рис. 4. Модель (вид сбоку)

Для гашения колебаний на каждую панель установлены пружины. Конструкция содержит двигатель и полимерную ванну.

Расчет на прочность проводится в программном комплексе SOLIDWORKS Simulation. Расчетная схема представлена на рис. 5.

Характер закрепления: две регулируемые опоры рамы закрепляем по трем осям (2 шарнира), две другие опоры фиксируем по вертикальной оси. Контактный элемент расположен на валу (подшипник).

Приложены внешние нагрузки с учетом экстремальных условий работы:

- на вал в шпоночном соединении $F_1 = 1180$ Н (конструкция на валу, масса воды в панелях);

- на основание рамы $F_2 = 4860$ Н (масса пластиковой ABS ванны, масса воды в ванне).

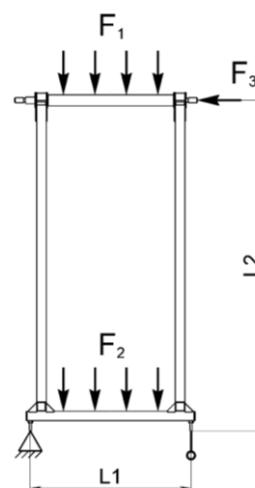


Рис. 5. Расчетная схема

Расстояние между опорами $l_1 = 510$ мм. Расстояние до точки приложения боковой нагрузки $l_2 = 1053$ мм. Высота конструкции $l_3 = 1225$ мм.

Материал конструктивных элементов – Ст3 с пределом текучести $\sigma_T = 245$ МПа. Коэффициент запаса примем $n_T = 1,2$, допускаемое напряжение $[\sigma] = 204$ МПа.

Составляется сетка конечных элементов со следующими характеристиками: максимальный размер элемента 16 мм, минимальный 3,2 мм, минимальное количество элементов в окружности 8, плоские детали (косынки) 10 мм, соотношение увеличения размера элемента 1,2. Количество элементов 525818.

Результаты расчетов показали наибольшее значение напряжений 146 МПа, что меньше допускаемого (рис. 6-7).

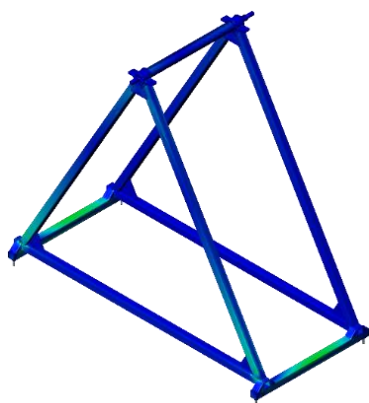


Рис. 6. Эпюра напряжений

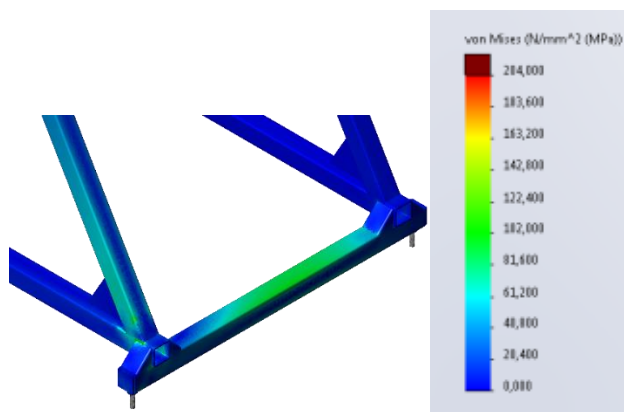


Рис. 7. Эпюра напряжений. Местный вид

Расчет на устойчивость проводится для рамы, расчетная схема которой приведена на рис. 5. Закрепление и внешнее воздействие остается тем же, что и при расчете на прочность.

В результате расчета коэффициент запаса по собственной устойчивости составил $n_y = 34,0$.

Рассчитаем устойчивость конструкции от опрокидывания. Дополнительно примем внештатную боковую точечную нагрузку от случайного опирания человека $F_3 = 500$ Н (ГОСТ 33168-2014):

- удерживающий момент:

$$M_{уд} = (F_1 + F_2) \cdot \left(\frac{l_1}{2}\right) = 6040 \cdot 0,255 = 1540,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

- опрокидывающий момент:

$$M_{оп} = F_3 \cdot l_2 = 500 \cdot 1,053 = 526,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

- коэффициент запаса устойчивости от опрокидывания:

$$n_{оп} = \frac{M_{уд}}{M_{оп}} = \frac{1540,2}{526,5} = 2,93.$$

Конструкция соответствует требованиям $n_{оп} \geq 1$.

Разработан пакет чертежей для изготовления модели конструкции. Предлагаемый теплообменный аппарат, способный обрабатывать загрязненные жидкости благодаря подвижным элементам, позволит сэкономить 50,4 Гкал энергии в месяц, что в денежном эквиваленте составит 1620,5 тыс. руб. в год [3], при минимальных затратах на изготовление и эксплуатацию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31311-2022 – Приборы отопительные. Общие технические условия.
2. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учебное пособие / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов: под ред. О. А. Ряховского — 13-е изд., испр. и доп. — М: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. — 564 с.: ил.
3. Лисиенко В. Г. Хрестоматия энергосбережения: справочник: в 2-х кн. / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев; ред. В. Г. Лисиенко. — М.: Теплоэнергетик, 2003.

УДК 691.115

*А.А. Муратова, Е.С. Голубева, Е.В. Зарубина, А.Л. Никифоров, А.С. Шмелев**

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

*ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

НАУЧНО ОБОСНОВАННЫЙ ПОДХОД К ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛИРУЮЩЕГО МАТЕРИАЛА ИЗ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Аннотация: разработка технологии изготовления теплоизоляционного пожаробезопасного строительного материала из отходов деревообрабатывающей, сельскохозяйственной промышленности.

Ключевые слова: строительный материал, экологичность, теплоизоляционный материал, пожаробезопасный материал.

A SCIENTIFICALLY BASED APPROACH TO THE ORGANIZATION OF THE PRODUCTION OF THERMAL INSULATION MATERIAL FROM INDUSTRIAL WASTE

A.A. Muratova, E.C. Golubeva, E.V. Zarubina, A.L. Nikiforov, A.S. Shmelev

Abstracts: development of technology for manufacturing heat-insulating, fireproof building materials from waste from the woodworking and agricultural industries.

Keywords: building material, environmental friendliness, thermal insulation material, fireproof material.

В [1] представлена схема слоеформирования материала из отходов различных производств. После поочерёдной выгрузки отдельных слоёв специально подготовленного сырья на транспортёр, слои обрабатываются связующим и антипиреном для

образования единого плитного материала (рисунок) [2]. Процесс пропитки направлен на улучшение эксплуатационных характеристик выходного материала, таких как влагостойкость, огнестойкость, биостойкость и прочность. Пропитка может осуществляться на разных этапах производства.

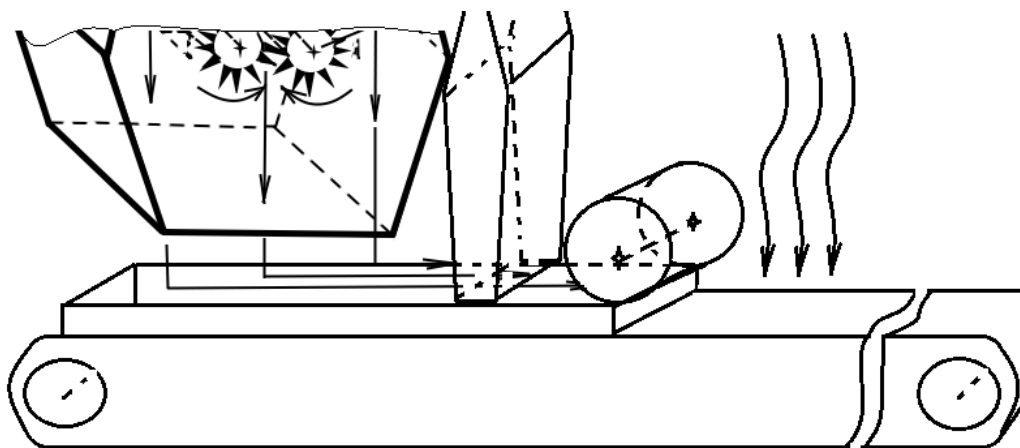


Рисунок. Схема получения плитного материала

Пропитка слоёв предполагает выполнение следующих основных этапов и методов:

а) добавление химических реагентов в стружечную массу. При выходе на транспортёр, под давлением вводятся связующие вещества (например, $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), с последующим добавлением антипиренов (для обеспечения снижения показателей пожарной опасности), антисептиков (для защиты от биопоражения) и гидрофобизаторов (для обеспечения водоотталкивания и снижения водопоглощения).

б) использование модифицированных смол. Связующие смолы могут быть предварительно модифицированы добавками, которые придадут готовому плиточному материалу дополнительные свойства.

Для придания дополнительных свойств готовый материал может быть подвергнут дополнительным обработкам, например для формирования поверхностной структуры изделия, обработкой составами, повышающими адгезионные свойства поверхности и др.

в) поверхностная обработка готовых плит растворами или эмульсиями может быть осуществлена методами распыления, окунания или пропиткой под вакуумом. Этот метод часто используется также и в процессах придания изделию свойств влагостойкости или огнезащиты.

г) вакуумная пропитка плит. Плиты помещаются в вакуумную камеру, где воздух удаляется из пор материала, после чего в камеру подаётся пропиточный состав. Это обеспечивает глубокое проникновение пропитки.

В нашей работе в качестве связующего было выбрано жидкое стекло, которое обладает такими преимуществами, как широкий спектр ценных свойств, связанных с доступностью, дешевизной и простотой использования, экологической чистотой производства и применения, негорючестью и не токсичностью.

Растворимые стекла (растворимые силикаты натрия и калия) представляют собой вещества в аморфном стеклообразном состоянии, характеризующиеся определенным содержанием оксидов — M_2O и SiO_2 , где M — это Na и K . Мольное соотношение SiO_2/M_2O составляет $2,6 \div 3,5$ при содержании SiO_2 $69 \div 76$ масс. % для натриевого стекла и $65 \div 69$ масс. % — для калиевого.

Жидкое стекло принято подразделять по виду щелочного катиона на натриевые, калиевые, литиевые, органических оснований. По массовому или мольному соотношению в стекле SiO_2 и M_2O , где M — это K , Na , Li или органическое основание. При этом мольное соотношение SiO_2/M_2O называют силикатным модулем жидкого стекла μ . Вторичной характеристикой жидкого стекла является содержание в нем SiO_2 и M_2O в масс.%; содержание примесных компонентов Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , SO_2 и др., и его плотность ($г/см^3$). Химический состав жидких стекол характеризуют по содержанию кремнезема и других оксидов, независимо от конкретной формы их существования в растворе. В некоторых странах в характеристику жидких стёкол включают также значение вязкости растворов [3].

Для достижения оптимального результата использовались и сравнивались разные виды пропиток. Антипирены применялись для снижения горючести. Использовались соли фосфорной кислоты и борные соединения. Для защиты от грибков, плесени и насекомых применялись антисептики - соединения на основе меди, цинка и бора. Для увеличения влагостойкости плит использовались гидрофобизаторы. Сравнивались силиконовые и парафиновые составы. Отмечено, что применение клеевых составов увеличивало прочностные характеристики плиточного материала.

После пропитки, при организации технологического процесса, была выявлена необходимость прессовки материала с использованием уплотнительного вала, что позволяет регулировать плотность и толщину готового изделия. В целом прессование необходимо и для формирования необходимой толщины плиты, а также повышения её механической прочности. В процессе прессования толщина плиты уменьшается в среднем в 2,5–4 раза (при поддонном прессовании). Оптимальное давление при проведении эксперимента составляло 1–1,5 МПа.

При прессовании плит под транспортёром размещён нагревательный элемент для воздействия дополнительного тепла.

Продолжительность прессования 0,3–0,35 с на 1 мм толщины плиты.

На завершающем этапе изготовления плиты подвергаются сушке для удаления излишков влаги и закрепления пропиточных составов в структуре материала.

Выбор связующего и пропитки позволяет адаптировать конечный продукт под конкретные задачи, делая материал более универсальным и долговечным.

Следующий этап работы связан с определением масштабирующих коэффициентов, необходимых при проектировании полноценных производственных установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакланов Н.М. Зарубина Е.В. Никифоров А.Л., Шмелева Т.В. К вопросу о создании нового строительного материала из отходов сельскохозяйственной и деревообрабатывающей промышленности. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции «Современные пожаробезопасные материалы и технологии» (17.10.2024). Иваново. С. 14-17.

2. Полякова Е.В. Разработка и исследование модуля предварительного рыхления машины для регенерации отходов: Дис. канд. техн. наук. -Иваново. 2003.- 209 с.
3. Химическая энциклопедия. М: Большая Российская энциклопедия.1992.-С.220.

УДК 621.8

Ю.С. Мухаметов, И.И. Межидов, В.П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ТУШЕНИИ КРУПНЫХ ПОЖАРОВ В СЕВЕРНЫХ РЕГИОНАХ

Аннотация: В статье рассматриваются современные конструктивные решения и эксплуатационные мероприятия, направленные на повышение адаптивности пожарных автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации. Учитывая, что зимние условия могут существенно влиять на эффективность работы пожарных служб, особое внимание уделяется техническим инновациям и специально разработанным практикам, позволяющим сохранить высокую оперативность и надежность техники.

Ключевые слова: пожарные автомобили, низкотемпературные условия эксплуатации, эффективность работы, надежность техники.

Yu.S. Mukhametov, I.I. Mezhdov, V.P. Zarubin

OPERATION AND MAINTENANCE OF FIRE TRUCKS WHEN EXTINGUISHING LARGE FIRES IN THE NORTHERN REGIONS

Abstract: The article discusses modern design solutions and operational measures aimed at increasing the adaptability of fire trucks to low-temperature operating conditions. Given that winter conditions can significantly affect the efficiency of fire services, special attention is paid to technical innovations and specially developed practices that allow maintaining high efficiency and reliability of equipment.

Keywords: fire trucks, low-temperature operating conditions, work efficiency, reliability of equipment.

Пожарные автомобили играют ключевую роль в обеспечении безопасности и быстрого реагирования на чрезвычайные ситуации. Низкие температуры могут создавать множество проблем, начиная от отказов систем и заканчивая ухудшением маневренности. Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности пожарной безопасности в регионах, где зимние условия являются регулярным явлением.

Для эффективного тушения крупных пожаров в северных регионах необходимо обеспечить надежное техническое состояние пожарных автомобилей. Профилактические меры и рекомендации по обслуживанию пожарной техники в данном контексте играют ключевую роль.

В условиях северных регионов, где эксплуатационные условия могут быть особенно тяжелыми из-за низких температур, снегопадов и сильных ветров, необходимо уделять особое внимание регулярному техническому обслуживанию пожарных автомобилей. Профилактические меры начинаются с постоянного контроля за техническим состоянием всех узлов и механизмов специализированной техники.

Одной из важных задач является своевременная замена и обслуживание всех изношенных деталей и узлов автомобиля. В условиях суровой зимы крайне важно предусмотреть антикоррозийную обработку всех металлических поверхностей, так как соль, применяемая для посыпки дорог, может ускорить процесс коррозии. Также необходимо регулярно проверять электрическую систему и адаптировать ее к холодным условиям. Обслуживание двигателя и топливной системы также требует особого внимания, чтобы обеспечить его стабильную работу даже при экстремальных температурах.

Следует помнить, что в северных регионах пожарные автомобили могут оказаться в условиях сильных морозов, что требует особого ухода и теплозащитных мероприятий. Важно регулярно проверять состояние масла и охлаждающей жидкости, чтобы избежать проблем с замерзанием двигателя. Также особое внимание следует уделить гидравлическим системам и тормозам, так как их корректная работа критически важна при тушении пожаров.

Важным аспектом поддержания технической готовности пожарной техники в северных условиях является обучение персонала эксплуатации и обслуживанию автомобилей. Регулярные тренировки и инструктажи помогут сотрудникам понимать особенности работы пожарной техники в условиях суровой зимы и эффективно применять профилактические меры для ее поддержания в рабочем состоянии.

Невыполнение профилактических мер может привести к сбоям в работе пожарной техники в критический момент, что может стать причиной неудачного тушения пожара и последующих негативных последствий. Поэтому регулярное обслуживание и соблюдение профилактических мер являются неотъемлемой частью успешной эксплуатации пожарных автомобилей в северных регионах.

Пожарные автомобили, особенно специализированные единицы, играют ключевую роль в тушении крупных пожаров в северных регионах, где условия эксплуатации могут быть особенно сложными из-за экстремальных погодных условий. Для повышения эффективности тушения крупных пожаров в таких условиях крайне важно использование специализированных пожарных автомобилей, соответствующие требованиям и особенностям данного региона.

Одним из наиболее важных аспектов повышения эффективности тушения крупных пожаров является правильный выбор типа пожарных автомобилей. В северных регионах, где пожары могут возникать на отдаленных территориях и при экстремальных погодных условиях, критически важно иметь специализированные единицы с высокой проходимостью и возможностью перевозки большого объема воды или пены для тушения. Такие автомобили обеспечивают быстрый и эффективный отклик на пожары, а также могут справляться с различными трудностями, связанными со сложным рельефом и метеорологическими условиями.

Кроме того, важно уделить особое внимание техническому обслуживанию специализированных пожарных автомобилей в северных регионах. От регулярной проверки и обслуживания двигателей до обеспечения адекватной изоляции и защиты от

низких температур – все эти меры играют ключевую роль в обеспечении надежной работы пожарных автомобилей в условиях сурового северного климата. Техническое обслуживание таких автомобилей должно проводиться строго по расписанию, а также учитывать специфические особенности эксплуатации в холодных условиях.

Важным аспектом повышения эффективности тушения крупных пожаров является также обучение и подготовка пожарных специалистов к работе с использованием специализированных пожарных автомобилей. Обучение позволяет повысить профессионализм и навыки пожарных, что в свою очередь сказывается на их способности эффективно управлять ситуацией на месте пожара и использовать авто и его средства наиболее эффективно.

Таким образом, повышение эффективности тушения крупных пожаров в северных регионах с использованием специализированных пожарных автомобилей требует комплексного подхода, включающего выбор правильных типов автомобилей, их качественное техническое обслуживание и систематическое обучение персонала. Только при соблюдении всех этих условий можно обеспечить эффективное и безопасное тушение крупных пожаров в экстремальных условиях северных регионов.

Эксплуатация пожарных автомобилей в северных регионах представляет особые вызовы из-за низких температур и сложных климатических условий. Одним из ключевых аспектов обеспечения эффективности и надежности работы таких автомобилей является их адаптивность к холодным погодным условиям. Для этого применяются конструктивные решения и осуществляются специфические эксплуатационные мероприятия.

Конструктивные решения.

1. Теплоизоляция.

Одним из основных методов, способствующих улучшению работы пожарных автомобилей в холодных условиях, является усиленная теплоизоляция. Использование высококачественных теплоизоляционных материалов для изоляции кузова и отдельных узлов позволяет минимизировать теплопотери.

2. Системы подогрева.

Для обеспечения надежного запуска и работы двигателей в условиях низких температур целесообразно использовать системы подогрева. Современные отопительные системы, работающие от двигателя или автономные обогреватели, позволяют поддерживать оптимальный температурный режим.

3. Специальные жидкости.

Использование антифризов и других специализированных жидкостей, устойчивых к замерзанию, является важным аспектом для сохранения работоспособности гидравлических и охлаждающих систем.

4. Противозаносные системы.

Современные пожарные автомобили оборудуются системами противобуксовки и стабилизации, которые позволяют улучшить сцепление с дорогой и повысить маневренность в сложных зимних условиях.

Эксплуатационные мероприятия.

1. Регулярный технический осмотр.

Проведение регулярных технических осмотров и профилактического обслуживания является необходимым условием для поддержания работоспособности пожарных автомобилей в зимний период. Важно уделять особое внимание состоянию шин, аккумуляторов и отопительных систем.

2. Подготовка к эксплуатации.

Перед наступлением зимнего периода следует тщательно подготовить автомобили: заменить масла, проверить герметичность систем и произвести чистку фильтров. Эффективный комплекс мероприятий обеспечивает надежность работы техники при низких температурах.

3. Обучение персонала.

Обучение экипажей правильному обращению с техникой в зимний период, включая навыки выезда из сложных ситуаций, может существенно повысить оперативность и безопасность действий.

4. Мониторинг и анализ.

Установка систем мониторинга состояния техники позволяет оперативно реагировать на возникающие неисправности и проводить анализ работы автомобилей в условиях низких температур, что способствует дальнейшему развитию конструктивных решений.

Повышение адаптивности пожарных автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации представляет собой важную задачу, включающую как конструктивные, так и эксплуатационные аспекты. Внедрение предложенных решений и мероприятий позволит значительно увеличить эффективность работы пожарных служб, что, в свою очередь, способствует улучшению пожарной безопасности в регионах с холодным

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зарубин, В. П. Предложение технического решения для проведения смазочных работ при техническом обслуживании пожарной техники / В. П. Зарубин, М. Ш. Абдурзаков // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, в 2 ч., Москва, 17–18 марта 2022 года. Том Часть 1. – Москва: Академия ГПС МЧС РФ, 2022. – С. 63-67.

2. Зарубин, В. П. Изучение вопроса о влиянии минеральных наполнителей в смазки на поверхности трения деталей с низкой твердостью / В. П. Зарубин // Гражданская оборона на страже мира и безопасности : Материалы VI Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. Том Часть III. – Москва: Академия ГПС МЧС РФ, 2022. – С. 99-104.

3. Колосов, В. С. Создание передвижной станции для ремонта пожарных автомобилей / В. С. Колосов // Электромехатроника и управление : Пятнадцатая Всероссийская (седьмая международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых "Энергия-2020": Материалы конференции. В 6 томах, Иваново, 07–10 апреля 2020 года. Том 4. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2020. – С. 101.

4. Зарубин, В. П. Повышение работоспособности трансмиссий пожарных автомобилей с помощью применения смазочных композиций, содержащих порошок искусственного серпентина / В. П. Зарубин // Проблемы техносферной безопасности: материалы международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2020. – № 9. – С. 39-46.

5. Зарубин, В. П. Влияние порошков искусственного серпентина на работоспособность смазочной композиции в трансмиссиях пожарных автомобилей / В. П. Зарубин // Пожарная и аварийная безопасность: Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охране

России, Иваново, 12–13 сентября 2019 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2019. – С. 130-134.

УДК 621.8

И.В. Нагорнов, В.П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО МОДЕРНИЗАЦИИ СМОТРОВОЙ КАНАВЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕМОНТА ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация: в статье рассматривается вопрос проведения ремонта пожарных автомобилей в условиях ремонтной мастерской пожарно-спасательной части; определены проблемные вопросы в оснащении мастерской специализированным оборудованием и предложены пути решения; основной акцент сделан на переоборудовании смотровой канавы и дооснащения ее подъемным механизмом для проведения ремонтных работ с пожарными автомобилями.

Ключевые слова: пожарные автомобили, смотровая канава, подъемные механизмы, агрегатный метод ремонта.

I.V. Nagornov, V.P. Zarubin

PROPOSALS FOR THE MODERNIZATION OF THE INSPECTION DITCH FOR THE REPAIR OF FIRE TRUCKS

Abstract: The article considers the issue of repairing fire trucks in the conditions of a fire and rescue unit repair shop; identifies problematic issues in equipping the workshop with specialized equipment and suggests solutions; the main focus is on retrofitting the inspection ditch and retrofitting it with a lifting mechanism for carrying out repair work with fire trucks.

Keywords: fire trucks, inspection ditch, lifting mechanisms, aggregate repair method.

Поддержание рабочего состояния машин и механизмов является обязательным условием их безотказной работы. Своевременное техническое обслуживание минимизирует преждевременный выход из строя отдельных деталей, а вместе с тем узлов и агрегатов. Однако критические условия работы, перегрузки, повышенные скоростные показатели, агрессивные среды, резкие перепады температур и другие негативные факторы могут привести к поломке механизма и выходу из строя всей машины. Пожарные автомобили очень часто работают в критических условиях и подвержены действию негативных факторов. А в случае возникновения поломки требуют скорейшего проведения ремонта.

С целью сокращения времени на проведение ремонтных операций, достаточно часто применяют агрегатный метод ремонта, который заключается в демонтаже вышедшего из строя узла и замены его на новый или отремонтированный. Такой способ снижает время на проведение ремонта и позволяет в кратчайшие сроки поставить автомобиль на боевое дежурство.

Стоит отметить, что использование агрегатного метода ремонта требует применения специализированного оборудования. Это обусловлено значительными массами и габаритами демонтируемых агрегатов с пожарных автомобилей. Снимаемые узлы ходовой части, трансмиссии, агрегаты пожарной надстройки требуют применения различных подъемных механизмов и транспортирующих приспособлений. Особенно остро стоит проблема проведения ремонтных операций с трансмиссией и ходовой частью автомобилей. Ремонтные работы такого плана, в основном, проводятся под автомобилем с применением специальных подъемников или смотровых канав. Анализ оснащения ремонтных мастерских пожарно-спасательных частей указывает на то, что в большинстве случаев мастерские укомплектованы смотровыми канавами как наиболее оптимальным решением по сравнению с дорогостоящими и габаритными подъемниками. Дооснащение смотровой канавы мобильным подъемником расширит область ее применения и облегчит проведение ремонтных работ. Существующие конструкции канавных подъемников предназначены для решения общих задач в ремонтных мастерских (рис. 1). В зависимости от типа привода, грузоподъемности и производителя стоимость таких подъемников очень разнится. Кроме этого, Российские производители только начинают выпуск грузоподъемных механизмов похожего типа и полностью не покрывают потребности потребителей. Поэтому самостоятельное проектирование и изготовление канавного подъемника позволит минимизировать затраты на приобретение и заложить необходимый потенциал в конструкцию для решения узконаправленных специфических задач в ремонте именно мобильных средств пожаротушения.

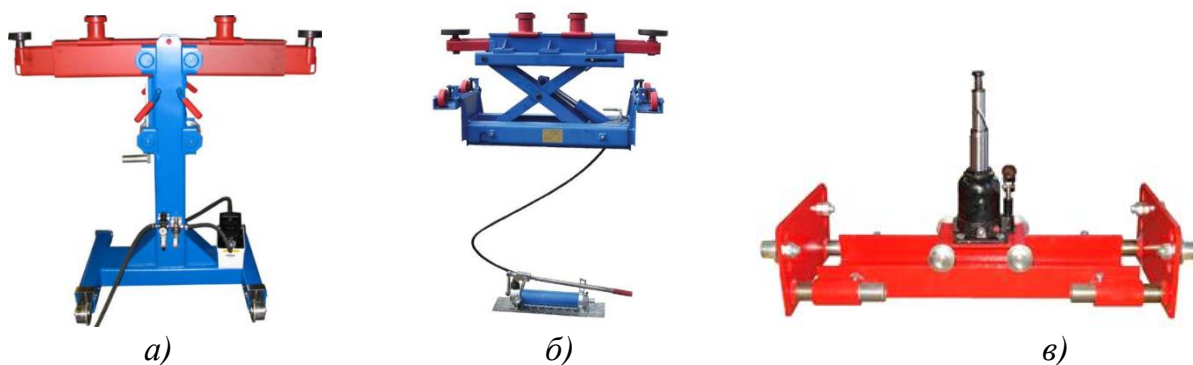


Рис. 1. Общий вид канавных подъемников:

а – подъемник канавный рельсовый автомобильный ПРК-10;

б – подъемник канавный автомобильный НПК-1; *в* – траверса гидравлическая осевая ТГО-4

Проведенный анализ существующих типов приводов позволяет выделить основные типы, которые чаще всего применяются в подъемных механизмах. К ним можно отнести: электромеханический; ручной гидравлический; пневматический; пневмогидравлический. Учитывая все преимущества и недостатки указанных типов приводов, а также, учитывая возможности осуществления применения приводов в условиях ремонтных мастерских пожарно-спасательных подразделений, приходим к выводу, что оптимальным типом привода является пневматическая система. Выбор в пользу пневматической системы привода канавного подъемника сделан по следующим причинам:

1 – габариты системы подъема пневматической системы минимальные по сравнению с гидравлической и механической при одинаковых параметрах грузоподъемности;

2 – конструкция подключения рабочей части проще и компактнее по сравнению с гидравлической системой.

Основной рабочей частью подъемника, требующей приобретения, является пневматическая подушка. Учитывая рабочие задачи, возлагаемые на канавный подъемник, а именно массу поднимаемых агрегатов и деталей, учитывая возможные перегрузки при эксплуатации и необходимый запас прочности, оптимальными характеристиками обладает пневматическая подушка грузоподъемностью 4 тонны. Для работы такой подушки требуется создать рабочее давление воздуха 0,5 Мпа. С этой задачей справится компрессор с максимальным давлением 10 бар (1 Мпа), с объемом ресивера 100 литров (рис. 2).



Рис. 2. Общий вид подъемника компрессора для канавного подъемника

Общий вид канавного подъемника показан на рис. 3. Конструкция предусматривает особенности смотровой канавы ремонтной мастерской и обслуживаемую технику. Так, например, для установки подъемника на канаву подъемник имеет регулировку ширины опорных колес, а для работы с различными агрегатами пожарного автомобиля подъемник имеет возможность изменения межосевого расстояния выдвижных упоров.

Подъемник состоит из основания 8, поперечной балки 2, стабилизирующих штоков 3, пневмоподушки 4, опорных пальцев 7 и опорных колес 6. Подъемник предназначен для работы в осмотровой канаве, передвигается по направляющим, проложенным по краю канавы. В качестве путей предлагается использование металлических направляющих в виде швеллера. Перемещение подъемника по направляющим осуществляется вручную. На стабилизирующих штоках предусмотрены отверстия для стопорных пальцев.

Подъемник оснащен выдвижными лапами, на концах которых находятся упоры. Сменой упора можно изменять высоту подъема машин. Особенностью проектируемого подъемника является возможность изменения расположения основания по отношению к поверхности среза смотровой канавы. При работе на подъем осей автомобиля или подъема узлов и агрегатов основание 8 (рис. 3) рекомендовано располагать ниже среза смотровой канавы (рис. 4, а). Такое положение обеспечивает устойчивость системы, дает больший рабочий ход.

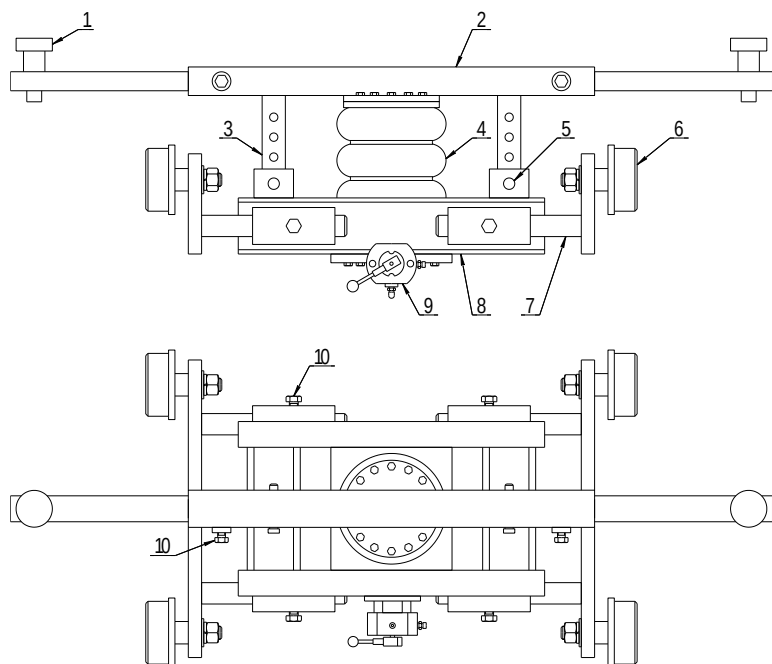
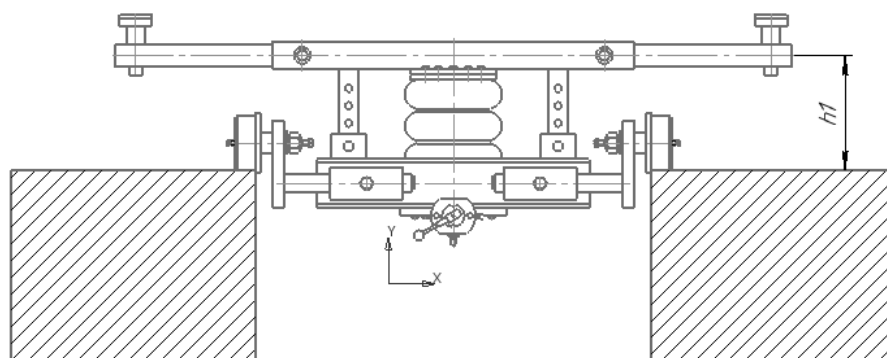
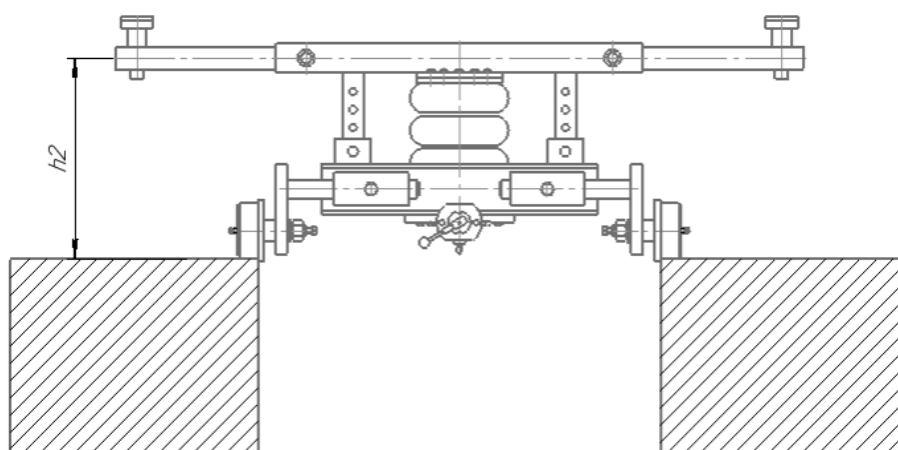


Рис. 3. Общий вид канавного подъемника:
1 – упор; 2 – поперечная балка;
3 – стабилизирующий шток;
4 – подушка пневматическая;
5 – стопорный палец;
6 – колесо опорное;
7 – опорный палец; 8 – основание;
9 – кран управления В71-22;
10 – стопорный винт.



а)



б)

Рис. 4. Возможности расположения опорных колес канавного подъемника:
а – положение опорных колес для нижнего расположения основания;
б – положение опорных колес для верхнего расположения основания

Положение опорных колес (рис 4, а) дает возможность перемещения канавного подъемника только в пределах смотровой канавы. Расположение опорных колес во второе положение позволяет поднять основание подъемника выше уровня среза смотровой канавы (рис. 4, б). Это дает возможность перемещать подъемник за пределы смотровой канавы, что значительно расширяет функциональные возможности проектируемого устройства. Так, например, при демонтаже коробки переключения передач, используя канавный подъемник, снятый агрегат можно выкатить из-под машины вместе с подъемником и транспортировать ее до места ремонта в пределах мастерской. Такая конструктивная особенность в конструкции подъемника является его преимуществом перед подъемниками похожих конструкций.

Применение канавного подъемника в работах по техническому обслуживанию и ремонту пожарной техники позволит облегчить ряд работ, связанных с агрегатным способом ремонта узлов и агрегатов автомобилей, в значительной степени расширит функциональное применение смотровой канавы и повысит качество выполнения ремонтных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легкова, И. А. Модернизация конструкции мобильного устройства для проведения технического обслуживания пожарных автомобилей / И. А. Легкова, В. П. Зарубин, В. С. Соболева // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2024. – С. 133-137.
2. Легкова, И. А. К вопросу повышения эффективности проведения технического обслуживания пожарных автомобилей / И. А. Легкова, В. П. Зарубин // Надежность и долговечность машин и механизмов: Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2023. – С. 107-112.
3. Легкова, И. А. О возможности применения эндоскопии при техническом обслуживании пожарных автомобилей / И. А. Легкова, В. П. Зарубин // Общенаучные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России : Сборник трудов секции № 15 XXXIII Международной научно-практической конференции, Химки, 01 марта 2023 года. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС РФ имени генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2023. – С. 143-147.
4. Берсанов, И. А. Усовершенствование конструкции подъемных устройств для решения задач по техническому обслуживанию пожарных автомобилей / И. А. Берсанов, И. А. Легкова, В. П. Зарубин // Актуальные вопросы эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов: Сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, Химки, 12–13 декабря 2023 года. – Химки: Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика, 2023. – С. 24-28.
5. Тлатов, Т. К. Некоторые вопросы нормативно-правового обеспечения процесса технического обслуживания пожарных автомобилей / Т. К. Тлатов, В. П. Зарубин // Пожарная и аварийная безопасность: Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 90- й годовщине образования гражданской обороны, Иваново, 24 ноября 2022 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2022. – С. 515-518.

УДК 621.9-115

Н.Л. Павлюкова, А.А. Каприльянц

ФГБОУВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МАШИНЫ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ПЛАСТИКА

Аннотация: В статье представлен патентный анализ устройств для измельчения пластиков, указаны их преимущества и недостатки. Предложена конструкция машины, позволяющая перерабатывать различные виды пластиков, разработана ее трехмерная модель и кинематические схемы, обеспечивающие различные режимы работы оборудования.

Ключевые слова: трехмерная модель, переработка пластмасс, патентные исследования, кинематическая схема, механизм измельчения.

N.L. Pavlyukova, A.A. Kapreliants

DESIGN DEVELOPMENT OF A PLASTIC RECYCLING MACHINE

Abstracts: The article presents a patent analysis of plastic shredding devices, their advantages and disadvantages are indicated. The design of a plastic recycling machine is proposed, which makes it possible to process various types of plastics, and a three-dimensional model and kinematic schemes have been developed to provide various equipment modes.

Keywords: three-dimensional model, plastic recycling, patent research, kinematic scheme, grinding mechanism.

Количество потребления пластиков (например, полипропилена, полиэтилена, полиэтилентерефталата, поливинилхлорида и др.) исчисляется несколькими сотнями миллионов тонн в год и продолжает расти, поэтому проблема переработки пластмасс является одной из самых актуальных экологических задач современности. Существует несколько методов переработки пластмасс, включая такие как механическая переработка, химическая переработка и энергетическая утилизация. Наиболее перспективным является метод механической переработки, который позволяет получать вторичное сырье для производства новых изделий.

У применения механической переработки пластиков есть ряд преимуществ:

1. Сбережение ресурсов: механическая переработка позволяет сократить потребление первичных ресурсов, таких как нефть, используемая для производства новых пластиковых изделий.

2. Снижение загрязнения: уменьшая количество пластиковых отходов на свалках и в окружающей среде, механическая переработка способствует снижению загрязнения.

3. Экономическая выгода: переработка пластмасс может привести к снижению затрат на сырье для производителей и созданию новых рабочих мест в сфере утилизации и переработки.

Механическая переработка представляет собой дробление (твердых толсто-стенных отходов) или агломерацию (пленочных отходов) предварительно рассортированных и очищенных от загрязнения изделий для утилизации, например пластиковых бутылок, ящиков, корпусов техники, труб, шлангов, старых игрушек и т.п.

Проведены патентные исследования существующих машин по переработке пластмасс, информация о некоторых из них представлена в таблице.

Таблица. Результаты патентных исследований

№ п/п	Номер патента	Наименование разработки	Описание	Недостатки
1	Патент № 38302 [1]	Измельчитель пластмасс	Измельчитель пластмасс для тонкостенных отходов, состоящий из корпуса, ротора с перпендикулярно оси набранными ножами-дисками, механизма поворота отбойных ножей, калибровочную решетку, загрузочное и приемное устройства. Отбойные ножи имеют возможность поворота относительно ножей-дисков ротора на заданный угол, образуя требуемый зазор и многократность оборачиваемости на резку в зависимости от заданной фракции измельчения.	Большая энергоемкость и низкая производительность, невозможность измельчения всей пустотелой бутылки в частицы с заданными размерами.
2	Патент № 218664 [2]	Измельчитель пластмасс	Предназначен для измельчения пластмасс, преимущественно гранул полиэтилена высокого давления. Содержит загрузочный бункер с дозатором, камеру измельчения с неподвижными ножевыми элементами, калибрующую решетку и ротор с ножами, при этом ножевые элементы выполнены с рифленой рабочей поверхностью.	Недостатком этих устройств является их громоздкость, сложность в изготовлении, большая энергоемкость и низкая производительность.
3	Патент № 223509 [3]	Измельчитель роторный для тонкостенных пустотелых отходов из пластмасс	Изобретение относится к устройствам для измельчения тонкостенных пустотелых отходов из пластмасс, например для измельчения бывших в употреблении бутылок из полиэтиленотерфталата. Содержит станину, подающее устройство в виде обрезиненных валков, рабочую камеру, состоящую из ротора с набором наклоненных к его оси дисковых фрез, распорных косых шайб, и противолежащую пластину с дугообразными выемками.	Недостатками известной конструкции являются: невозможность измельчения всей пустотелой бутылки в частицы с заданными размерами, ручная подача измельчаемого материала.
4	Патент № 211616 [4]	Устройство для измельчения отходов пластмасс	Применяется для переработки "мягких" полимерных отходов (пленки, мешков, лент, шнуров, жгутов из пластмасс). Состоит из корпуса с приемным бункером, ротора с набором ножей и неподвижный нож. Для постоянного подпора измельчаемых отходов тянущие валцы с рифами и впадинами с изменяющимся зазором для затягивания измельчаемых отходов.	Недостатком данного устройства является возможность наматывание пленки на ротор измельчителя, что забивает пространство подачи и резания.
5	Патент № 49467 [5]	Устройство для переработки отходов пластмасс	Полезная модель относится к переработке тонколистовых и пленочных отходов в агломерат. Технический результат от использования полезной модели - повышение производительности измельчителя, качества получаемого сырья, снижение энергоемкости процесса. Устройство для переработки отходов пластмасс, включающее вертикальную цилиндрическую емкость с загрузочным и вы-	Основным недостатком устройства является то, что при работе измельчителя происходит образование кольцевого слоя материала, вследствие взаимодействия вращающихся рабочих органов и материала.

№ п/ п	Номер патента	Наименование разработки	Описание	Недостатки
			грузочным окнами, установленный в нижней части механизм измельчения, состоящий из нижней и верхней пар ножевых режущих элементов, с приводом в виде вертикального вала.	

На основе патентного анализа поставлена задача разработать конструкцию машины для измельчения пластика, которая обладает высокой производительностью при измельчении материала, пониженным энергопотреблением, может обрабатывать различные виды пластиков, избегать засорения и (или) наматывания пленок на движущиеся части оборудования.

Разрабатываемая машина для измельчения пластмасс состоит из загрузочного бункера, короба и камеры измельчения (рис. 1). В коробе установлены верхний и нижний вал (рис. 2, а, б). В камере измельчения расположен шнек (рис. 2, в).

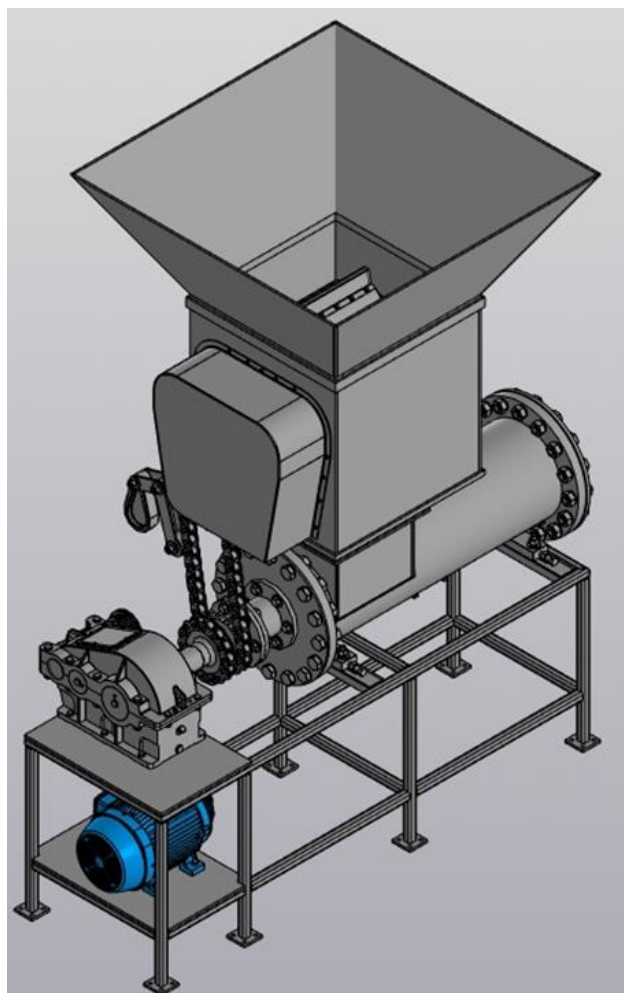
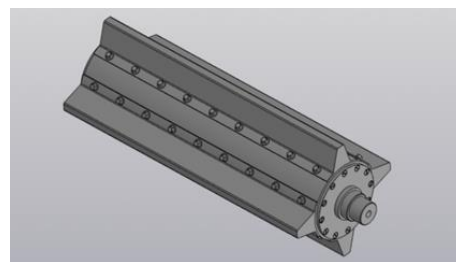
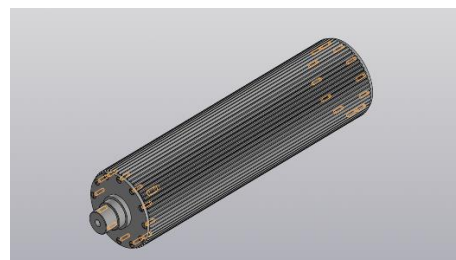


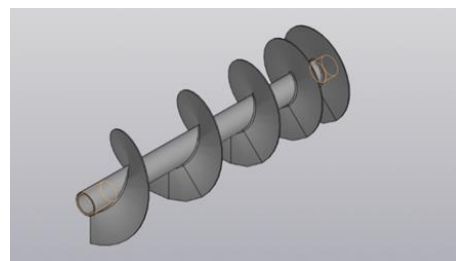
Рис. 1. Трехмерная модель общего вида установки



а)



б)



в)

Рис. 2. Трехмерные модели деталей измельчителя: а – верхний вал; б – нижний вал; в - шнек

Процесс переработки условно можно разделить на два этапа:

1) сырье подается из загрузочного бункера в короб, в котором вращающиеся валы, ломают и сминают его, уменьшая объём отходов;

2) основной этап измельчения осуществляется с помощью шнека.

В широкой части шнека идет захват частей ломаного пластика, затем его дробление и постепенное сжатие в его средней и узкой зонах. Для исключения засоров и намотки предусмотрен вращающийся нож на узкой стороне шнека. Фракционная решетка на выходном отверстии камеры измельчения позволяет регулировать размеры измельченных частиц пластика.

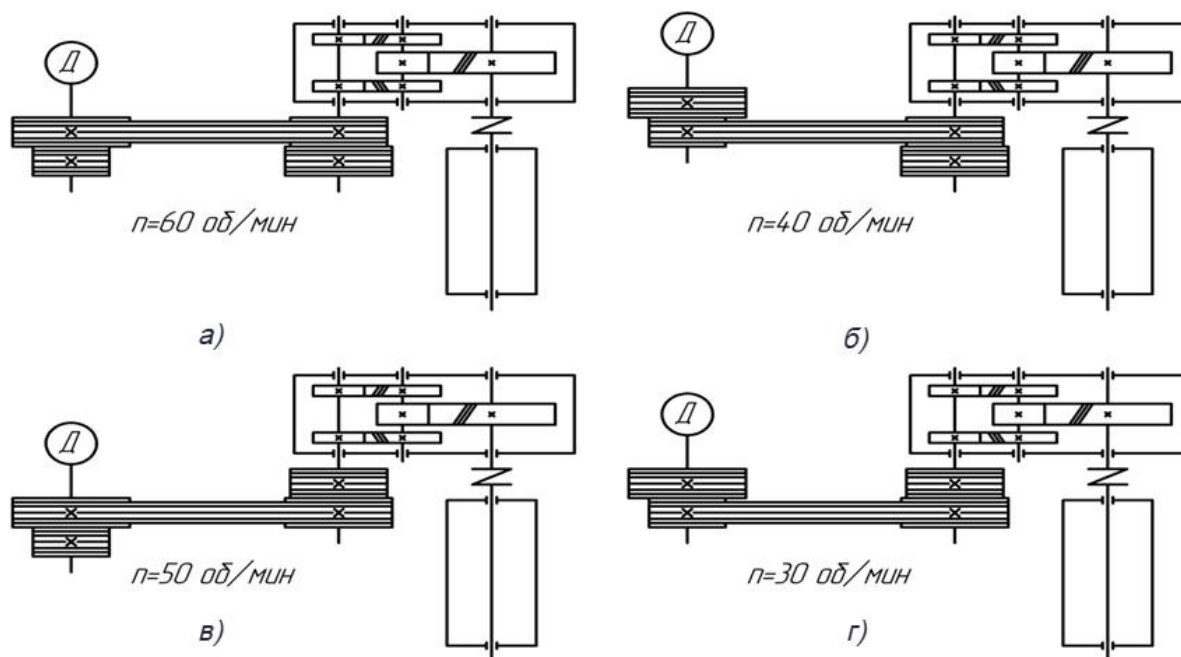


Рис. 3. Кинематические схемы машины

Задача измельчения отходов из пластмасс различных толщин, твердости и размеров решается с помощью регулирования оборотов на приводном валу. Для этого был выполнен кинематический расчет привода и разработаны кинематическая схема машины (рис. 3). Такой подход делает машину для измельчения пластика универсальной: для дробления пластика малых габаритов и толщин стенок отходов наиболее рационально использовать самые большие из возможных оборотов и уменьшать их по мере увеличения габаритов и толщины пластика. Расчеты выполнены для двигателя марки АИР 200М6 и редуктора двухступенчатого Ц2-409.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 38302 РФ МПК В02С 18/06. Измельчитель пластмасс / Константинов Д.В., Жарков С.И., Коробков В.А., Жевелев О.Ю.- заявл: 2002.09.24. Оpubл: 2004.06.10. Патенто-обладатели: Открытое акционерное общество "Кузполимермаш".
2. Патент № 2186624 РФ МПК В29В 17/04. Измельчитель пластмасс / Дворецкий Г.В., Карев В.А., Попов В.П., Фадеев В.С., Чебыкин В.В.- заявл: 2000.12.28. Оpubл: 2002.08.10.

Патентообладатели: Государственное унитарное предприятие "Электростальское научно-производственное объединение "Неорганика".

3. Патент № 2 235 019 РФ МПК В29В 17/04. Измельчитель роторный для тонкостенных пустотелых отходов из пластмасс / Сычев Г.М., Шумаков Н.Г., Свитка Н.И.-заявл: 2002.11.11. Оpubл: 2004.08.27. Патентообладатели: ОАО "ПКБ ПЛАСТМАШ".

4. Патент № 2 116 196 РФ МПК В29В 17/04, В29В 17/00. Устройство для измельчения отходов пластмасс / Панов А.К., Биктимиров Ф.В., Петров П.И., Ибраков М.Ш., Шулаев Н.С., Белобородова Т.Г.- заявл: 1996.04.19. Оpubл: 1998.07.27. Патентообладатели: Панов А.К., Биктимиров Ф.В., Петров П.И., Ибраков М.Ш., Шулаев Н.С., Белобородова Т.Г.

5. Патент № 49467 РФ МПК В02С 18/44, В29В 17/00. Устройство для переработки отходов пластмасс / Астанин В.К., Худояров В.В.- заявл: 2005.06.14. Оpubл: 2005.11.27. Патентообладатели: Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежский государственный аграрный университет имени К.Д. Глинки" (ФГОУ ВПО ВГАУ им. К.Д. Глинки).

УДК 621.8

М.Р. Пономарев, И.А. Легкова, М.В. Борейко

Ивановская пожарно-спасательная академия

АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ АВАРИЙНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА

Аннотация: В статье проведен анализ устройств для стабилизации транспортных средств после дорожно-транспортных происшествий или других аварийных ситуаций. Выявлены их достоинства и недостатки, а также определены направления усовершенствования их конструкций.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, транспортное средство, аварийная ситуация, работа спасателей, средства для фиксации автомобиля, комплекты стабилизации.

M.R. Ponomarev, I.A. Legkova, M.V. Boreiko

ANALYSIS OF DEVICES FOR STABILIZING EMERGENCY VEHICLES

Abstracts: The article analyzes devices for stabilizing vehicles after road accidents or other emergency situations. Their advantages and disadvantages are identified, and directions for improving their designs are defined.

Keywords: fire truck, vehicle, emergency situation, rescue work, vehicle fixing equipment, stabilization kits.

По данным Госавтоинспекции МВД России за 2024 год в России произошло 116 190 дорожно-транспортных происшествий (ДТП), в которых пострадало 144 311 человек, погибло 12 748 человек, из них 723 – дети [1]. При проведении аварийно-спасательных работ (АСР) стабилизация транспортного средства (ТС) играет ключевую роль в обеспечении безопасности спасателей и пострадавших. Нестабиль-

ное аварийное ТС может внезапно изменить положение, нанести травмы или затруднить доступ к пострадавшим. Для фиксации поврежденного транспортного средства, т.е. для исключения возможности его раскачивания, сдвига или перевертывания, используют различные устройства и приспособления (средства стабилизации).

Для стабилизации ТС могут использоваться различные упоры, подручные материалы (чурки, кирпичи), домкраты, краны и пр. В оснащении пожарных и спасателей есть специальные комплекты для стабилизации аварийного автомобиля. Комплекты стабилизации транспортных средств являются важным компонентом в оснащении пожарных автомобилей, обеспечивая их устойчивость и безопасность в условиях работы на сложных и нестабильных участках [2].

Стабилизация при аварийно-спасательных работах направлена на:

- фиксацию опасных, неустойчивых объектов, которые могут помешать спасательной операции (например, предотвращение падения поврежденных деревьев или столбов);

- закрепление аварийного ТС с заблокированными людьми, чтобы избежать получения дополнительных травм пострадавшими из-за неожиданных перемещений автомобиля во время спасательных действий.

Средства стабилизации устанавливаются для обеспечения безопасной работы спасателей и безопасности пострадавших, поэтому выбор и использование подходящего комплекта стабилизации являются важным. Рассмотрим характеристики некоторых из них.

Наиболее распространенными комплектами стабилизации отечественного производства являются набор «Стандарт», набор «Компакт» и комплект стабилизации транспортных средств КС.3.

Набор «Стандарт» он рассчитан на максимальную нагрузку 18 тон, имеет 4-кратный запас прочности. Включает всё необходимое для стабилизации как небольших, так и крупных транспортных средств. Набор состоит из удлиняющих труб, распорок с контргайкой, натяжных ремней, multi-опор, наклоняемых опор с кольцом и связки крюков. Набор «Компакт» также выдерживает нагрузку до 18 тонн, имеет 4-кратный запас прочности, но рассчитан для стабилизации небольших автомобилей, попавших в ДТП (рис. 1) [3].

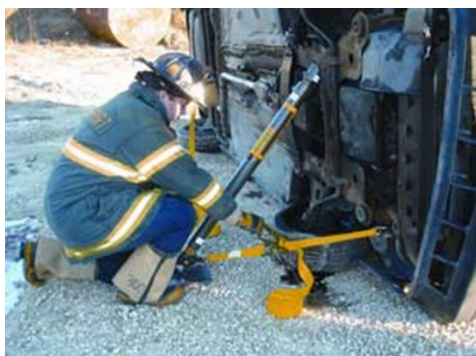


Рис. 1. Набор стабилизации ТС «Стандарт»



Рис. 2. Комплект стабилизации транспортных средств КС.3

Также к устройствам, позволяющим фиксировать ТС в конкретном положении, относится комплект стабилизации транспортных средств КС.3 (рис. 2), который более удобен в использовании и имеет меньший вес по сравнению с наборами «Стандарт» и «Компакт».

Для более сложных спасательных операций используют комплект КС-4, он обладает высокой грузоподъемностью, предназначен для стабилизации всех типов транспортных средств, включая тяжелые грузовики, автобусы и специальную технику. КС-4 обеспечивает стабилизацию в самых сложных и нестандартных ситуациях, включая стабилизацию на склонах, в труднодоступных местах и при больших деформациях кузова.

Преимуществами таких устройств является доступность, надёжность, устойчивость, хорошая эффективность. Но при работе с ними я увидел такие недостатки как сложность и длительность установки, люфт и значительный вес, затрудняющий быструю работу с комплектом и его переноской.

Также известны комплекты стабилизации транспортных средств зарубежного производства. Например, стабилизационный комплект LSS Set 1 (международной фирмы Lukas) [4] и система стабилизации автомобилей V-Strut от компании Holmatro (Нидерланды).

Комплект LSS Set 1 разработан для быстрого и легкого развертывания на месте происшествия, но рассчитан только на легковые автомобили.

Система V-Strut отличается надежной и эффективной стабилизацией транспортных средств любого типа. V-образная стойка выдвигается и автоматически фиксируется одним движением, обеспечивая быструю, безопасную и эффективную стабилизацию транспортных средств в критических ситуациях (рис. 3) [5, 6]. Благодаря системе автоблокировки с точной регулировкой длины V-Strut устанавливается за 15 секунд. Нужно вытянуть стойку до нужной длины, и она автоматически заблокируется. Натяжной ремень с крюком и храповым механизмом крепит V-Strut к автомобилю, создавая стабильный треугольник. Кроме того, зубчатая многоцелевая головка обеспечивает надёжный захват, а скользящая опорная пластина не даёт стойке соскользнуть с любой поверхности.

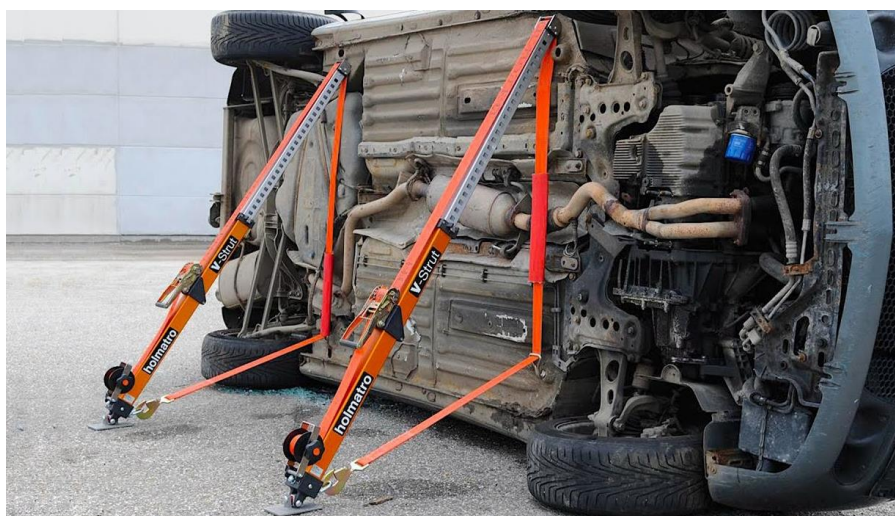


Рис. 3. Система стабилизации автомобилей V-Strut

В отличие от отечественных наборов импортные устройства отличается высокая несущая способность, скорость установки, легкость и портативность. Основным недостатком является высокая стоимость. Также при использовании иностранного образца Holmatro's V-Strut, который быстро устанавливался и эффективно выполнял свою задачу, я отметил, что материал креплений катушки троса и рукоятки для затяжки троса были выполнены из пластмассы, что не гарантирует его надежность в условиях проведения боевых действий по тушению пожара и аварийно-спасательных работ.

Подводя итог хочу сказать, что можно усовершенствовать иностранный комплект стабилизации транспортных средств Holmatro's V-Strut под условия работы пожарной охраны в России, сделать прочнее, удешевить производство, улучшить материал и заменить материал креплений на более прочный, также можно улучшить конструкцию и использовать комплект не только для легкового транспорта. Отечественные же комплекты можно было бы сделать легче и проще в сборке. Поэтому вопрос усовершенствования конструкций имеющихся комплектов стабилизации ТС для повышения эффективности их работы, а также для снижения их стоимости, является актуальным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://rusdtp.ru/stat-dtp/>
2. ГОСТ Р 22.9.41-2024. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Комплект для стабилизации аварийного транспортного средства. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. <https://rs01.ru/nabor-standart>.
4. <https://lukas.com/rescue/en/products/accessories/support-systems/147/support-system-lss-set-1>.
5. <https://www.holmatro.com/en/rescue/vehicle-stabilization-strut-v-strut>.
6. [https://ds2000.ru/site/web/docs/holmatro-gidravlicheskii-instrument 2020.pdf](https://ds2000.ru/site/web/docs/holmatro-gidravlicheskii-instrument%202020.pdf).

УДК 621.357

К.Е. Попов, И.И. Ведерникова

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТОЧНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

Аннотация: В статье проведено исследование влияния различных факторов на точность и качество получаемой поверхности.

Ключевые слова: токарная обработка, резец, вибрации, качество поверхности, шероховатость.

К.Е. Попов, И.И. Ведерникова

DETERMINING THE PARAMETERS OF PRECISION OF PRODUCT MANUFACTURING

Abstract: The article studies the influence of various factors on the accuracy and quality of the resulting surface.

Keywords: turning, cutter, vibration, surface quality, roughness.

Токарная обработка – один из основных методов изготовления деталей с помощью снятия стружки с заготовки. Она широко применяется в различных отраслях промышленности, таких как машиностроение, авиация, электроника и других.

Форма и точность поверхности при токарной обработке играют важную роль в обеспечении качества и надёжности изделий. От этих параметров зависит не только внешний вид детали, но и её функциональные характеристики, такие как прочность, износостойкость, герметичность и другие. Поэтому изучение и оптимизация процесса токарной обработки являются актуальными задачами для повышения эффективности производства и снижения затрат на брак.

Для измерений показания вибрации при токарной обработке используется система из пьезодатчика, акселерометра, обрабатывающего устройства и ПК.

Для анализа системы управления процессом резания и понимания отклонения резца при токарной обработке необходимо составить математическую модель процесса резания. Известны различные методы и модели процесса.

При обработке резанием одним из главного параметра является сила резания, она определяется как функция нескольких аргументов [1]:

$$P = f(C_p, t, s, v, k),$$

где C_p – коэффициент материала и условий обработки;

t – глубина резания;

S – продольная подача;

v – скорость резания;

k – коэффициент, зависящий от геометрии резца.

Таким образом для воздействия на силу резания можно менять любой параметр.

Рассмотрим математическую модель процесса резания [2].

$$P_{\text{рез}} = \frac{C_p t^{x_p} s^{y_p} v^{n_p} K_p x^2 (l - x)^2}{3EJl},$$

где C_p – удельная сила резания, зависящая от механических свойств обрабатываемого инструментального материалов;

x – координата точки приложения поперечной силы;

K_p – поправочный коэффициент

E – модуль упругости материала заготовки;

J – момент инерции поперечного сечения обрабатываемого вала $J=0,05d^4$

d – диаметр вала.

Данная модель создана авторами для регулирования прогиба вала при процессе резания за счет изменения величины подачи s инструмента.

Но при обработке не только величина прогиба влияет на точность изготовления и отгибания резца, данная модель, на мой взгляд, описывает не все возможные процессы, возникающие во время обработки.

Для точного представления процессов при обработке целесообразней пользоваться автоматизированным обеспечением параметров точностей детали при обработке.

Такое возможно при выработке методик определения этих параметров на станках с ЧПУ.

В работе [3] разработан метод анализа с помощью оценки вибросигнала от инструмента с помощью мощности и корреляционной энтропии K .

По полученным графикам зависимостей (рис. 1) был сделан вывод, что они внешне соответствуют классической форме кривой износа.

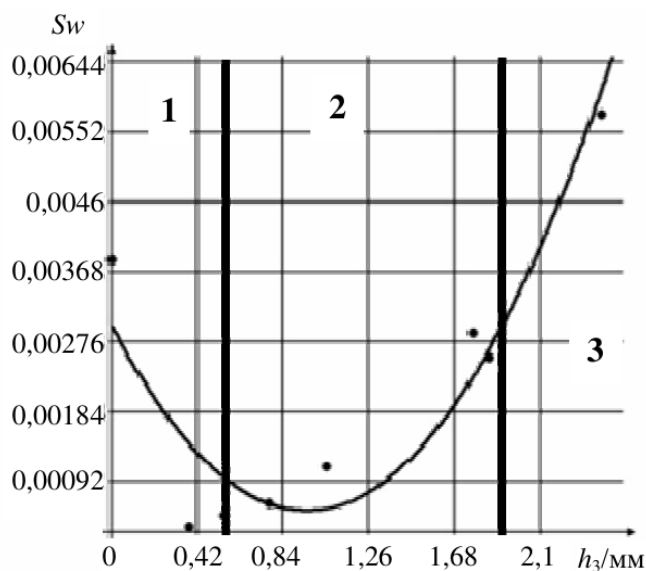


Рис. 1. Зависимость между мощностью вибросигнала и износом резца

Далее по полученным результатам была разработана модель системы автоматического обеспечения параметра точности формы.

Недостатками этой модели называют, что она не в полной мере учитывает влияние жесткости обрабатываемой детали на точность. Поэтому полученные результаты проводимой авторами [3] требуют корреляции с методикой автоматизации технической подготовки производства.

Математическая модель, описывающая зависимость между вибрацией резца и качеством поверхности, может быть представлена в виде функции. В качестве показателя качества поверхности возьмем шероховатость Ra и рассмотрим ее изменение под действием различных параметров системы, в том числе вибрации.

Допустим, что шероховатость поверхности (Ra) зависит от следующих параметров:

- V – скорость резания (м/мин)
- s – подача (мм/об)
- t – глубина резания (мм)

A – уровень вибрации (мкм)

T – температура резания (°C)

Тогда можно записать общее уравнение в следующем виде:

$$Ra = k_1 \cdot A + k_2 \cdot \frac{1}{V} + k_3 \cdot s + k_4 \cdot t + k_5 \cdot T + C$$

где k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 – коэффициенты, отражающие влияние каждого параметра на шероховатость поверхности;

C – константа, учитывающая начальные условия и другие факторы, не учтённые в уравнении.

Предположим, что у нас есть следующие значения для коэффициентов и параметров:

$$k_1 = 0.05$$

$$k_2 = 0.2$$

$$k_3 = 0.1$$

$$k_4 = 0.3$$

$$k_5 = 0.02$$

$$C = 0.1$$

И возьмем случайный набор из 10 параметров, представленных в таблице.

Таблица. Данные экспериментов

№	A (мкм)	V (м/мин)	s (мм/об)	t (мм)	T (°C)
1	20	100	0.1	1	720
2	15	100	0.15	1.5	825
3	27	100	0.2	2	730
4	21	100	0.1	2.5	835
5	14	100	0.25	3	840
6	24	100	0.15	1	745
7	45	100	0.2	2	750
8	35	100	0.3	2.5	855
9	40	100	0.1	3	670
10	26	100	0.15	1	765

Используем ранее предложенную формулу и по ее данным построим график (рис. 2).

Для простых поверхностей достаточно вычислить силу резания по простым формулам, не используя приборов для отслеживания сигналов.

При обработке изделий на станках с ЧПУ в их системах уже внедрены системы для автоматического отслеживания точности обработки.

Результаты обработки модели [3] показаны на рис 3.

Эта модель позволяет рассмотреть взаимосвязь параметра вибросигнала и точностью формы в поперечном сечении.



Рис. 2. График шероховатости при разных значениях переменных

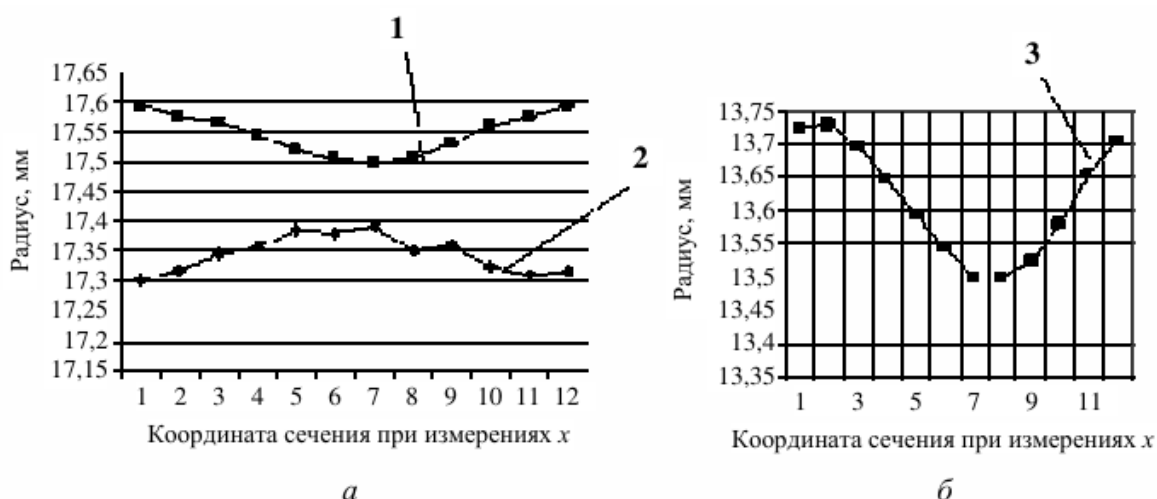


Рис. 3. Результаты обработки модели: а – результаты обработки без использования модели; б – результаты обработки с использованием модели

Процесс возникновения отклонений и неточности детали при обработке является очень сложным процессом и на него может влиять много факторов.

Для определений параметров точности изделия разработано большое множество методов, экспериментальных установок и моделей процесса резания. Все эти способы желательно объединить в один для точного понимания процессов возникающих при резании. В современных реалиях можно воспользоваться помощью нейросистем для прогнозирования результатов.

Для решения этой проблемы необходимо использовать современные методы и инструменты для измерения и анализа вибраций, а также применять различные способы их снижения.

Это может включать в себя оптимизацию режимов резания, использование виброгасящих приспособлений и применение систем числового программного управления (CNC) с функциями контроля и коррекции вибраций. Выбор конкретных методов и инструментов зависит от специфики производственного процесса, типа обрабатываемого материала и требований к качеству продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адаптивное управление станками. Под ред. Б.С. Балакшина. – М.: Машиностроение, 1973.
2. Статья в журнале ИЗВЕСТИЯ ВУЗОВ (КЫРГЫЗСТАН). Авторы: МУСЛИМОВ А.П.1, КУЦ В.А.1.
3. Статья в журнале Вестник пермского национального исследовательского политехнического университета. электротехника, информационные технологии, системы управления. Авторы: Овсянников В.Е.1, Некрасов Р.Ю.1, Темпель Ю.А.1, Васильев В.И.2
4. Экспериментальная установка контроля вибрации при обработке на станках с ЧПУ / А. В. Анцев, Ч. Х. Данг, Е. С. Янов, М. В. Полев // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2019. – Т. 15, № 2. – С. 151-158. – DOI 10.25987/VSTU.2019.15.2.020. – EDN CSLVVL.
5. Безъязычный, В.Ф. Метод подобия в технологии машиностроения: монография / В.Ф. Безъязычный. - М.: Инфра-инженерия, 2021. - 356 с.
6. Суслов, А.Г. Возможности одноступенчатого обеспечения контактной жесткости деталей на стадии проектирования / А.Г. Суслов, В.А. Хандожко // Научные технологии в машиностроении. - 2022. - № 5(131). - С. 27-38

УДК 621.01

И.А. Пустовалов, Н.С. Пустовалова, Д.В. Фролов, О.В. Токарева
Академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ МОДЕЛИ ДЛЯ ЛИНЕЙНОГО СТАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА В КОМПАС-3D

Аннотация: на примере твердотельной модели рассмотрены параметры и алгоритмы формирования конечно-элементной сетки, доступные в программном обеспечении АРМ FEM в «Компас-3D» v23. Представлены рекомендации, позволяющие получить достоверный результат расчетов.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, АРМ FEM, конечно-элементная сетка, моделирование.

I.A. Pustovalov, N.S. Pustovalova, D.V. Frolov, O.V. Tokareva

FEATURES OF MODEL PREPARATION FOR LINEAR STATIC CALCULATION IN COMPASS-3D

Abstracts: Using the example of a solid-state model, the parameters and algorithms for the formation of a finite element grid are considered, which are available in the APM FEM software in Kompas-3D v 23. Recommendations are presented to obtain a reliable calculation result.

Keywords: computer-aided design system, APM FEM, finite element grid, modeling

Потребность проектных и исследовательских организаций в системах автоматизированного проектирования (САПР) возрастает. Это связано, с одной стороны, с доступностью САПР – сравнительно невысокая стоимость, поддержка разработчиков, распространённость высокотехнологичных вычислительных устройств. С другой стороны, со сложностью задач, возникающих перед инженерами и исследователями [1-3].

На Российском рынке одним из представителей отечественных САПР является «Компас-3D». На сегодняшний день, с его помощью можно решить частные задачи статики, стационарной и нестационарной теплопроводности, термоупругости, газо- и гидродинамики, и т.п. Одним из инструментов реализации вышеуказанных задач является модуль APM FEM [4].

Выполнение расчетных операций в САПР «Компас-3D» v23 осуществляется методом конечных элементов. В зависимости от сложности модели, параметры конечно-элементной сетки (КЭС) могут существенно повлиять на результат расчета.

Для оценки влияния алгоритмов и исходных данных КЭС создана деталь, представляющая собой две последовательно объединенные цилиндрические поверхности с диаметрами оснований 85 и 63 мм (рис. 1). Деталь «двухступенчатый вал» не содержит сложных неравномерных геометрических переходов. К первой ступени приложен один скручивающий момент ($M_{кр} = 6 \text{ кН} \cdot \text{м}$), ко второй – два скручивающихся момента: ($M_{кр} = 3 \text{ кН} \cdot \text{м}$; $M_{кр} = 2 \text{ кН} \cdot \text{м}$). В качестве материала применена сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-2016.

За основной критерий оценки работоспособности модели детали принимали эквивалентное напряжение по Мизесу (SVM).

Допустимое напряжение в сечении вала [5] определяется по формуле (1) – для материала, применяемого в решении задачи, находятся в интервале 705,5...1058 МПа.

$$[\sigma] = \sigma_T / [S], \quad (1)$$

где $[S]$ – допустимый коэффициент запаса прочности (1,2...1,8); σ_T – предел текучести материала, МПа.

Формирование сетки твердотельных моделей осуществляется посредством 4-х или 10-ти узловых тетраэдров. В случае 10-ти узлового тетраэдра расчётные узлы расположены, как в вершинах, так и на серединах ребер тетраэдра. От количества конечных узлов зависит точность расчетных операций и количество затрачиваемых ресурсов вычислительной техники.

В Компас-3D v23 реализовано шесть алгоритмов генерации КЭС, которые выбирает инженер на основании топологии детали.

Независимо от типа элементов, наиболее плотная КЭС формируется по алгоритму «С постоянной кривизной», наименее плотная – по алгоритму «Равномерная» (рис. 2, табл. 1).

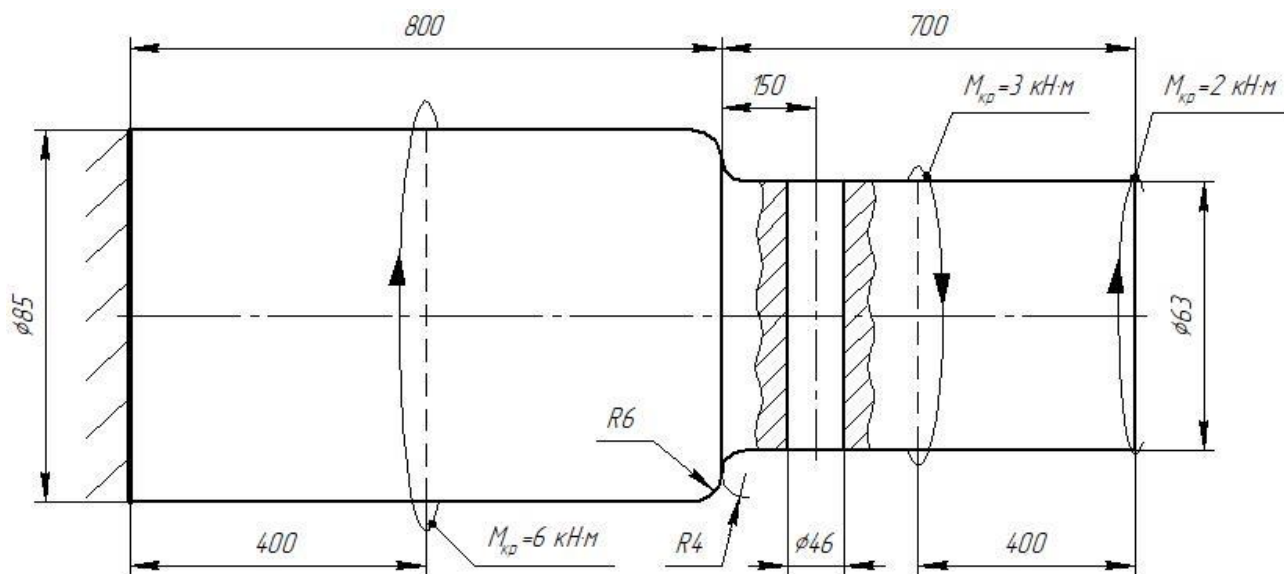


Рис. 1. Расчетная схема для определения вала на прочность и жесткость при кручении

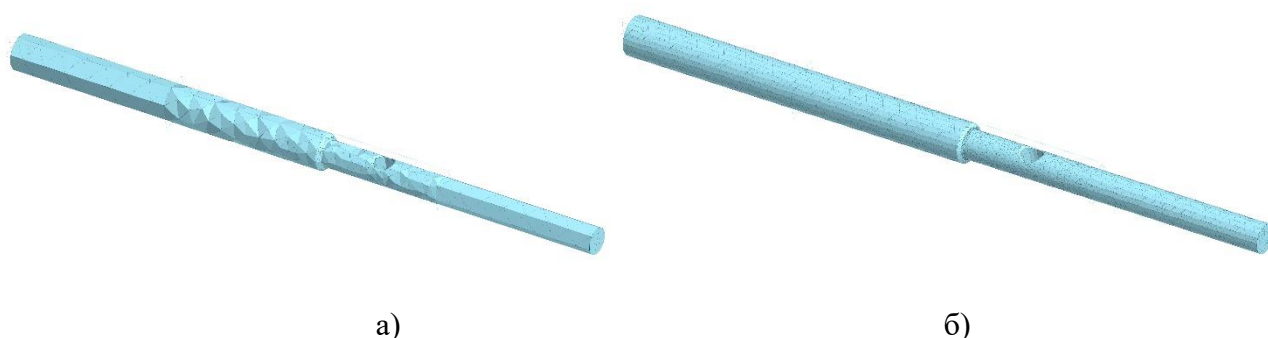


Рис. 2. Топология КЭС, сформированная 10-ти узловыми тетраэдрами по алгоритму:
 а – «Адаптивный»; б – «С постоянной кривизной»

По количеству конечных узлов и элементов КЭС представленные алгоритмы можно условно разделить на три группы по ресурсопотреблению вычислительной техники: I группа – «Равномерная» и «Адаптивная»; II группа – «Сглаженная адаптивная» и «На основе близости»; III группа – «По близости и кривизне» и «С постоянной кривизной».

Таблица 1. Алгоритмы и выходные параметры КЭС

Тип элементов КЭ	п/п	Тип сетки/алгоритма	Конечных элементов	Конечных узлов	Количество степеней свободы
4-узловые тетраэдры	1	Равномерная	417	194	582
	2	Адаптивная	1848	522	1556
	3	Сглаженная адаптивная	5020	1497	4491
	4	На основе близости	5015	1502	4506
	5	По близости и кривизне	18438	5193	15579
	6	С постоянной кривизной	18571	5216	15648
10-узловые тетраэдры	7	Равномерная	413	994	2982
	8	Адаптивная	1829	3263	9789

Тип элементов КЭ	п/п	Тип сетки/алгоритма	Конечных элементов	Конечных узлов	Количество степеней свободы
	9	Сглаженная адаптивная	5016	9260	27780
	10	На основе близости	5010	9264	27792
	11	По близости и кривизне	18418	32821	98463
	12	С постоянной кривизной	18552	32999	98997

Для проверки качества сформированной сетки с позиции достоверности оценки результатов расчетов Компас-3D v23 содержит набор инструментов: WA, TA, AS, JA. Так, у нескольких сеток были выявлены низкие значения по отношению Якобиана КЭ (JA) (рис. 3).

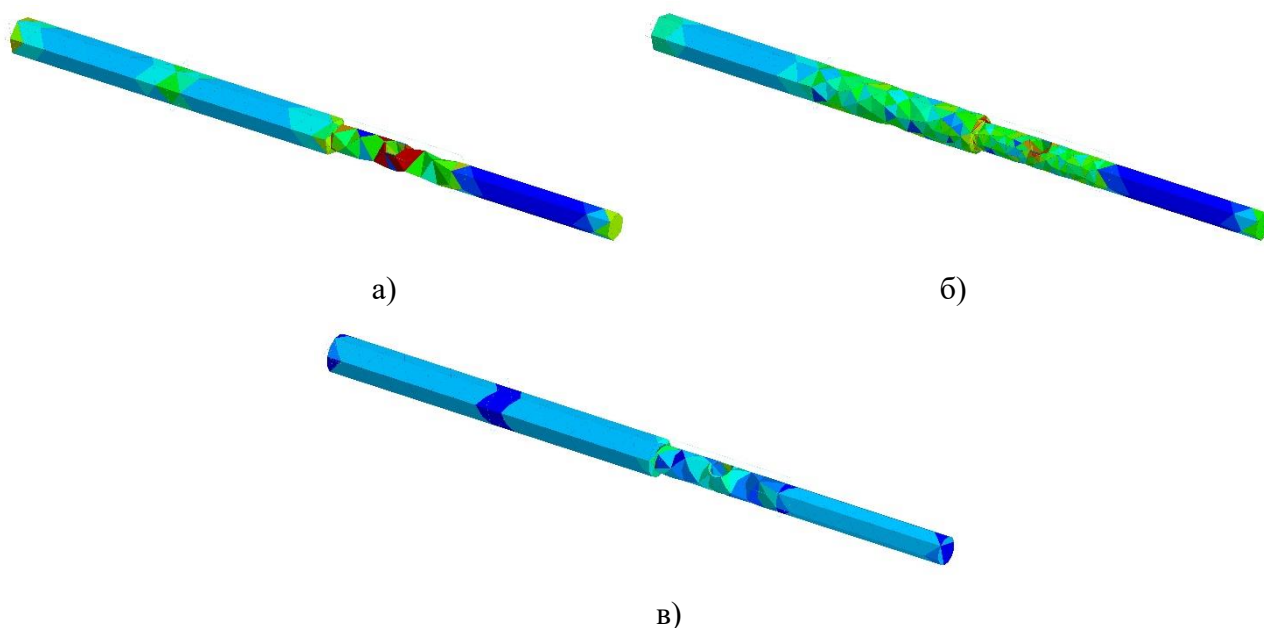


Рис. 3. КЭС, содержащие элементы со значением JA ниже 0.03, сформированные: а – 4-х узловыми тетраэдрами по алгоритму «Равномерная»; б – 4-х узловыми тетраэдрами по алгоритму «Адаптивная»; в – 10-ю узловыми тетраэдрами по алгоритму «Равномерная»

На основании результатов моделирования, представленных в табл. 2, прочность изделия удовлетворительная, поскольку максимальное эквивалентное напряжение (661.17 МПа) не превышает расчётного допустимого (705.5 МПа).

В тоже время, расхождения полученных данных в зависимости от алгоритма генерации КЭС, сформированной 4-х узловыми тетраэдрами составляют: для алгоритмов I группы – более 5 %; II группы – менее 5 %; III группы – менее 1 %.

Расхождения данных с КЭС, сформированной 10-ти узловыми тетраэдрами: для алгоритмов I группы – более 5 %; II группы – менее 2 %; III группы – менее 1 %.

Таблица 2. Результаты линейного статического расчета в зависимости от типа КЭС

Тип элементов КЭ	№ п/п	Эквивалентное напряжение по Мизесу, МПа (min-max)	Суммарное линейное перемещение, мм (min-max)	Коэффициент запаса по пределу текучести (min-max)	Коэффициент запаса по пределу прочности (min-max)
4-узловые тетраэдры	1	3.57-127.49	0-5.95e+10	8.48-10	5.64-10
	2	2.71-65.35	0-2.54	9.34-10	6.27-10
	3	2.07-127.11	0-2.62	9.42-10	3.29-10
	4	1.79-121.11	0-2.7	9.61-10	3.43-10
	5	1.56-169.86	0-3.47	8.88-10	3.06-10
	6	1.41-169.54	0-3.47	8.88-10	3.06-10
10-узловые тетраэдры	7	0.82-121.06	0-3.46	9.13-10	3.43-10
	8	0.3-661.17	0-3.66	5.48-10	2.23-10
	9	0.08-208.1	0-3.71	6.10-10	1.97-10
	10	0.04-204.08	0-3.70	6.27-10	2.02-10
	11	0.02-435.35	0-3.79	2.99-10	0.96-10
	12	0.02-454.20	0-3.79	2.80-10	0.90-10

Таким образом, алгоритм «Равномерный» подходит для решения задач, в которых необходимо оценить общее состояние детали (сборочной единицы) без описания локальных концентраторов напряжений. Формирование сетки осуществляется тетраэдрами одного размера без учета конструктивных особенностей детали.

При «Адаптивном» алгоритме сеточный генератор учитывает крупные особенности геометрии: сопряжения, фаски, отверстия и т.п. Однако описание мелких по размеру конструктивных элементов, остается неточным и высока вероятность деформации сетки. Алгоритмы «Сглаженная адаптивная» и «На основе близости» уплотняют сетку на узких участках детали.

Наиболее ресурсозатратными являются алгоритмы «По близости и кривизне» и «С постоянной кривизной», которые учитывают узкие участки геометрии, а также участки с кривизной. При этом формируется достаточное количество элементов КЭС для точного описания модели.

Грамотный выбор алгоритма формирования КЭС позволяет получать достоверные результаты расчета в условиях экономии ресурсов вычислительной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легкова И. А. Применение прочностного расчета конструкций в Компас-3D при подготовке специалистов пожарной охраны / И. А. Легкова, В. П. Зарубин, Н. О. Бык, А. Г. Оганин // Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XII Международной научно-практической конференции, посвященной году гражданской обороны, Иваново, 2017. – С. 496-499.
2. Пустовалов, И. А. Создание библиотек в системе автоматизированного проектирования "Компас-3D" для оформления документации в области пожаротушения / И. А. Пустовалов, Д. В. Фролов, О. В. Токарева // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 2024. – С. 401-404.
3. Костяев В. И., Тазудинов А. Н., Дьяконов А. И. Расчет конструкций в Компас-3D с применением прикладной библиотеки APM FEM // Автомобилестроение: проектирование, конструирование, расчет и технологии ремонта и производства. – 2023. – С. 306-311.

4. Магомедов А., Алехин А. Интегрированный конечно-элементный анализ в КОМПАС-3D //Машиностроение и смежные отрасли. – 2010. – Т. 8. – С. 60.

5. Исмагилов Ф. Р. Исследование возможности применения титанового сплава ВТ8 в качестве материала вала электродвигателя мощностью 1,5 МВт / Ф. Р. Исмагилов, В. Е. Вавилов, А. А. Жеребцов, А. М. Нуриева // Мавлютовские чтения : Материалы XV Всероссийской молодежной научной конференции. Уфа, 2021. Т. 3 – С. 207-209.

УДК 004.02, 621.9

А.А. Романова, Е.В. Егорычева

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ 3D-ПРОТОТИПИРОВАНИЯ И ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Аннотация: в статье рассмотрено прототипирования помещения школы с помощью сред Компас-3D и Blender с учетом требований противопожарной безопасности с последующей интеграцией модели в виртуальную реальность. В работе учтены требования пожарной безопасности, а также использованы методы параметрического моделирования. Рассмотрены вопросы соблюдения правил и нормативов пожарной безопасности на этапе проектирования объекта, применения технологий параметризации на этапе моделирования.

Ключевые слова: прототипирование, пожарная безопасность, требования ПБ к ДОУ, программная среда Blender, Компас-3D, программное обеспечение (ПО), 3D-модель, виртуальная реальность (VR), интеграция, движок Unity, VR-среда, VR-контроллеры, скрипты.

A.A. Romanova, E.V. Egorycheva

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF CREATING A 3D MODEL OF A ROOM WITH OBJECTS AND ITS INTEGRATION INTO VIRTUAL REALITY

Abstract: The article discusses the prototyping of school building using Compass-3D and Blender environments, taking into account fire safety requirements, followed by the integration of the model into virtual reality. The work takes into account the requirements of fire safety, and also uses parametric modeling methods. The issues of compliance with fire safety rules and regulations at the design stage of the facility, the use of parameterization technologies at the modeling stage are considered.

Keywords: prototyping, fire safety, safety requirements for preschool educational institutions, Blender software environment, Compass-3D, software, 3D model, virtual reality (VR), integration, Unity engine, VR environment, VR controllers, scripts.

Современные технологии 3D-моделирования и виртуальной реальности (VR) играют важную роль в проектировании зданий, позволяя не только визуализировать архитектурные решения, но и анализировать их соответствие различным требованиям безопасности, в частности требованиям противопожарной безопасности [1, 3]. Одним из аспектов противопожарной безопасности является обеспечение противопожарных

норм, направленных на защиту жизни и здоровья людей, а также на предотвращение ущерба от пожаров. В традиционной практике проектирования помещений используется анализ нормативной документации и двухмерные чертежи, но эти методы не всегда позволяют полноценно оценить эффективность проектных решений.

В данной работе рассматривается использование технологий 3D-моделирования и VR для оценки соблюдения правил противопожарных норм при проектировании помещений школы (рис. 1). Проектирование классов и коридоров школы является важным этапом в создании комфортной и безопасной среды для развития и образования детей, поэтому при моделировании пожарная безопасность является одной из ключевых задач. Требования пожарной безопасности регламентируются в целом комплексе нормативных документов, примером которых могут служить следующие: Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», СП 1.13130.2009, СП 4.13130.2013, СП 118.13330.2012, СП 1.13130.2020, СП 484.1311500.2020, СП 485.1311500.2020, СП 486.1311500.2020. В ГОСТ Р 12.2.143-2009 прописаны все требования к планам эвакуации.

Процесс 3D-прототипирования помещений школы включал в себя два этапа. На первом этапе была создана трехмерная модель классов и коридоров в среде Компас-3D. Использование параметрического моделирования позволило оптимизировать расположение дверных проемов и оконных проемов, а также размеров помещения в соответствии с нормативами пожарной безопасности. Были рассмотрены такие нормативы как, ширина дверных проемов не менее 80 см и высота от 2 м, размещение окон на высоте не менее 1 м, с минимальными размерами 60х90 см, использование негорючих материалов для отделки. Далее готовая геометрическая модель была перенесена в систему Blender для добавления элементов интерьера. При этом учитывались требования доступа к аварийным выходам и средствам пожаротушения, оснащение обязательными элементами противопожарной безопасности. К таким элементам относятся знаки пожарной безопасности, планы эвакуации, огнетушители и кнопки пожарной сигнализации.

Для более детального анализа соблюдения норм пожарной безопасности готовая 3D-модель была импортирована в систему виртуальной реальности. Использование позволило провести визуальный аудит проектного решения в масштабе 1:1, что существенно улучшило восприятие пространства и упрощает возможные несоответствия.

Для работы с виртуальной реальностью использовался движок Unity. На первом этапе интеграции модели необходимо было настроить проект, сделав выбор соответствующих настроек, таких как активацию поддержки виртуальной реальности, а также выбор платформы VR - Oculus Rift [1, 2]. Далее в процессе интеграции была создана новая сцена и размещен персонаж виртуальной реальности, необходимый для взаимодействия с виртуальным миром. Для обеспечения функциональности VR к игровому объекту были добавлены VR-камера, контроллеры, для которых были написаны скрипты на языке программирования C#. Завершающим этапом была реализация пользовательского ввода и взаимодействий, включающая в себя настройку ввода с контроллера, добавление анимации рук и обратной связи, а также реализацию движения. Запуск приложения VR для тестирования и анализа были использованы приложения Oculus и SteamVR.

В ходе VR анализа были проверены соблюдения правил противопожарных норм при проектировании помещений школы. Были проанализированы следующие правила:

1) доступность эвакуационных путей. Виртуальный обход помещений позволил убедиться, что расстановка мебели и оборудования не препятствуют эвакуации, а коридоры и дверные проемы соответствуют нормативам.

2) размещение знаков пожарной безопасности. Была проведена оценка видимости знаков с различных точек помещения, что важно для быстрой ориентации в случае пожара.

3) размещение кнопок пожарной сигнализации, планов эвакуации и огнетушителей. Было проверено, что элементы располагаются в легкодоступных местах, а высота их расположения соответствует нормативам.

В результате анализа были выявлены незначительные отклонения от нормативов - два знака пожарной безопасности находились вне зоны видимости. После внесения корректировок модель была повторно протестирована в VR, что подтвердило соответствие всем требованиям [3, 4].

Таким образом, использование технологий 3D-прототипирования и виртуальной реальности значительно повышает точность проектирования и позволяет заранее выявить потенциальные нарушения норм безопасности. VR-визуализация позволяет не только проверить соответствие нормативам, но и оценить удобство расположения элементов противопожарной защиты в реальных условиях эксплуатации. Такой подход позволяет минимизировать ошибки на этапе проектирования, что в конечном итоге способствует созданию безопасной среды для детей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лиовес Дж. Виртуальная реальность в Unity / ДМК Пресс, 2016. 316 с.
2. Папагианнис Х. Дополненная реальность. Все, что вы хотели узнать о технологии будущего / Бомбора, 2019. 384 с.
3. Чичулин А. Виртуальная реальность. Технология будущего, которое уже наступило! / ЛитРес, 2021. 96 с.
4. Егорычева Е.В., Тюрина С.Ю., Сидоров А.А., Орлова Е.В. Инновационные образовательные технологии в техническом вузе / Современные наукоемкие технологии. 2021. № 6-2. С. 312-316.

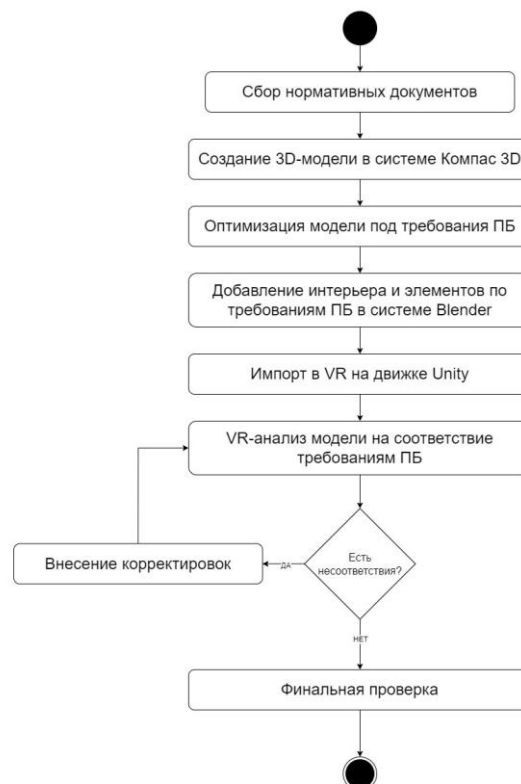


Рисунок. Диаграмма деятельности

УДК: 004.02, 621.9

А.А. Романова, Е.В. Егорычева

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ МАКЕТОВ ПО ПРОТИВОПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С СОЗДАНИЕМ ЭФФЕКТА ОГНЯ

Аннотация: в данной статье рассмотрены методы создания реалистичного эффекта огня для создания цифровых макетов по противопожарной безопасности в системе трехмерного моделирования и визуализации Blender 3D. Исследуются различные подходы, включая использование частиц, шейдеров, симуляций на основе физики и постобработки. Особое внимание уделяется оптимизации процессов для достижения баланса между качеством визуализации и производительностью. Результаты исследования демонстрируют эффективность предложенных методов и их применимость в различных сценариях использования.

Ключевые слова: программная среда Blender, эффект огня, система частиц, шейдеры, физические симуляции, визуализация, визуальные эффекты, противопожарная безопасность.

A.A. Romanova, E.V. Egorycheva

DEVELOPMENT OF DIGITAL FIRE SAFETY LAYOUTS WITH THE CREATION OF A FIRE EFFECT

Abstract: the article discusses methods for creating a realistic fire effect for creating digital fire safety layouts in the Blender 3D three-dimensional modeling and visualization system. Various approaches are being explored, including the use of particles, shaders, physics-based simulations, and postprocessing. Special attention is paid to optimizing processes to achieve a balance between visualization quality and performance. The results of the study demonstrate the effectiveness of the proposed methods and their applicability in various use scenarios.

Keywords: blender software environment, fire effect, particle system, shaders, physical simulations, visualization, visual effects, fire safety.

Создание реалистичных визуальных эффектов, таких как огонь, играет ключевую роль в различных областях компьютерной графики, от киноиндустрии до инженерных симуляций. Программная среда Blender 3D является мощным инструментом для создания трехмерной графики, анимации и визуальных эффектов. Данное ПО представляет широкие возможности для моделирования и визуализации огня с использованием различных методов [1]. Данное исследование направлено на анализ и изучение существующих методов создания эффекта огня в Blender 3D и оценку их применимости для разработки цифровых макетов по противопожарной безопасности.

Подготовка специалистов в области противопожарной безопасности является сложным и ответственным процессом, требующим детального изучения поведения огня, методов его тушения и стратегий эвакуации. Для эффективного обучения недостаточно теоретических знаний – необходимы практические тренировки, позволяющие моделировать различные сценарии пожаров. В этом процессе значительную роль

могут сыграть цифровые макеты, которые предоставляют уникальную возможность безопасно отрабатывать навыки тушения и реагирования на чрезвычайные ситуации.

В отличие от традиционных методов обучения, таких как теоретические лекции и физические тренировки, цифровые макеты дают возможность создать интерактивные симуляции [2], в которых можно безопасно воспроизводить даже сложные и опасные ситуации. Это особенно важно для обучения пожарных, спасателей и инженеров противопожарной безопасности, которые должны уметь быстро принимать решения в реальных условиях. Кроме того, цифровые макеты могут быть использованы для анализа последствий пожаров, что поможет разрабатывать более эффективные стратегии пожаротушения и улучшать системы безопасности на промышленных объектах, в жилых комплексах и общественных зданиях. Они могут применяться при проектировании зданий, обеспечивая анализ рисков и оптимизацию расположения средств пожаротушения.

Также цифровые макеты могут быть полезны не только специалистам, но и широкому кругу пользователей. Они могут использоваться для обучения граждан противопожарной безопасности и демонстрации правильных действий при возникновении возгорания. Например, интерактивные симуляции могут быть встроены в образовательные программы для школ, инструктажи на предприятиях и даже мобильные приложения для обучения населения. Это поможет повысить уровень осведомлённости людей о пожарах и снизить риски возникновения чрезвычайных ситуаций. Поэтому, визуализация огня для цифровых макетов требует высокой степени реализма и физической достоверности. Понимание различных методов создания данного эффекта помогает разработчикам выбирать оптимальные решения в зависимости от задач и доступных ресурсов.

Обзор возможностей Blender 3D показал наличие нескольких инструментов для создания эффекта огня, включая модуль симуляции жидкости (Fluid Simulation), системы частиц (Particle Systems), воксельные симуляции (Voxel-Based Simulations) и процедурные текстуры [3]. Каждый из этих подходов имеет свои особенности, преимущества и ограничения. Симуляция жидкости в Blender позволяет моделировать поведение огня как текучей среды. Данный метод предполагает использование физически корректных моделей горения и конвекции, что делает его подходящим для реалистичных симуляций. Основными этапами настройки симуляции являются: создание домена для симуляции, настройка источника огня и дыма, регулировка параметров, таких как разрешение симуляции и количество кадров. Преимущества включают высокую точность и детализированное взаимодействие с окружающей средой, однако вычислительные затраты остаются значительными. Метод подходит для реалистичных симуляций, где важно показать точное поведение огня.

Системы частиц предоставляют гибкий инструмент для создания эффекта огня, особенно в случаях, когда требуется художественное представление пламени. Данный метод является одним из наиболее распространенных методов создания эффекта огня. Частицы могут быть настроены для имитации пламени, искр и дыма. Основные параметры, которые необходимо настроить включают в себя: скорость и направления частиц, размер и их форму, время жизни частиц и взаимодействие с окружающей средой (например, гравитация и ветер). Главное преимущество данного метода – высокая степень контроля над визуальными аспектами, однако метод менее точен с точки зрения физической симуляции. Подходит для случаев, где не требуется глубокая физическая точность.

Воксельные симуляции основываются на разделении пространства на небольшие кубические элементы – воксели, что позволяет точно моделировать распространение огня в трехмерной среде. Этот метод хорошо подходит для сложных сценариев, таких как распространение огня по объектам с неравномерной структурой, но требует значительных вычислительных ресурсов.

Процедурные текстуры и шейдеры позволяют создать визуальный эффект огня без использования симуляций. Шейдеры часто играют ключевую роль в создании эффекта. В Blender можно использовать ноды в редакторе материалов для создания сложных эффектов, таких как свечение, прозрачность и цветовые переходы. Основные элементы шейдера для огня включают: нод Emission для создания свечения, нод ColorRamp для настройки цветовых переходов, а также нод Noise Texture для имитации турбулентности пламени. Этот метод эффективен для создания стилизованных или абстрактных изображений, а также подходит для случаев, когда важна производительность и требуется минимальная нагрузка на систему (рисунок).

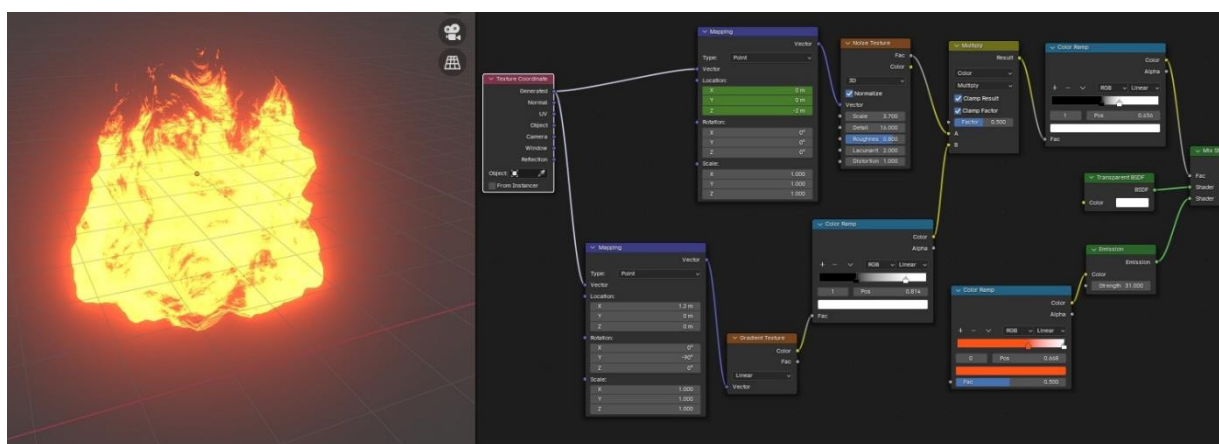


Рисунок. Создание визуального эффект огня

Применение данных технологий при разработке цифровых макетов противопожарной безопасности может значительно повысить эффективность подготовки персонала, анализа происшествий и разработки новых методов пожаротушения. Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на улучшение реалистичности симуляций и оптимизацию вычислительных затрат. Внедрение в будущем искусственного интеллекта и технологий машинного обучения в процесс моделирования огня может позволить создать более точные предсказательные модели его распространения, что особенно важно для оперативного реагирования на чрезвычайные ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серова М. Н. Учебник-самоучитель по графическому редактору Blender 3D. Моделирование и дизайн / М. Н. Серова. – Солон-пресс, 2021. – 272 с. – Текст: непосредственный.
2. Егорычева Е.В., Тюрина С.Ю., Сидоров А.А., Орлова Е.В. Инновационные образовательные технологии в техническом вузе / Современные наукоемкие технологии. 2021. № 6-2. С. 312-316.

3. Слакв А. Инструменты моделирования в Blender – Текст: электронный. – URL: https://litgu.ru/knigi/design_grafika/336654-instrumenty-modelirovaniya-v-blender.html

УДК 629.3.032.2:629.3.027

В.В. Рябинин, В.В. Терентьев
ФГБОУ ВО "Верхневолжский ГАУ"

КОЛЕСНАЯ МУФТА СВОБОДНОГО ХОДА ДВУХСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ

Аннотация: В статье рассматриваются преимущества и недостатки различных вариантов построения полного привода. Предлагается к применению конструкция автоматической муфты свободного хода двухстороннего действия, сохраняющей высокую подвижность и улучшающей топливную экономичность полноприводного автомобиля с заблокированным приводом мостов.

Ключевые слова: полноприводный автомобиль, привод мостов, колесная муфта, соединение колес с трансмиссией

V.V. Ryabinin, V.V. Terentyev

DOUBLE-ACTING FREEWHEELING WHEEL CLUTCH

Abstract: The article discusses the advantages and disadvantages of various options for building a four-wheel drive. The design of a two-way automatic freewheel clutch is proposed for use, which preserves high mobility and improves fuel efficiency of an all-wheel drive vehicle with a locked axle drive.

Keywords: four-wheel drive car, axle drive, wheel clutch, wheel coupling with transmission

Дорожные условия оказывают существенное влияние на технико-эксплуатационные и экономические показатели использования автомобилей. В плохих дорожных условиях нецелесообразно использовать неполноприводные автомобили ограниченной проходимости, которые в данных условиях движения проигрывают в скорости передвижения и топливной экономичности полноприводным автомобилям повышенной проходимости. В свою очередь, из-за высоких потерь при передаче мощности от двигателя к ведущим колесам полноприводные автомобили на сухих укатанных грунтовых дорогах или на дорогах с твердым покрытием становятся менее экономичными.

Учитывая основное назначение автомобиля, под проходимостью нужно понимать не только обеспечение его подвижности, но и способность производить полезную работу в определенных, конкретных условиях эксплуатации с наибольшей эффективностью. Это означает, что автомобиль в заданных условиях должен выполнять свои функции за наиболее короткое время и с наименьшими затратами. Таким образом, проходимость автомобиля является комплексным показателем, характеризующим подвижность и экономичность. Однако увеличение проходимости автомобиля, как правило, связано с ухудшением его экономических показателей при использова-

нии на хороших дорогах. Поэтому при разработке конструкции автомобилей высокой проходимости нужно стремиться к тому, чтобы они не уступали полноприводным автомобилям в экономичности. [1]

Хотя полноприводные автомобили дороже в приобретении и в обслуживании, все это компенсируется сокращением потерь при транспортировке груза в плохих дорожных условиях. В случае приведения показателей топливной экономичности полноприводных автомобилей при эксплуатации на хороших дорогах к значениям присущим для не полноприводных автомобилей появится большая заинтересованность в их приобретении. Данный тип транспорта обеспечивает транспортные связи как на дорогах с твердым покрытием, так и по не подготовленным грунтам.

Конструкции полноприводных автомобилей различны, но все их разнообразие сводится к использованию трех вариантов привода мостов: дифференциального (постоянного полного привода), блокированного (с отключением одного из мостов) и блокированного с автоматическим включением режима полного привода.

При постоянном полном приводе – «Full Time» в состав трансмиссии вводят межосевой дифференциал, как правило, с возможностью его блокировки. Данная схема отличается постоянной готовностью к преодолению труднопроходимых участков, равномерным и меньшим износом шин, лучшей устойчивостью на обледенелых дорогах. При движении заблокированным межосевым дифференциалом проходимость высока, как и у автомобилей с заблокированным приводом. Отсутствие возможности блокировки межосевого дифференциала приводит к тому, что суммарная сила тяги на ведущих колесах оказывается меньше на 10..15 % по сравнению с заблокированным приводом или с заблокированным межосевым дифференциалом. Данный вид полного привода является наиболее дорогостоящим и сложным, придает автомобилю худшую топливную экономичность в хороших дорожных условиях.

Если привод мостов осуществляется через ряд шестерен и кинематическая связь между мостами жесткая, то такой привод называется блокированным. При его использовании в хороших условиях сцепления колес с дорогой, возникает циркуляция мощности, которая способна удвоить нагрузку на привод колес, вызвать ускоренный износ и поломку элементов трансмиссии. Циркуляция мощности возникает из-за того, что проходимость передними и задними колесами путь различен, что определено неравенством радиусов колес (различное давление воздуха в шинах, износ протектора, нагрузка, неровности дороги, и т.д.). Поскольку колеса жестко связаны между собой и вращаются с одинаковой угловой скоростью, то колеса с большим радиусом тянут автомобиль «за двоих», а колеса с меньшим радиусом скользят, мешая движению. Циркулирующая мощность не может быть использована для преодоления внешних сопротивлений и является паразитной. Для предотвращения поломок в хороших дорожных условиях, требуется отключение одного из ведущих мостов, то есть его временное использование – «part-time».

Такая трансмиссия проста, надежна, но не отличается постоянной «готовностью» к преодолению труднопроходимых участков. При перемещении по разнородным дорогам (например, съезд с асфальта на грунтовую дорогу в период распутицы, дальнейшее движение по гравийной дороге, и т.д.) необходимо постоянно подключать и затем выключать передний мост, либо перемещаться в полноприводном режиме, рискуя потерять подвижность, застрять.

В системах блокированного привода «on demand» или «по требованию», автомобиль едет в режиме не полного привода, пока ведущие колеса не проскальзывают. При некотором уровне проскальзывания система с помощью муфты, как правило, фрикционной подключает мост, устанавливая полный привод. Такие системы обеспечивают подвижность, но при подключении или отключении моста муфтой изменяется нагрузка на двигатель, меняется характер его движения и в эти моменты от водителя требуется корректировка управления автомобилем. Для длительного движения по бездорожью такой привод не приспособлен, муфта, работа которой основана на трении, перегревается, и система управления отключает режим полного привода (после остывания работоспособность восстанавливается). Наблюдается также износ пакетов фрикционов.

С точки зрения обеспечения подвижности автомобиля при высокой топливной экономичности предпочтительнее использование отключаемого полного привода - «part-time». Режим полного привода используется лишь для преодоления труднопроходимых участков или на обледенелых дорогах с некоторым ограничением допустимой скорости движения. В среднем лишь 5% пробега осуществляется в режиме полного привода. При движении с отключенной осью, потери мощности в трансмиссии можно свести к минимуму и приблизиться к топливной экономичности неполноприводного автомобиля используя колесные муфты свободного хода.

Колесными муфтами (free wheel hub) называют устройства, отсоединяющие колеса от полуосей. В режиме не полного привода, перекатывающиеся колеса отключенного моста вовлекают во вращение элементы его привода, оказывая дополнительное сопротивление движению автомобиля, вызывая износ, повышая шум и вибрации в салоне автомобиля. Разрыв связи между колесами и их приводом снижает сопротивление качению, а значит, и снижает и расходы топлива продлевает срок службы привода.

Колесные муфты свободного хода бывают автоматическими и «ручными». Наиболее надежны «ручные» муфты, гарантированно обеспечивающие привод колес. Однако они не удобны в использовании. Для управления ими водитель должен покинуть салон и провести определенные манипуляции с загрязненной крышкой ступичной муфты. Автоматические же муфты включаются при включении режима полного привода самостоятельно, а для их отключения требуется проехать задним ходом. Есть возможность разблокировки муфт в ситуации, когда застрявший автомобиль водитель старается вытащить из грязи, применяя метод «раскачки», или автомобиль скатывается с горки назад, что в условиях тяжелого бездорожья приводит к неприятным последствиям. При длительной эксплуатации надежность соединения колес с трансмиссией у таких муфт снижается.

Предлагаемое устройство муфты свободного хода по принципу работы описанному в [2] лишено этого недостатка, так как передает крутящий момент на ступицу колеса в обоих направлениях и не содержит фрикционных элементов.

Предлагаемая конструкция муфты схематично представлена на (рисунок). Она состоит из корпуса 1 болтами закрепленного на ступице колеса. На внутренней поверхности корпуса выполнены зубья треугольной формы. В режиме полного привода в зацепление с ними входят пальцы 3 имеющие ступенчатую конструкцию. В радиальном направлении пальцы 3 перемещаются за счет скольжения по лыскам кулачковой муфты 5. Кулачковая муфта 5 приводится от шарнира равных угловых скоростей и на ней надета ведущая муфта 4. В муфту 5 вкручены винты 9 находящиеся в пазах

ведущей муфты 4. В муфте 4 выполнены прямоугольные вырезы, в которые установлены пальцы 3.

К неподвижному стакану 10 прижимается тормоз 2 с накладкой 11. Тормоз 2 представляет собой две части разрезанного цилиндра, которые сжимаются пружинами 8. Половинки тормоза 2 находятся в соединении с ведущей муфтой 4 при помощи осей 7 и планок 6.

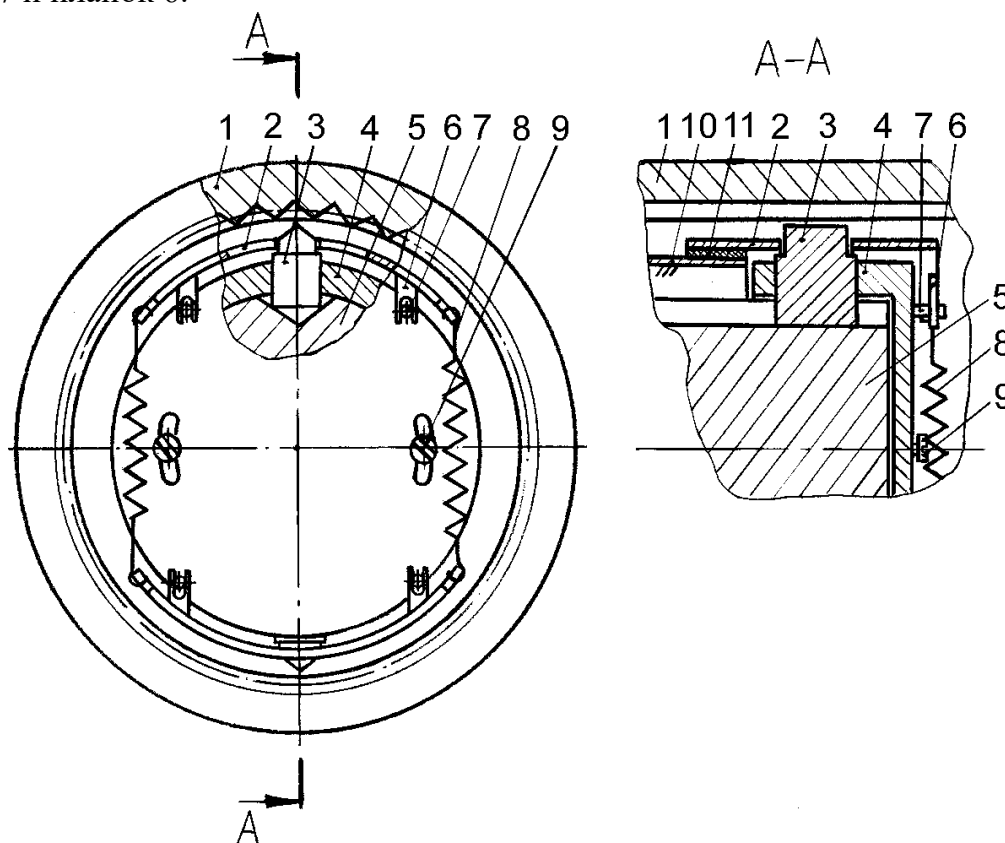


Рисунок. Муфта свободного хода ступицы колеса двухстороннего действия:
1 — корпус; 2 — тормоз; 3 — палец; 4 — ведущая муфта; 5 — кулачковая муфта;
6 — планка; 7 — ось; 8 — пружина тормоза; 9 — упорный винт;
10 — стакан неподвижный; 11 — фрикционная накладка

При включении полного привода в раздаточной коробке, во вращение приходит муфта 5. Заторможенная тормозом 2 муфта 4 удерживает пальцы 3 от движения вслед за кулачковой муфтой. Вращение муфты 5 относительно неподвижных пальцев 3 вызывает их выдвижение. Когда пальцы 3 войдут в зацепление на полную высоту зуба с корпусом 1, ступеньки на пальцах 3 приподнимут тормоз 2 над стаканом 10, сила трения в тормозе не будет создавать сопротивления вращению ведущих колес. Удержание пальцев во включенном состоянии обеспечивается несовпадением частоты вращения колес и муфты 5. Скорость вращения ступицы колеса будет меньше, чем кулачковой муфты 5 хотя бы, из-за процесса «упругого» проскальзывания. Таким образом, при включении переднего моста происходит автоматическое соединение передних колес с трансмиссией.

При выключенном полном приводе, муфта 5 становится неподвижной. Перекачивающиеся передние колеса смещают пальцы 3 во впадины муфты 5. Пальцы выхо-

дят из зацепления с корпусом 1, разрывая связь между трансмиссией и колесом.

При движении вперед или задним ходом муфта работает аналогично, поэтому полный привод будет обеспечен при любом направлении движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. - М.: Машиностроение, 1981.- 231 с.
2. Патент на полезную модель № 110196 U1 Российская Федерация, МПК G05D 13/00, F16H 48/20. Устройство автоматического отключения передних колес от трансмиссии : № 2011109269/11 : заявл. 11.03.2011 : опубл. 10.11.2011 / В. В. Рябинин, А. В. Постников, В. А. Масленников ; заявитель ФГОУ ВПО "Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени академика Д.К. Беляева". – EDN LHXEZL.
3. Рябинин, В. В. Муфта свободного хода ступицы ведущего колеса двухстороннего действия / В. В. Рябинин, И. А. Телегин, В. Терентьев // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России : Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 29–30 ноября 2021 года. Том 2. – Иваново: Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. акад. Д.К. Беляева, 2021. – С. 57-59. – EDN HWOHNS.

УДК 620

К.Б. Сайнароев¹, А.В. Топоров¹, С.П. Данилов²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²ООО Крайтекс- Ресурс

РАЗРАБОТКА СПОСОБА И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ ОДНИМ ПОЖАРНЫМ

Аннотация: Одним из сложных аспектов при тушении пожаров и проведении спасательных операций является необходимость перемещения автомобилей. Вручную это делать крайне трудно, поэтому предложено использовать метод вращения колес. Для этого предлагается специальный инструмент, аналогичный гвоздодеру, который вставляется между спицами колеса и упирается в ступицу. Для упрощения процесса перемещения предлагается использовать специально разработанное приспособление, состоящее из металлической пластины, вала, рычага и фиксирующих механизмов.

Ключевые слова: тушение пожаров, спасательные операции, перемещение автомобилей, вращение колес, приспособление, испытания, надежность, безопасность

K.B. Sainaroev, A.V. Toporov, S.P. Danilov

DEVELOPMENT OF A METHOD AND DEVICE FOR MOVING A LIGHT VEHICLE BY A SINGLE FIREFIGHTER

Abstracts: One of the challenging aspects of fighting fires and conducting rescue operations is the need to move vehicles. It is extremely difficult to do this manually, so it is suggested to use the method of rotating the wheels. For this purpose, a special tool similar to a crowbar is proposed, which is inserted between the spokes of the wheel and rests against the hub. To simplify the process

of moving, it is proposed to use a specially designed device consisting of a metal plate, a shaft, a lever, and fixing mechanisms.

Keywords: firefighting, rescue operations, vehicle movement, wheel rotation, device, testing, reliability, safety

Одной из трудностей при ликвидации пожаров и выполнении спасательных операций является необходимость перемещения транспортных средств. Толкать машину вручную весьма непросто. Вместо этого предлагается вращать её колёса. Для этого необходимо использовать гвоздодёр, вставив его снаружи между спицами колеса и уперев изнутри в ступицу (см. рисунок). Затем, нажимая на выступающую часть инструмента, повернуть колесо. Выступающая часть гвоздодёра действует как рычаг, создавая достаточное усилие для сдвига автомобиля.

Во время испытаний человек среднего телосложения смог переместить автомобиль Hyundai Accent на расстояние около 2 метров по ровной поверхности. Используя деревянный брусок в качестве упора под колесо, удалось поднять автомобиль на высоту около 50 мм на каждый метр. Машина находилась на нейтральной передаче. Перемещение производилось за счет вращения передних колес. При попытках вращения задних колес наблюдалось их проскальзывание по поверхности. Также было замечено, что при вращении передних колес, особенно если они повернуты, руль поворачивался, и колеса устанавливались в осевое положение.

Чтобы сделать процесс перемещения более удобным и эффективным [2] предлагается вместо инструмента хулиган использовать специальное приспособление.

Приспособление для поворота колес автомобиля с целью его перемещения может выглядеть следующим образом:

Основные компоненты:

1. Основание: Прочная металлическая пластина с отверстиями для крепления к автомобилю (например, к подвеске или другим доступным элементам).

2. Вал: Металлический вал, установленный перпендикулярно основанию и проходящий через центр вращения колеса. Вал оснащен фиксаторами для надежного крепления к колесу.

3. Рычаг: крепится к валу и выходит наружу от основания. Рычаг может иметь регулируемую длину для удобства использования.

4. Фиксирующие механизмы: Специальные зажимы или болты для надежной фиксации приспособления к автомобилю и обеспечения безопасности при перемещении.

Принцип работы:

1. Приспособление устанавливается на автомобиль путем крепления основания к подходящим элементам подвески или кузова.

2. Вал пропускается через центр вращения колеса и надежно фиксируется с помощью специальных зажимов.

3. Рычаг используется для приложения усилий и поворота колеса, что приводит к перемещению автомобиля.

Преимущества:

1. Простота конструкции и легкость в использовании.

2. Возможность регулировки длины рычага для адаптации к различным условиям.

3. Надежная фиксация и безопасность при перемещении автомобиля.

Рисунок. Способ перемещения
легкового автомобиля



Это приспособление позволит эффективно перемещать автомобили без необходимости толкать их вручную, что особенно полезно в условиях ограниченного пространства или при отсутствии физической силы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дьячек, Д. А. Проблемные вопросы эвакуации автомобильной техники в войсках Национальной гвардии Российской Федерации и пути их решения / Д. А. Дьячек, Д. П. Поправко, Д. С. Прощалыкин // Наука и военная безопасность. – 2020. – № 4(23). – С. 74-79.
2. Топоров, А. В. Перспективы создания пожарных микроавтомобилей / А. В. Топоров, В. В. Киселев, О. И. Орлов // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Обеспечение безопасности при чрезвычайных ситуациях : Материалы VII Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 24 сентября 2015 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2015. – С. 189-191.

УДК 531.768

Н.Л. Сафонова

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

МОДЕЛЬ ЗАМКНУТОЙ ЕМКОСТНОЙ СИСТЕМЫ АКСЕЛЕРОМЕТРА

Аннотация: Разнообразие конструкций и материалов в МЭМС-устройствах может привести к различным механизмам отказа, включая подвижные части конструкции. Усталостные свойства материалов и старение при циклической нагрузке могут привести к отказу, что влияет на надежность устройства. В работе проанализирована модель замкнутой емкостной системы акселерометра.

Ключевые слова: микроэлектромеханические системы, емкостные акселерометры, функциональная схема, интегральная схема, метод коррелированной двойной выборки.

N.L. Safonova

A MODEL OF A CLOSED CAPACITIVE ACCELEROMETER SYSTEM

Abstracts: The variety of designs and materials in MEMS devices can lead to various failure mechanisms, including moving parts of the structure. The fatigue properties of materials and aging under cyclic load can lead to failure, which affects the reliability of the device. The paper analyzes a model of a closed capacitive accelerometer system.

Keywords: microelectromechanical systems, capacitive accelerometers, functional circuit, integrated circuit, correlated double sampling method.

Микроэлектромеханические системы (МЭМС) представляют собой устройства, объединяющие в себе микроэлектронные и микромеханические компоненты. В современном мире сложно найти системы, которые не используют датчики, созданные по этой технологии.

Обеспечение надёжности микроэлектромеханических систем (МЭМС) — важная задача, стоящая перед разработчиками. Из-за сложности и специфики конструкций и технологий производства МЭМС, эти системы могут быть подвержены различным неисправностям как во время производства, так и в процессе эксплуатации. Для того чтобы микромеханические акселерометры (ММА) работали надёжно и стабильно, необходимо учитывать различные типы помех на этапе проектирования чувствительного элемента (ЧЭ) и всей конструкции датчика, а также на протяжении всего жизненного цикла этих устройств. [1]

Среди акселерометров наиболее распространены ёмкостные. Они работают так: измеряют ёмкость заряда двух одинаковых конденсаторов, на которые воздействует движущаяся масса. Когда масса движется, конденсаторы сближаются, и ёмкость заряда меняется. По величине этого изменения можно определить линейное ускорение.

Схема системы акселерометра с замкнутым контуром показана на рис. 1, где $a(s)$ - эквивалентное входное ускорение, а $v(s)$ - сигнал выходного напряжения.

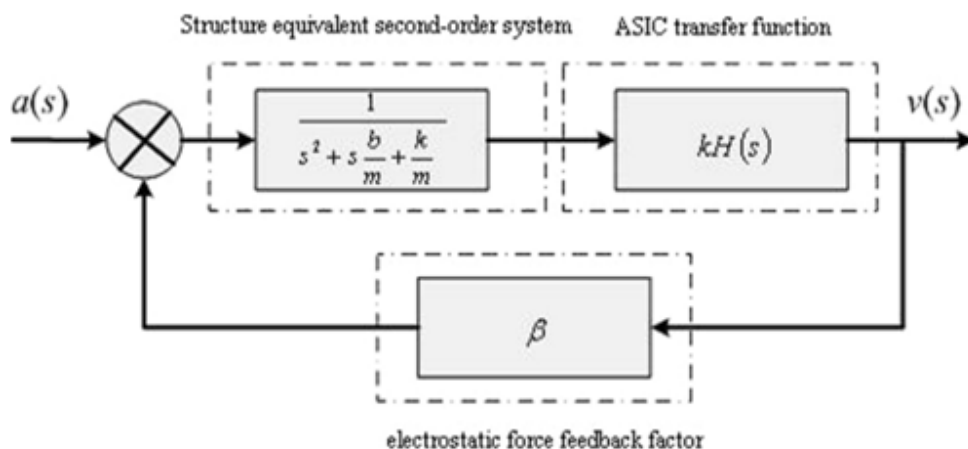


Рис. 1. Функциональная схема ёмкостного замкнутого акселерометра

Схема ASIC (интегральная схема специального назначения) включает в себя схему сигнала обнаружения и часть цифровой синхронизации. Схема сигнала обнаружения входа в основном преобразует сигнал ускорения в аналоговый выходной сигнал напряжения. Он обеспечивает напряжение обратной связи для структур, чувствительных к статическому электричеству. Компонент цифровой синхронизации обеспечивает синхронизацию для каждого аналогового переключателя в схеме обнаружения сигнала, чтобы убедиться, что схема обнаружения может обнаруживать, производить выборку, удерживать и обеспечивать обратную связь. Схема интерфейса ASIC акселерометра с обратной связью показана на рис. 2. [2]

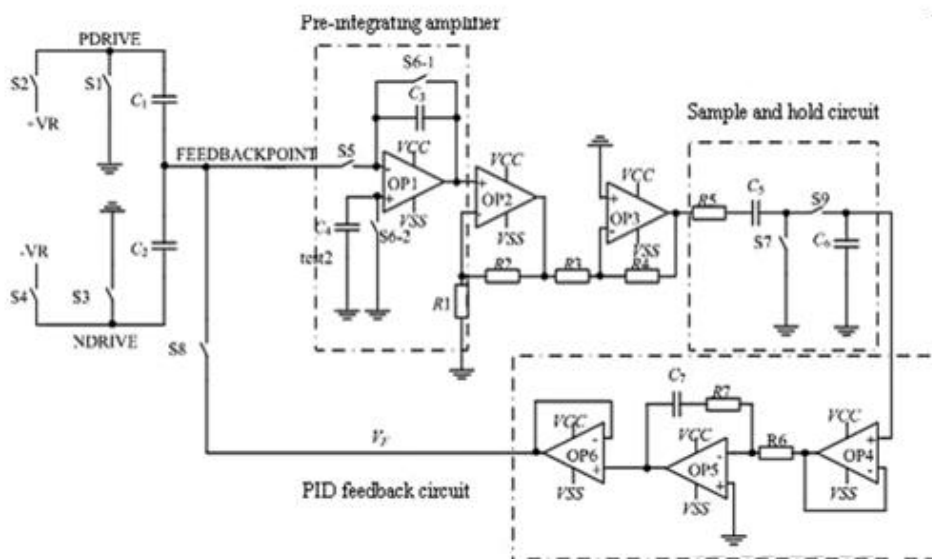


Рис. 2. Принципиальный вид интерфейсной схемы

Схема обнаружения сигнала в основном состоит из трех частей: интегрирующего усилителя предварительной зарядки, схемы выборки и удержания и модуля обратной связи PID-регулятора (пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор). Цифровая синхронизация генерирует тактовый сигнал. Управляющий сигнал переключателей генерируется схемой делителя частоты и логической схемой, которая может управлять включением и выключением от S1 до S9 соответственно. В цикле все процессы тестирования можно разделить на три фазы: фаза обнаружения, фаза выборки и удержания и фаза обратной связи. Фаза обнаружения может передавать накопительный заряд с микроструктурированной чувствительной полосы на конденсатор обратной связи интегрирующего усилителя. Таким образом, выход предварительного усилителя генерирует сигнал напряжения, и величина сигнала напряжения равна

$$\frac{-\Delta Q}{C_3} = \frac{V_R(C_1 - C_2)}{C_3} \quad (1),$$

В схеме выборки и хранения используется метод коррелированной двойной выборки для устранения выходного сигнала, смещения постоянного тока и шума $1/f$ предварительного усилителя. Сигнал обнаружения подается схемой выборки на вход OP4. [3]

В фазе обратной связи схема выборки и хранения может поддерживать последнее значение выборки. Когда переключатель обратной связи замкнут, значение образца применяется к чувствительной кромке микроструктуры модулем PID-регулирования. Микроструктура верхней и нижней пластин — это напряжение земли. Схема обнаружения и микроструктура разделены. В рабочем процессе акселерометра с обратной связью период повтора циклически повторяется.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ёе Ко Ко Аунг, Симонов Б. М., Тимошенков С. П. Анализ усталости и оценка числа циклов воздействия до выхода из строя чувствительного элемента микромеханического емкостного акселерометра // Изв. вузов. Электроника. 2022. Т. 27. № 2. С. 240–247.
2. Copyright 2025 Компоненты и технологии. Выбор оптимального акселерометра для конкретного приложения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kit-e.ru/sensor/vybor-akselerometra-chast-1/> (дата обращения: 16.03.2025).
3. Аунг Тхура, Симонов Б. М., Тимошенков А. С. Исследование стойкости МЭМС-акселерометров емкостного типа к внешним механическим воздействиям // Изв. вузов. Электроника. - 2019. - Т. 24. - № 6. - С. 619–626.

УДК 621

В.Е. Сафронов, Н.А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

Аннотация: в статье рассмотрены основные причины отказов пожарно-технического вооружения в условиях ее эксплуатации при низких температурах на основании аналитического обзора статистических данных. Для повышения эффективности осуществления пожаротушения предлагается использовать полезную энергию. Источники которой весьма разнообразны. Авторами предлагается два наиболее альтернативных источника: использование энергии выхлопных газов и химического волокна с пиротехническим эффектом.

Ключевые слова: эксплуатация пожарно-технического вооружения, условия низких температур, образование наледи, снижение эксплуатационных характеристик, эффективность пожаротушения, причины отказов техники, источники тепла, новые материалы.

V. E. Saphronov, N. A. Kropotova

THEORY AND PRACTICE OF USING USEFUL ENERGY TO INCREASE FIRE EXTINGUISHING EFFICIENCY AT LOW TEMPERATURES

Abstracts: the article discusses the main causes of failures of fire-fighting equipment in conditions of its operation at low temperatures based on an analytical review of statistical data. To increase the efficiency of fire extinguishing, it is proposed to use useful energy. The sources of which are very diverse. The authors propose two most alternative sources: the use of exhaust gas energy and chemical fiber with a pyrotechnic effect.

Keywords: operation of fire-fighting equipment, low temperature conditions, ice formation, reduced performance, fire extinguishing efficiency, causes of equipment failures, heat sources, new materials.

Практический опыт эксплуатации пожарно-технического вооружения в суровых условиях низких температур показывает, что достаточно низкий уровень предупредительных мер. Очень часто пожарная техника в условиях Крайнего Севера подвержена замерзанию во время осуществления тушения пожаров. Хотя можно привести статистику, когда климатические условия способствуют замерзанию техники в самый неподходящий момент, может привести к снижению эффективности ее применения, а то и вовсе выходу из строя (рис. 1).

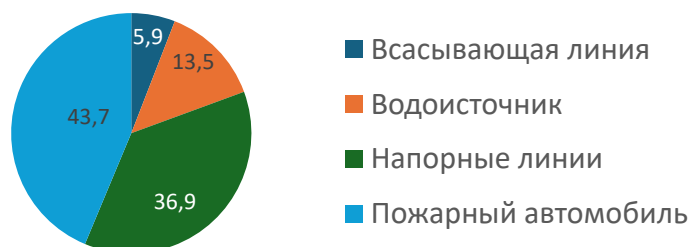


Рис. 1. Причины отказов и неисправностей пожарной техники, эксплуатируемой в зимний период

Из рисунка видно, что практически в диапазоне статистической погрешности распределены отказы наиболее уязвимых элементов пожарно-технического вооружения (ПТВ) осуществляющем тушение пожара при воздействии низких температур (до -35°C и ниже). Наиболее значительными являются отказы напорной линии около 37 %, а также отказы пожарной техники – 40 %. Несмотря на это часто возникают проблемы с эксплуатацией насосов в условиях низких температур, водопенными коммуникациями пожарных автомобилей. В случае кратковременной остановки насоса происходит практически моментально образование наледи и стремительного развития замерзания оставшейся воды. При длительной эксплуатации напорной линии и разветвителей происходит образование наледи как снаружи, так и внутри рукавов (рис. 2). Аналитический обзор статистических данных подтверждает, что более 60 % от общего числа всех пожаров приходится на холодный климатический период года, а средняя продолжительность тушения достаточно крупных пожаров составляет около 5 ч.



Якутия, -50°C

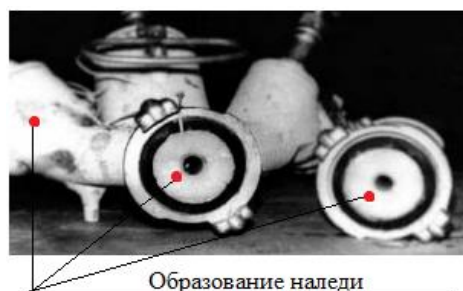


Рис. 2. Эксплуатация ПТВ в условиях низких температур

В зимний период эксплуатации, выезжая на пожар, пожарная техника следует некоторый интервал времени с непрогретым двигателем, вследствие отсутствия предварительного прогрева двигателя автомобиля перед выездом в депо. Значит отсутствует возможность выхода двигателя на номинальный режим работы в среднем около 80 °С, что влечет потерю мощности агрегата, создавая риски повышенного износа его узлов и перерасход топлива, а также снижение его динамических характеристик – скорость движения пожарного автомобиля на пожар снижается на четверть.

Поэтому представляется вероятным провести обзор имеющихся технологий и взвешенные технические решения, позволяющие осуществлять дополнительный обогрев узлов и агрегатов, защищая их от воздействия низких температур на режим эксплуатации.

Бесспорно, наиболее эффективными являются методы и технологии, использующие энергию плазмы (открытого пламени) [1]. Но применение данной технологии считается губительным для многих узлов и агрегатов любого транспортного средства, а также невозможностью использования вследствие разрушающего (деструктивного) действия.

Другим способом является использование тепловых пушек и теплогенераторов, основанных на использовании электрической энергии или дизельного топлива. Практика показывает неэффективность применения данных методов, а именно: растет дополнительная нагрузка на личный состав, оборудование требует дополнительного обслуживания и источника энергии, подвоз на место, время на расстановку и место, т.д. Будет ли этот теплогенератор мобильный, переносной или роботизированный это зависит во многом от вложений.

Исходя из обзора имеющихся альтернативных технологий [2], разработанных инженерами, предлагается использовать следующие теплоносители: водяной пар, горячий воздух, горячая вода, выхлопные газы двигателя внутреннего сгорания.

Одним из самых проблемных вопросов – это использование энергии отработанных газов, когда общая потребляемая полезная энергия достигает 90 %, обеспечивая практическое применение энергосберегающих технологий, повышающих собственный коэффициент полезного действия. Утилизация тепла выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания в автономных системах энергоснабжения позволяет снизить потери тепла, минимизировать суммарный расход топлива и затраты на отопление, а также сократить выбросы углекислого газа.

Особенностью эксплуатации двигателей многих пожарных автомобилей является их длительная работа в стационарном режиме [3]. Для обеспечения надежной работы двигателя некоторые модели пожарных автомобилей оборудуют системами дополнительного охлаждения, в основе которых лежит теплообменный аппарат. В свою очередь, теплообменник монтируется на двигателе между радиатором и рубашкой охлаждения, и является дополнительным элементом штатной системы охлаждения базового шасси. Некоторые типы основных пожарных автомобилей могут оборудоваться системами с дополнительными теплообменниками для механизмов трансмиссий автомобиля. Необходимость применения таких систем обусловлена тем, что при эксплуатации пожарного автомобиля на стоянке в качестве мотор-насосного агрегата возможен перегрев коробки передач, коробки отбора мощности. Для охлаждения этих механизмов устанавливают теплообменники, принципиально не отличающиеся от рассмотренного выше.

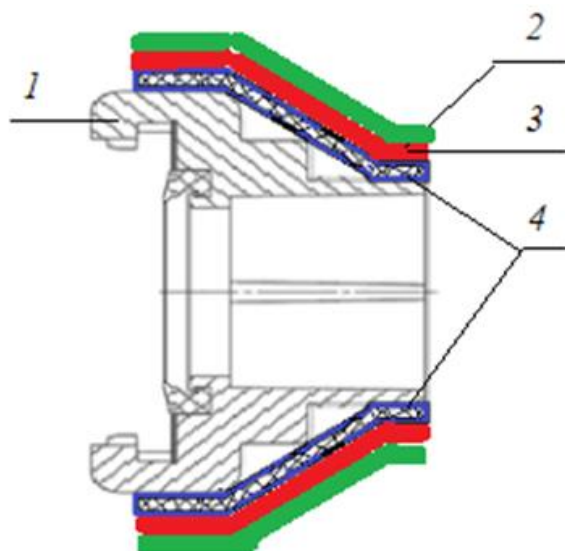


Рис. 3. Схема обволакивания химматериалом соединительной головки:

- 1 – соединительная головка;
- 2 – гидрофобный материал;
- 3 – теплоотражающий материал;
- 4 – химическое термоволокно

Размещают в их чаще всего в картерах соответствующих узлов трансмиссии.

Стоит отметить, что в последние годы набирают обороты технические решения, основанные на альтернативных новых материалах [4-5]. В качестве примера приведем использование химического термоволокна (рис. 3). Особенностью данного материала является использование его многослойность: химическое волокно с пиротехническим эффектом, теплоотражающий материал и гидрофобный материал. Данный материал позволяет создать необходимую тепловую энергию, которая может обеспечить бесперебойную работу рукавной линии на пожаре в условиях низких температур.

Подводя итог вышесказанному, качественная проработка технических решений, а также рациональное использование современных материалов и технологий позволит повысить эффективность пожаротушения в условиях низких (отрицательных) температур, не исключено что подомный материал может применяться до -60°C , т.е. условия Крайнего Севера. К сожалению, подобные исследовательские задачи не решались, но будем надеяться на их постановку и продолжение исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гисмятов Р.Р., Белобородова О.И., Ломоносов А.И. Альтернативный способ устранения обледенения пожарно-технического вооружения при затяжных пожарах в условиях отрицательных температур // Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Современные методы и технологии предупреждения и профилактики возникновения чрезвычайных ситуаций», 27 сентября 2019 год. Санкт-Петербург, 2019. С. 414-416.
2. Отогревание замерзшего пожарно-технического оборудования: способы и методы // Fireman, 2020. URL: <https://fireman.club/statyi-polzovateley/otogrevanie-zamershego-oborudovaniya/?ysclid=m71q3l9f5i358748028> (дата обращения 12.02.2025)
3. Колесниченко В.В., Кропотова Н.А. Оптимизация парка техники, используемой для проведения пиротехнических работ на основании анализа ее применения // Материалы конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности»: в 5 ч. Ч. II / А. Г. Заворотный, Н. В. Лопухова [и др.]. Москва: Академия ГПС МЧС России, 2024. С. 194-200.
4. Кропотова Н.А. Оценка старения материалов при воздействии экстремальных условий с помощью квантово-химического расчета // «Общенаучные проблемы инженерной

подготовки кадров МЧС России»: сборник трудов XXXIV Международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь» (секция № 16), 1 марта 2024 года. Химки: ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. 2024. С. 157-163.

5. Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Надежность и долговечность структурных полимерных деталей: исследование эксперта // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2024. С. 288-292.

УДК 625.5

М.А. Смеян, Н.В. Чижов, С.С. Косицкий, А.В. Узлов

Научная рота (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ)
Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ БЫСТРОМОНТИРУЕМОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИ (БМКД) И ОПИСАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Аннотация: в статье затрагивается проблема доставки грузов в условиях боевой обстановки и во время ликвидации чрезвычайных ситуаций. Рассматривается разработка конструкции быстромонтируемой канатной дороги с изменяемой рабочей высотой и ручным приводом. В работе даются технические характеристики спроектированной установки. Приводится описание возможных ситуаций, в которых применение разработанной конструкции наиболее целесообразно. Дается инструкция для личного состава по процессам развёртывания и применения канатной дороги личным составом.

Ключевые слова: канатная дорога, стальной канат, оборудование непрерывного транспорта, транспортировка, снабжение

M. A. Smeyan, N.V. Chizhov, S.S. Kositskiy, A.V. Uzlov

DESIGN DEVELOPMENT OF A FAST-MOUNTING CABLE CAR ROADS AND A DESCRIPTION OF THE POSSIBILITIES OF ITS APPLICATION

Abstract: the article deals with the problem of cargo delivery in a combat situation and during emergency response. The development of a design for a fast-mounting cable car with a variable working height and a manual drive is being considered. The paper provides the technical characteristics of the designed installation. The description of possible situations in which the application of the developed designed is most appropriate is given. Instructions are given for personnel on the processes of deploying and using a cable car by personnel.

Keywords: cable car, steel rope, continuous transport equipment.

Необходимость в оперативной доставке грузов остро стоит в зоне боевых действий как непосредственно на линии боевого соприкосновения, так и в тылу. Особенно важно обеспечивать своевременное материально-техническое снабжение фронта боеприпасами, медикаментами и продуктами питания. При этом стоит задача мини-

мизировать возможные риски и потери среди личного состава и техники. Для этой цели может быть использована разработанная канатная дорога.

Канатная дорога – это вид внеуличного транспорта для перемещения пассажиров и грузов, в котором для перемещения груза служит тяговый или несущий канат (трос), протянутый между опорами таким образом, что груз не касается земли [1].

Разработанная конструкция относится к одноканатным грузовым подвесным дорогам [2]. Конструкция (рис. 1), состоит из двух ввинчиваемых опор 1 с буром на одной стороне, на которые с помощью механизма фиксации 6 закрепляют подвижные части опоры 7. Механизм фиксации имеет возможность регулировки высоты крепления, благодаря чему достигается возможность изменения высоты канатной дороги в диапазоне от 1 до 2 метров. К подвижной части приводной опоры через подшипниковую опору присоединяют приводную рукоятку 2. К приводной рукоятке 2 с помощью болтового соединения прикручивают ступицу ведущего шкива. Стальной канат 4 натягивают между ведущим шкивом 3 и ведомым шкивом 5. В конструкции применяют стальной спиральный канат одинарной свивки типа ЛК-О диаметром 10,5 мм, грузового назначения, марки В, оцинкованный по группе Ж, правой свивки, нераскручивающийся, нерихтованный, нормальной точности, маркировочной группы 1570 Н/мм² (160 кгс/мм²), по ГОСТ 3062-80. (Канат 10,5 – Г – В – Ж – Н – Р – 1570 ГОСТ 3062-80) [3].

Спроектированная канатная дорога может оснащаться приводной рукояткой как на одной опоре, так и на двух. На рис. 1 показан общий вид канатной дороги, с приводной рукояткой на одной опоре.

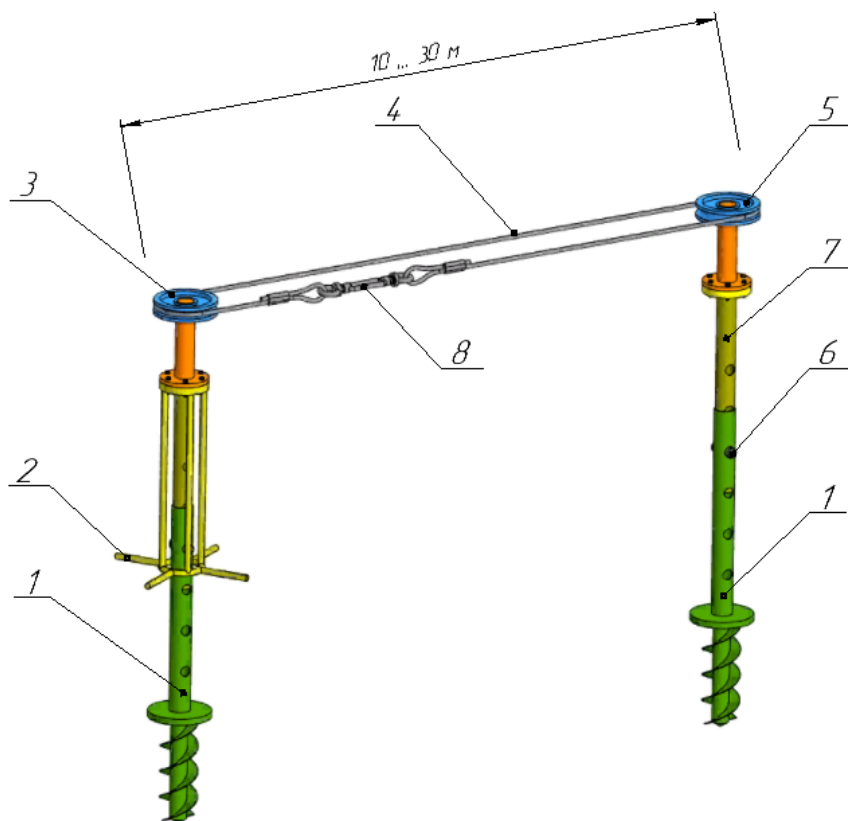


Рис. 1. Общий вид разработанной канатной дороги

- 1 – ввинчиваемая опора;
- 2 – приводная рукоятка;
- 3 – ведущий шкив;
- 4 – стальной канат;
- 5 – ведомый шкив;
- 6 – механизм фиксации;
- 7 – подвижная часть опоры;
- 8 – механизм натяжения

Натяжение каната осуществляется с помощью механизма натяжения, показанного на рис. 2. Основным элементом механизма является талреп 3, в который вкручивают с противоположных сторон два рым-болта 2, неразрывно закреплённых в петлях стального каната 1. Перевозимый груз закрепляют с помощью крюка 4. В конструкции предлагается использовать крюк однорогий, грузоподъемностью 0,4 т, по ГОСТ 6627-74 [4] или аналогичный по конструкции.

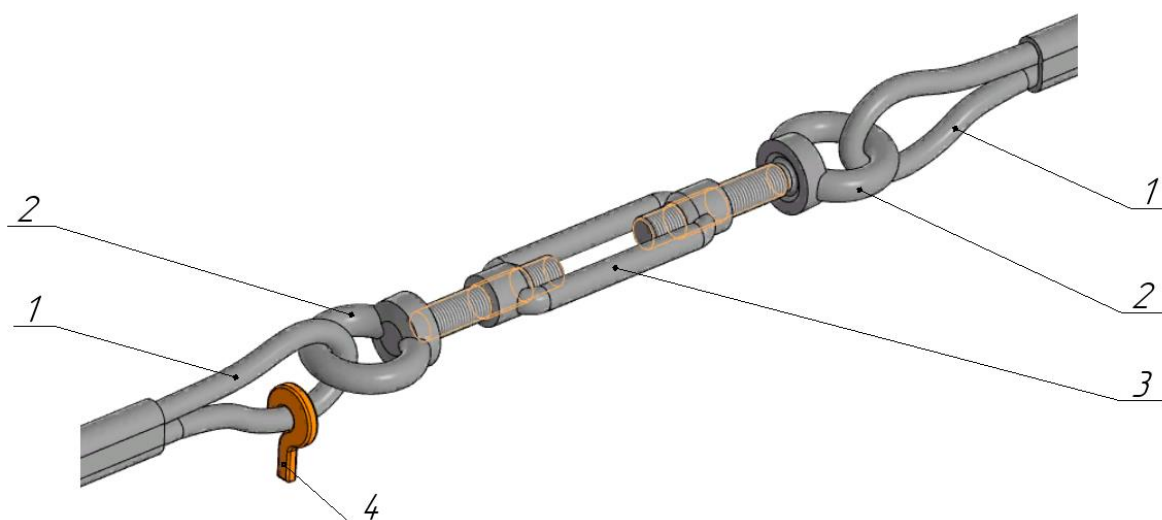


Рис. 2. Механизм натяжения

1 – петли стального каната; 2 – рым-болты; 3 – талреп; 4 – грузовой крюк

Также разработан второй вариант опор дороги для применения на твердых поверхностях, таких как асфальтобетон, скальные грунты и другие. Отличие его состоит в том, что на нижней опоре отсутствует ввинчиваемый бур, а вместо него на опорной площадке 1 расположены шесть отверстий, через которые ее закрепляют на фундаментных болтах 2, вмонтированных в основание (рис. 3).

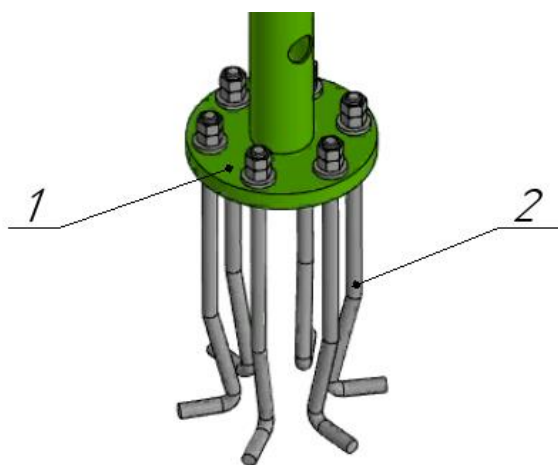


Рис. 3. Вариант нижней опоры для твердых поверхностей

1 – опорная площадка,
2 – фундаментные болты

Технические характеристики канатной дороги приведены в таблице.

Таблица. Технические характеристики БМКД

Характеристика	Значение характеристики
Рабочая длина, м	от 10 до 30
Рабочая высота, м	от 1 до 2
Грузоподъемность, кг	до 100
Габариты перевозимого груза:	
длина, мм	1000
ширина, мм	1200
высота, мм	1500

На линии боевого соприкосновения могут быть ситуации, когда опорный пункт на линии фронта становится по какой-либо причине отрезан от остальной территории. Этот факт может значительно снизить или полностью остановить поставки снарядов и боеприпасов, вещевого, продовольственного, медицинского и топливного обеспечения. Это в свою очередь приведет к потере боевой эффективности подразделений и сил.

Для приведения дороги в рабочее состояние необходимо два человека личного состава. Первоначально выбираются места для установки ввинчиваемых опор. Это должны быть ровные участки поверхности земли без крупных камней и мусора. После этого с помощью лома, установленного в крепежные отверстия, опора ввинчивается в грунт на всю глубину шнека до упорной площадки. Далее подвижная часть опоры соединяется с неподвижной с помощью крепежного пальца через крепежные отверстия и фиксируется шплинтом. Затем соединяют конструкцию приводной рукояти со ступицей ведущего шкива, предварительно запрессовав подшипник с помощью оправки. Для соединения рукояти и ступицы используются шесть болтовых соединений, для их фиксации необходимы два накидных ключа размерностью 19 миллиметров. Фиксация рукояти на подшипнике подвижной опоры облегчается применением переходных посадок в соединениях, благодаря чему не требуется применение чрезмерных усилий, а, следовательно, исключается повреждение деталей. При этом в соединениях отсутствуют зазоры. После этого на ступицы с помощью шпоночных соединений устанавливают ведущий и ведомый шкивы. В конце ремень попускают через шкивы и натягивают с требуемым усилием.

Разработанная канатная дорога может решить проблему своевременного снабжения опорных пунктов на линии фронта. Простота конструкции обеспечивает лёгкость монтажа, не требует от личного состава определенных и специфических навыков и позволяет ускорить процесс развертывания дороги. При этом решается задача по минимизации возможных рисков и потерь среди личного состава и техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. https://ru.m.wikipedia.org/Канатная_дорога/
2. Дукельский А.И. «Подвесные канатные дороги и кабельные краны». М., «Машиностроение», 1966. 485 с.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 3062-80 «Канат одинарной свивки типа ЛК-О» Конструкции 1·7(1+6)
4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 6627-74 «Крюки однорогие. Заготовки» Типы, конструкции и размеры

УДК 614.846.6

В.Н. Сопот, С.С. Косицкий, М.А. Заболотских

Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулева

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА АЭРОДРОМНЫХ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация: в статье рассмотрен один из простых методов многокритериального выбора на основе сравнения тактико-технических характеристик, заключающийся в применении критерия расстояния к цели, применительно к аэродромными пожарным автомобилям. На основе этого метода проведена сравнительная оценка по тактико-техническим характеристикам наиболее распространенных аэродромных пожарных автомобилей российских и зарубежных производителей.

Ключевые слова: аэродромные пожарные автомобили, основные технические характеристики, многокритериальная оценка, критерий расстояния к цели

V.N. Sopot, S.S. Kositskiy, M.A. Zabolotskikh

MULTI-CRITERIA EVALUATION OF AIRFIELD FIRE TRUCKS

Abstracts: the article considers one of the simple methods of multi-criteria selection based on a comparison of tactical and technical characteristics, which consists in applying the criterion of distance to the target, in relation to airfield fire trucks. Based on this method, a comparative assessment was carried out on the tactical and technical characteristics of the most common airfield fire trucks of Russian and foreign manufacturers.

Keywords: airfield trucks, main technical characteristics, multi-criteria assessment, criterion of distance to the target

К уровню противопожарной защиты аэродромов предъявляют ряд специфических требований. Аэродромные пожарные автомобили относятся к машинам целевого применения. Они оборудованы техническими средствами эвакуации людей и подавления огня на взлетных полосах с целью предупреждения развития масштабного бедствия. На аэродромах возникает потребность тушения горящего разлитого топлива как под фюзеляжами самолетов, так и на взлетно-посадочной полосе (ВПП), и даже вне её. Иногда появляется необходимость покрытия ВПП слоем воздушно-механической пены для облегчения посадки самолетов, терпящих бедствие.

Необходимость оперативной доставки к месту лётного происшествия сил и средств тушения требует применения для аэродромных автомобилей тяжелых высокоскоростных шасси. Кроме того, отличительными чертами аэродромных пожарных автомобилей являются их высокие динамические качества, проходимость в условиях бездорожья, способность на ходу подавать огнетушащие вещества и большие объёмы вывозимых огнетушащих веществ [1, 8, 9].

Один из простых методов многокритериального выбора заключается в применении критерия расстояния к цели [2]. Его суть - в обосновании идеала и оценке меры приближения к нему каждого из вариантов. Идеальный вариант характеризует такую систему, для которой каждый из критериев достигает своего потенциально возможного наилучшего значения.

Такие значения могут быть обоснованы теоретически или отвечать лучшей реально достигнутой величине.

На практике многокритериальная оценка выполняется следующим образом: выбирается несколько характеристик из тех, по которым необходимо провести сравнение.

Все характеристики должны совпадать по тому, в какую сторону они улучшают, например, двигатель.

Так, можно выбрать мощность и степень сжатия, так как чем они больше, тем лучше, но нельзя выбрать мощность и массу, так как в отличие от мощности масса должна быть как можно меньше.

Принимая во внимание вышесказанное и понимая, что в некоторых случаях имеется необходимость сравнить характеристики, противоположные по методу улучшения двигателя, то их возможно использовать, взяв обратную от них величину.

Так, обратная величина от мощности N будет $1/N$ и уже данная характеристика будет улучшать двигатель путем своего уменьшения, а значит ее возможно использовать совместно с той же массой.

Исходя из количества выбранных характеристик строится графическая модель, от центра которой строится столько же лучей сколько сравнивается характеристик. Каждому лучу дается название в соответствии с одной из характеристик, на нем отмечаются все численные значения данного показателя у сравниваемых образцов.

Все значения одного образца, например, автомобиля, соединяются прямыми линиями так, чтобы они образовали многоугольник. Так же выстраивается многоугольник, который соответствует идеальному автомобилю, который получается путем соединения верхних или нижних характеристик у выбранных для сравнения марок автомобилей. Выбор соединяемых для идеального образца показателя характеристик зависит от того будет ли улучшаться образец при увеличении или уменьшении характеристики.

Обобщенный критерий расстояния к цели определяется как отношение площади i -того варианта к площади идеального

$$\mu_i = \frac{S_i}{S_{ид}}, \quad \mu_i \geq 1, \quad (1)$$

где S_i и $S_{ид}$ - площадь многоугольников i -того и идеального вариантов соответственно.

К основным тактико-техническим характеристикам аэродромных пожарных автомобилей относятся: скорость, емкость цистерны, емкость пенобака, номинальная производительность и напор насоса, снаряженная масса, мощность двигателя [3, 4].

Приведем пример многокритериальной оценки аэродромных пожарных автомобилей отечественных и зарубежных производителей класса S (с полной массой свыше 14000 кг) на основе их тактико-технических характеристик, приведенных в таблицах 1 и 2 [5, 6].

**Таблица 1. Тактико-технические характеристики
аэродромных пожарных автомобилей российских производителей**

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	АА- 12/60	АА- 8.0/40	АА-60	АА- 13/60	АА-11- 70
1	Мощность двигателя	кВт/л.с	265 /360	160 /210	393/525	294/400	515/700
2	Колесная формула	-	8x8	6x6	8x8	8x8	6x6
3	Макс. скорость	км/ч	95	90	60	100	115
4	Емкость пенобака	л	700- 1000	500	900	700	1500
5	Емкость водобака	л	11300	7500	12000	12000	11000
6	Емкость бака с по- рошком	кг	800	500	800		100
7	Емкость бака с СО ₂	кг	50	80	50	50	80
8	Производительность насоса	л/с	65	50	60	60	70
9	Напор насоса	м	100	100	100	100	100
10	Снаряженная масса	кг	27200	21300	43000	38000	33500
11	Боевой расчет	чел	6	5	4	6	6

**Таблица 2. Тактико-технические характеристики
аэродромных пожарных автомобилей различных зарубежных производителей**

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Sides Sentinel (Франция)	Magirus Dragon (Германия)	Volvo RK 12000 АСТ (Швеция)	Rosenbauer Panther (Австрия)[7]
1	Мощность двигателя	кВт/л.с	380 /520	412 /560	370/500	518/705
2	Колесная формула	-	6x6	6x6	6x6	6x6
3	Макс. скорость	км/ч	115	135	120	117
4	Емкость пенобака	л	1000	1250	1000	1500
5	Емкость водобака	л	12500	11000	12000	12500
6	Емкость бака с по- рошком	кг	600	800	500	225
7	Емкость бака с СО ₂	кг	500	120	-	4x30
8	Скорость подачи огне- тушащих веществ	л/с	100	133	65	100
9	Дальность подачи ог- нетушащих веществ	м	100	80	100	-
10	Снаряженная масса	кг	36000	36000	28500	34745
11	Боевой расчет	чел	6	6	6	6

По значениям, приведенным в табл. 1 и 2, строится графическая модель многокритериальной оценки (рис. 1 и 2) по следующим характеристикам (выделены в таблицах): максимальная скорость, емкость водобака, емкость пенобака, производительность и напор насоса (скорость подачи огнетушащих веществ), удельная мощность двигателя (мощность на единицу массы). Для удобства отображения и восприятия на рисунках будем откладывать длину отрезков по обратным значениям характеристик,

но на графиках указывать непосредственные значения характеристик. Принятые характеристики выбраны исключительно для настоящего примера с учетом рекомендаций [3, 4]. В зависимости от конкретной цели исследования они могут быть дополнены или выбраны другие (например, цена автомобиля, боевой расчет др.).

Многоугольник «идеального» автомобиля будет построен по минимальным показателям каждой из характеристик. Его плоскость будет закрашена серым светом.

Для отечественных автомобилей:

Автомобиль АА-12/60 – $S_1 = 3048,88 \text{ мм}^2$;

Автомобиль АА-60 – $S_2 = 3700,80 \text{ мм}^2$;

Автомобиль АА-13/60 – $S_3 = 3623,87 \text{ мм}^2$;

Автомобиль АА-11/70 – $S_4 = 2282,72 \text{ мм}^2$;

Для зарубежных автомобилей:

Автомобиль Sides Sentinel (Франция) – $S_6 = 2313,53 \text{ мм}^2$;

Автомобиль Magirus Dragon (Германия) – $S_7 = 2144,91 \text{ мм}^2$;

Автомобиль Volvo RK 12000 АСТ (Швеция) – $S_8 = 2702,90 \text{ мм}^2$;

Автомобиль Rosenbauer Panther (Австрия) – $S_9 = 1713,08 \text{ мм}^2$;

Многоугольник, который соответствует идеальным характеристикам для отечественных автомобилей $S_{ид}=2196,44 \text{ мм}^2$ (рис. 1).

Многоугольник, который соответствует идеальным характеристикам для зарубежных автомобилей $S_{ид}=1480,27 \text{ мм}^2$ (рис. 2).

Данные значения получены в программе Компас-3D, которая позволяет измерить площадь начерченной фигуры.

Расчеты согласно формуле (1):

$$\mu_1 = \frac{3048,88}{2196,44} = 1,39; \mu_2 = \frac{3700,80}{2196,44} = 1,68; \mu_3 = \frac{3623,87}{2196,44} = 1,65; \mu_4 = \frac{2282,72}{2196,44} = 1,04;$$

$$\mu_5 = \frac{2313,53}{1480,27} = 1,56; \mu_6 = \frac{2144,91}{1480,27} = 1,45; \mu_7 = \frac{2702,90}{1480,27} = 1,83; \mu_8 = \frac{1713,08}{1480,27} = 1,16$$

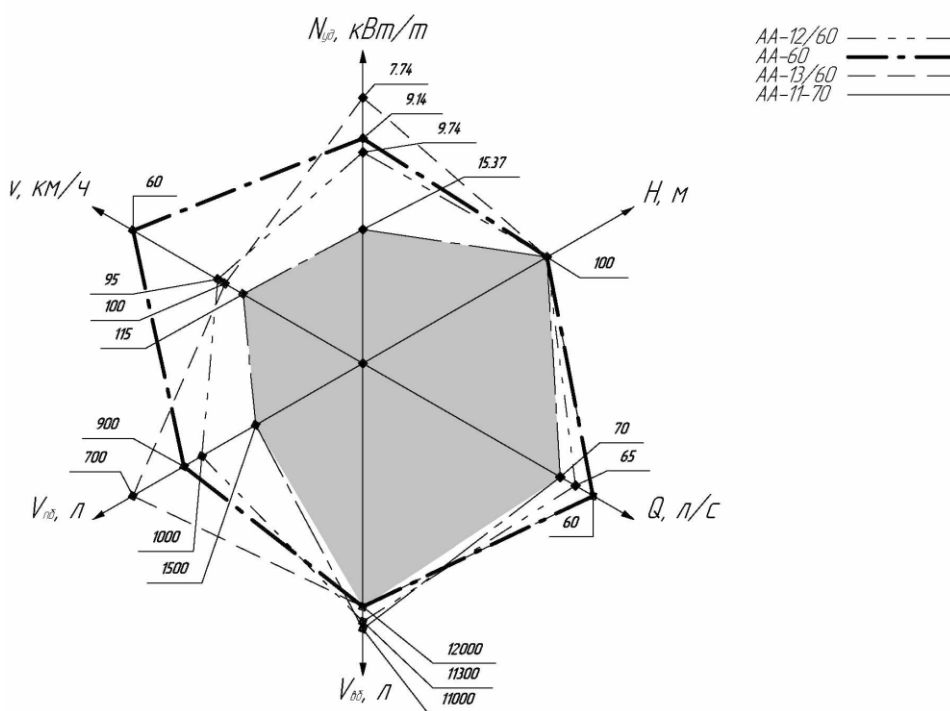


Рис. 1. Графическая модель изображения характеристик отечественных аэродромных пожарных автомобилей

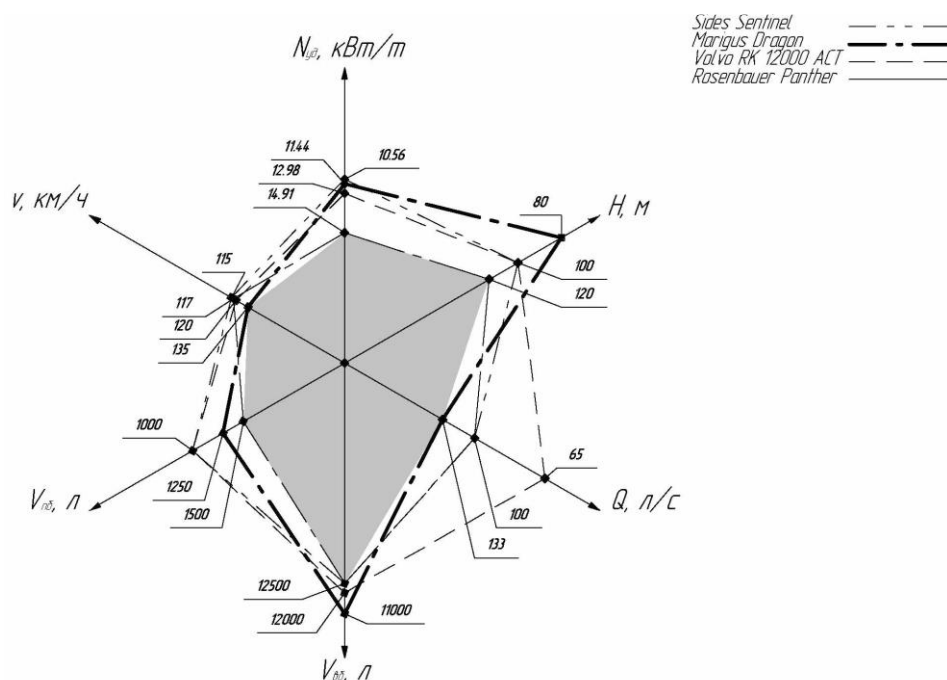


Рис. 2. Графическая модель изображения характеристик зарубежных аэродромных пожарных автомобилей

Сравнивая значения μ_i с 1 определяем, насколько далек тот или иной автомобиль от «идеального» варианта. Исходя из этого наиболее близкий к «идеалу» среди отечественных автомобилей это – автомобиль АА-11/70. Этот автомобиль по совокупным техническим характеристикам сравним с зарубежными марками Sides Sentinel, Magirus Dragon и Volvo RK 12000 ACT (см. S₄ и S₅, S₆, S₇).

Среди зарубежных наиболее близкий к «идеалу» – автомобиль Rosenbauer Panther (Австрия). Этот автомобиль эксплуатируется на в т.ч. и на российских военных аэродромах [7]. Полное номенклатурное название - ПАА (пожарный аэродромный автомобиль), в комплектации насос - Rosenbauer R600 (подача жидкости в удельном объёме около 6 тыс. литров в минуту). Машина оснащена специальной турелью для тушения пожаров на высоте и в труднодоступных местах. В некоторых модификациях может использовать специальную насадку Stinger для прокалывания фюзеляжа самолёта и тушения пожара в определённом его отсеке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сопот В.Н., Кадочникова Е.Н «Основные требования к аэродромным пожарным автомобилям» Сборник научных трудов межведомственной научно-практической конференции «Актуальные вопросы перспективных направлений применения специальной техники и методов борьбы с пожарами на объектах военной инфраструктуры» СПб: ВИ(ИТ) ВА МТО, 2024. –254 с., (с. 115-121).
2. Ефремов И.М., Любичкий С.А., Баклан Н.Н. Методические указания по организации и выполнению выпускной квалификационной работы для специальности 23.02.02 Авто-мобиле- и тракторостроение. СПб ГБПОУ «АМК», СПб, 2019 г., 64 с.
3. <https://fireman.club/inseklodepia/pozharnyj-aerodromnyj-avtomobil-aa/?ysclid=lu1kkuohiw724245553>
4. <https://opozhare.ru/pozharnye/kak-rabotaet-aerodromnyj-pozharnyi-avtomobil/>

5. Сопот В.Н., Кадочникова Е.Н. Тактико-технические характеристики отечественной и зарубежной аэродромной пожарной техники. Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов», Иваново, 18.04.2024 – ИПСА ГПС МЧС России, 2024. - 500 с. (254 – 261 с.).

6. Сопот В.Н., Кадочникова Е.Н., Вершинин А.М. // Обзор европейской пожарной техники. Сборник научных трудов VI Межведомственной научно-практической конференции «Актуальные вопросы перспективных направлений применения автомобильной и специальной техники». ВИ(ИТ) – издание СПб.: Медиапапиар, 2023. – С. 235 – 239.

7. Европейская техника на аэродромах ВКС РФ. Rosenbauer Panther 6x6. Электронный ресурс <https://topwar.ru/124423-evropeyskaya-tehnika-na-aerodromah-vks-rf-rosenbauer-panther-6x6.html>.

8. ГОСТ Р 53247-2009 Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения.

9. ГОСТ Р 53213-2020.Техника пожарная. Аэродромные пожарные автомобили. Общие технические требования.

УДК 674.815

Б.Л. Спирин, О.В. Токарева

Академия ГПС МЧС России

МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСНЫХ МОДУЛЕЙ УПРУГОСТИ ДЛЯ ПОРИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: в статье рассматривается возможность измерения модулей упругости, сдвига и коэффициентов потерь в рабочих диапазонах частот, а также исследуется зависимость этих параметров от размеров образца и различных граничных условий.

Ключевые слова: шумопоглотители, пластиковые пены, пенополиуретан, методика определения модулей упругости, модули сдвига, модуль Юнга, коэффициент Пуассона.

B.L. Spirin, O.V. Tokareva

METHODS FOR DETERMINING DYNAMIC COMPLEX ELASTIC MODULI FOR POROUS MATERIALS

Abstract: The article examines the possibility of measuring moduli of elasticity, shear and loss coefficients in operating frequency ranges, and also examines the dependence of these parameters on sample sizes and various boundary conditions.

Keywords: noise absorbers, plastic foams, polyurethane foam, elastic modulus determination technique, shear moduli, Young's modulus, Poisson's ratio.

Для оптимального проектирования конструкций, в которых в качестве шумопоглотителей используются пластиковые пены, такие как пенополиуретан, необходимо уметь определять вязкоупругие характеристики этих материалов в эксплуатационных диапазонах частот. Здесь рассмотрена методика, реализующая экспериментальное и численное определение модулей упругости, сдвига и коэффициентов потерь для пори-

стых эластичных материалов, а также определяется зависимость этих параметров от размеров образца и различных граничных условий. В данном методе измеряется динамический отклик образца, который в дальнейшем сравнивается с результатами численного моделирования. В представленных моделях оба модуля упругости являются регулируемыми параметрами.

При низкочастотных колебаниях небольшой интенсивности полиуретановые пены характеризуются такими параметрами как пористость, сопротивление потоку, геометрия каркаса. При повышении интенсивности колебаний, поведение материалов определяется также динамическими свойствами каркаса, которое определяется теорией Био (Biot's theory) [1], описывающей распространение упругих волн в пористых материалах, с учетом взаимодействия между эластичным каркасом материала и средой заполняющей его поры.

Для определения механических свойств каркаса очень важно правильно определить такие его фундаментальные характеристики, как комплексные модули упругости (Юнга) и сдвига. Существует несколько методик для экспериментального определения зависимости этих модулей от частоты для вязкоупругих тел [2], которые подразделяются на резонансные и нерезонансные. Достаточно простой метод определения, который применяется в относительно широком (звуковом) диапазоне частот, но ограничен геометрией одномерного образца был предложен Мадигоски и Ли (Madigosky and Lee) [3]. В данном методе продольная волна распространяется вдоль стержня, изготовленного из испытуемого материала, на краях которого приклеены акселерометры. Для определения модуля упругости рассматривают резонансные характеристики материала на каждой частоте. По данному методу возможно определение только модуля упругости.

Метод одновременного измерения модулей упругости и сдвига для стержня был предложен Гарретом [3]. В данном методе используются катушки в магнитном поле, для получения изгибающих и крутильных колебаний резонансных частот. Здесь снова получается одномерная картина, и, кроме того, одновременно присутствие продольных и поперечных волн негативно влияет на поведение пористых материалов в условиях акустического воздействия.

Достаточно сложный в техническом отношении метод, в котором осуществляется измерение динамического отклика образца и его сопоставление с прогнозом, полученным методом конечных элементов, был предложен Уиллисом (Willis) [2]. В данном методе измеряется одновременно и модуль упругости, и модуль сдвига. Для их измерения требуется применение нескольких независимых лазерных интерферометров.

Автоматическая система, предложенная для лабораторных испытаний [2] измеряет модуль упругости как функцию от температуры в очень ограниченном диапазоне частот. Затем с помощью принципа суперпозиции и константы сдвига Вильяма-Луи данный метод обобщается на весь диапазон частот.

Здесь рассматривается метод непосредственного измерения величины комплексных модулей упругости и сдвига [4]. Этот метод может применяться для образца произвольной формы в любом рабочем диапазоне частот. В данном методе измеряется величина динамического отклика образца, работающего поочередно в режимах сдвига или растяжения – сжатия. Величина данного отклика сопоставляется с прогнозом, полученным для двумерной модели конечно-элементного анализа при упругом погло-

щении. Также рассмотрено влияние изменения размеров образца в поперечном направлении и различных граничных условий на комплексные модули упругости и сдвига.

Экспериментальная установка для получения результатов по данному методу (рис. 1) представлена в двух видах. В первом случае (а) производится измерение величины динамического отклика пористого материала при растяжении-сжатии. Во втором случае (б) измеряется отклик двух плит данного материала при сдвиге. Для определения влияния геометрии материала используются образцы различной ширины.

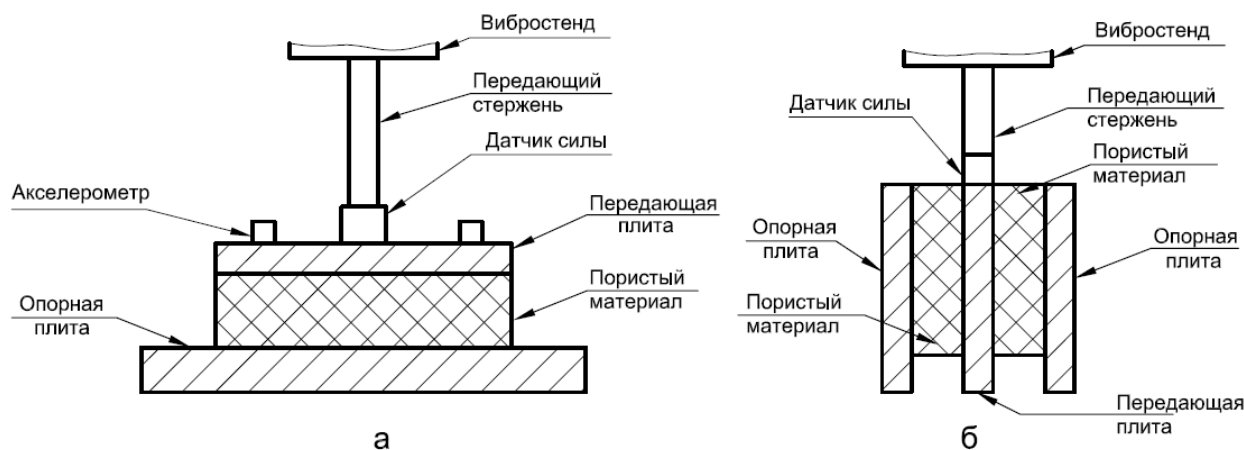


Рис. 1. Установка для определения: а – модуль упругости; б – модуль сдвига

Как видно из чертежа, пористая плита помещается между двумя опорами. Вибростенд передает усилия на верхнюю плиту через датчик силы, закрепленный на направляющем стержне. На этой же плите закреплены пьезоэлектрические акселерометры. Нижняя опора является неподвижной.

При измерении модуля сдвига использовалась передающая пластина, размещенная между двумя одинаковыми образцами, что позволило получить только вертикальное движение пластины за счет сохранения симметрии. Передающая пластина получала воздействие от вибростенда через датчик, который позволял измерять передаваемое усилие. Снимаемые с датчиков сигналы подаются на спектроанализатор (БПФ) и вычисляются передаточные функции по следующей формуле:

$$H(\omega) = \frac{Y(\omega)}{X(\omega)},$$

где $X(\omega)$, $Y(\omega)$ - результаты БПФ для входного (датчик силы) и выходного (пьезоакселерометр) сигналов соответственно.

Для минимизации погрешности, связанной с вибрационными деформациями установки, принимается среднее значение с нескольких установленных на плите акселерометров. Схема эксперимента приведена на рис. 2.

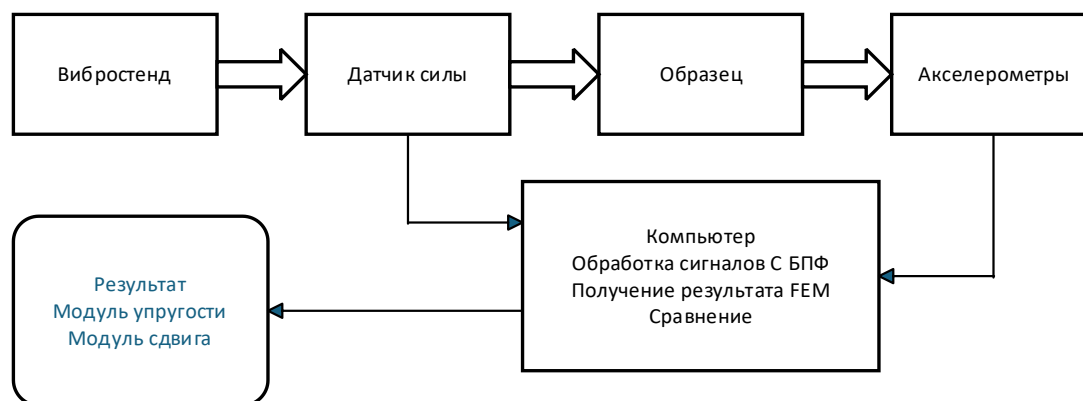


Рис. 2. Схема проведения эксперимента

Применение метода конечных элементов для данной схемы.

Для сравнения результатов в данной схеме была использована модель МКЭ анализа для упругой пены Канга и Болтона (Kang and Bolton) [4]. При формулировании которой, в свою очередь, была использована теория Шиау и Болтона для динамической теории упругости пористых элементов (Shiau and Bolton). Для изучения поведения пористых упругих материалов, обычно, применяются следующие характеристики: пористость, искривленность, сопротивление потоку, объёмную плотность, модуль Юнга, коэффициент Пуассона, вязкостная характеристическая длина. Некоторые из этих свойств достаточно легко определимы, другие требуется определить методами обработки теоретических и экспериментальных результатов.

Размер образцов, используемых для расчета данной модели, варьировался в зависимости от ширины образца. Канг и Болтон показали [4], что для анализа в диапазоне частот до 2 кГц эта FEM модель пены является достаточно точной при проведении акустических экспериментов на образцах размерами менее 28 x 28 мм. При изучении более низкого частотного диапазона необходимо применение элементов большего размера. Также в ходе экспериментов применяется несколько типов граничных условий: открытые и закрытые края образца.

Обратное преобразование.

Эта процедура используется при сопоставлении результатов, полученных в ходе эксперимента, с данными полученными при моделировании с помощью МКЭ. Она заключается в уменьшении разницы между полученными экспериментальными данными и предсказанными значениями. МКЭ опирается на следующие параметры материала: модуль упругости пористых материалов – E' и коэффициент потерь η . Модуль Юнга определяется по следующей формуле: $E = E'(1 + i\eta)$. Аналогично определяется модуль сдвига. Для определения величины этих параметров используется двухмерный классический оптимизационный метод Пауэлла (Powell's method). Функция минимизации среднеквадратической ошибки имеет следующий вид:

$$\Delta^2 = \left[(X_{data} - X_{МКЭ})^2 + (Y_{data} - Y_{МКЭ})^2 \right],$$

где X_{data}, Y_{data} – действительное и мнимое значение комплексной амплитуды передаточной функции полученных данных; $X_{МКЭ}, Y_{МКЭ}$ – соответственно значения передаточной функции, полученные методом МКЭ.

Процедура повторяется для каждого значения необходимого диапазона частот. Блок-схема процесса определения характеристик приведена на рис. 3.

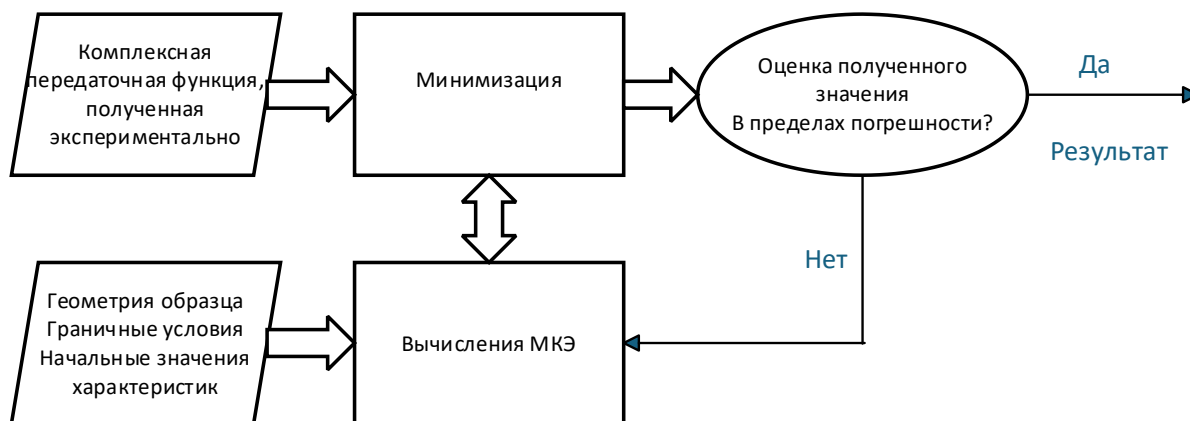


Рис. 3. Блок схема процесса определения механических характеристик

Перед проведением экспериментального исследования были сделаны прогоны только с использованием метода конечных элементов для определения оптимального размера образца, в которых был использован постоянный модуль упругости и переменные размеры. В ходе экспериментов установлено, что ускорения на поверхности образца уменьшаются с ростом его ширины, однако для образцов с шириной больше 20 см. дальнейшее увеличение размеров оказывает достаточно незначительное влияние.

В ходе всех проведенных экспериментов было установлено, что для достоверного определения механических характеристик пористых материалов необходимо использование образцов размером не менее 200 × 200 мм. Также было установлено, что при свободных граничных условиях модуль упругости имеет тенденцию к увеличению при увеличении размеров образца, чего не наблюдается при закрытых граничных условиях. Было подтверждено, что модуль сдвига линейно связан с модулем упругости, а коэффициент Пуассона для пористых материалов сильно зависит от частоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов С. В. Пористые материалы в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1981. – 247 с.
2. Пористые проницаемые материалы : справочник / С. В. Белов, П. А. Витязь, В. К. Шелег [и др.]. – Москва : Металлургия, 1987. – 333 с.
3. Трофименко В. В. Механические свойства анизотропных пористых литых материалов. // Вопр. химии и хим. Технологии. – 2007. – № 5. – с. 169-173.
4. Shapovalov V., Boyko L, Gasor – A new class of Porous Materials // Advanced engineering materials. 2004 – Vol.6. – № 6. P. 407-410.

УДК 621.317.334

П.В. Сплендер, М.С. Сайкин

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ДАТЧИКА ВИБРАЦИЙ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ QUICK FIELD

Аннотация: Проведены численные исследования магнитожидкостного датчика вибраций в программной среде QUICK FIELD. Цель исследований заключалась в определении значений средней магнитной индукции на одинаковом расстоянии между чувствительным элементом и магнитами магнитного подвеса при изменении их размеров и расстояния между ними. На основании численного моделирования получены значения магнитной индукции, её градиента и силы отталкивания между магнитами при изменении материалов магнитов и расстояния между ними. Полученные расчётные зависимости можно использовать при проектировании магнитожидкостных датчиков вибраций с магнитным подвесом на постоянных магнитах.

Ключевые слова: магнитожидкостный датчик вибраций, постоянный магнит, магнитный подвес, магнитная жидкость.

P.V. Splender, M.S. Saikin

MODELING THE MAGNETIC FIELD OF A MAGNETOLIQUID VIBRATION SENSOR IN THE QUICK FIELD SOFTWARE ENVIRONMENT

Abstract: Numerical studies of a magnetic fluid vibration sensor were conducted in the QUICK FIELD software environment. The purpose of the study was to determine the values of the average magnetic induction at the same distance between the sensitive element and the magnets of the magnetic suspension when changing their sizes and the distance between them. Based on numerical modeling, the values of the magnetic induction, its gradient and the repulsive force between the magnets were obtained when changing the materials of the magnets and the distance between them. The obtained calculation dependencies can be used in the design of magnetic fluid vibration sensors with magnetic suspension on permanent magnets.

Keywords: magnetic fluid vibration sensor, permanent magnet, magnetic suspension, magnetic fluid.

Для повышения надёжности магнитожидкостных датчиков вибраций (МЖДВ) необходимо с высокой точностью прогнозировать их эксплуатационные параметры. Для этого создаётся модель магнитного поля датчика с учётом граничных условий Дирихле-Неймана, которая позволяет определить значения магнитной индукции в датчике.

В настоящее время для построения расчётных моделей электротехнических устройств широко используются программные среды FEMM и ELCUT.

В представленной статье предлагается использовать интегрированную среду QUICK FIELD, которая, как и перечисленные выше среды основана на методе конечных элементов. Её основная отличительная особенность заключается в удобстве ис-

пользования интерфейса данной среды при разбиении расчётной области на конечные элементы и возможности решения более широкого круга расчётных задач.

В качестве объекта исследований рассмотрен датчик вибраций, представленный на рис. 1 [1]. Как и в большинстве датчиков вибраций [2, 3] в качестве чувствительного элемента в рассмотренной конструкции применяется кольцевой постоянный магнит 1, изготовленный из редкоземельных металлов с высокими энергетическими характеристиками [4]. С внутренней стороны чувствительного элемента находится магнитная жидкость 2, которая удерживается пондеромоторной силой между чувствительным элементом и немагнитопроводным корпусом 3. Чувствительный элемент перемещается в осевом направлении вдоль корпуса с минимальным коэффициентом трения.

На внешней цилиндрической поверхности немагнитопроводной втулки 4 расположена обмотка 5. При перемещении чувствительного элемента в обмотке наводится ЭДС, которая пропорциональна скорости возникающих вибраций. Аналоговый сигнал, полученный на выходе обмотки, обрабатывается электронным блоком и усиливается.

В крышке 6 установлен кольцевой постоянный магнит 7. При вращении этой крышки магнит перемещается в осевом направлении. Производится настройка датчика на требуемый диапазон измеряемых частот. Кольцевой магнит 8 установлен на основании 9 из немагнитопроводного материала. Магниты 7 и 8 образуют магнитный подвес для чувствительного элемента 1, а возникающие силы отталкивания препятствуют соприкосновению магнитов друг с другом.

Цель исследований заключалась в определении значений средней магнитной индукции между чувствительным элементом и постоянными магнитами 7 и 8 магнитного подвеса. В ходе исследований изменялось расстояние между магнитами в диапазоне от $0,2D$ до D , где D – наружный диаметр постоянного магнита. Расчётный эксперимент проводился для постоянных кольцевых магнитов, имеющих следующие размеры: $K17 \times 8 \times 5$; $K16 \times 10 \times 5$; $K14 \times 8 \times 5$; $K12 \times 8 \times 3$; $K9 \times 5 \times 2,5$. При проведении численных исследований менялись магнитные характеристики постоянных магнитов. Величина коэрцитивной силы постоянных магнитов имела следующие численные значения: 400, 680, 800 кА/м. В качестве примера на рис. 2 приведены графики изменения средней магнитной индукции в зависимости от расстояния L между постоянными магнитами для двух типоразмеров: $K17 \times 8 \times 5$ и $K9 \times 5 \times 2,5$.

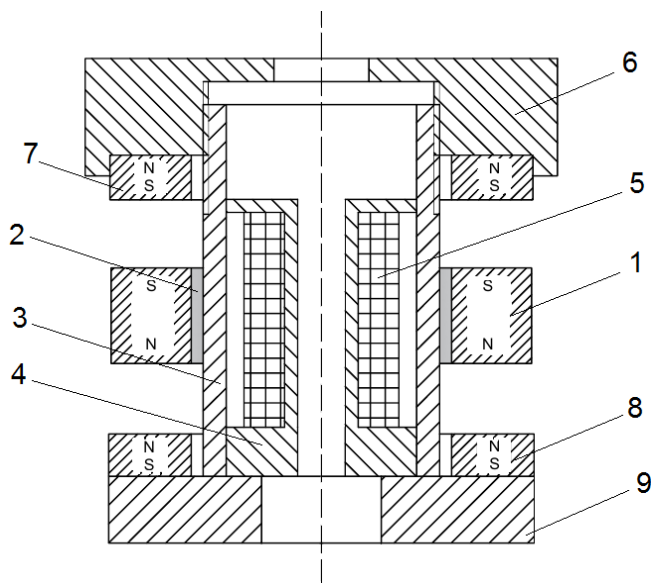


Рис. 1. Магнитожидкостный датчик с внешним расположением чувствительного элемента

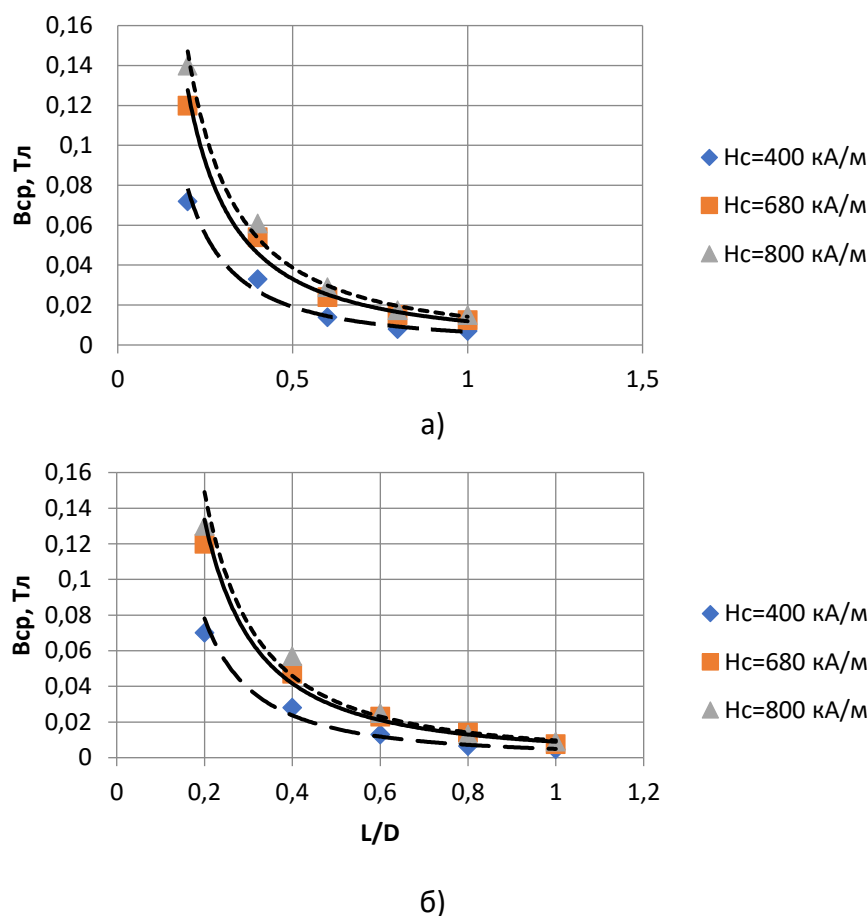


Рис. 2. Графики распределения средней магнитной индукции между одним из магнитов магнитного подвеса и чувствительным элементом:
 а) K17×8×5; б) K9×5×2,5

Из построенных графиков следует, что наибольшее изменение средней индукции наблюдается в диапазоне от 0,2D до 0,4D и составляет 0,04÷0,08 Тл.

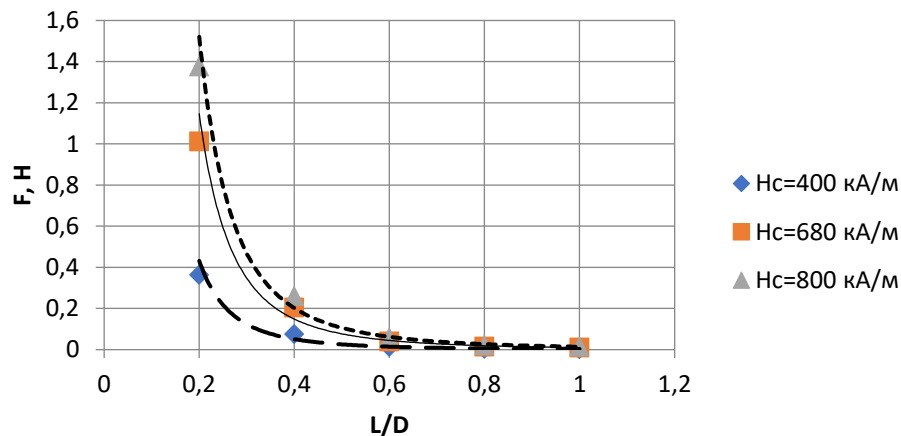
На основании рассчитанных значений средней магнитной индукции определена величина силы отталкивания между чувствительным элементом и одним из постоянных магнитов магнитного подвеса (рис. 3). Для определения величины силы взаимодействия $\bar{F}$ между магнитами использовалась зависимость вида:

$$\bar{F} = \frac{B^2 S}{2\mu_0}$$

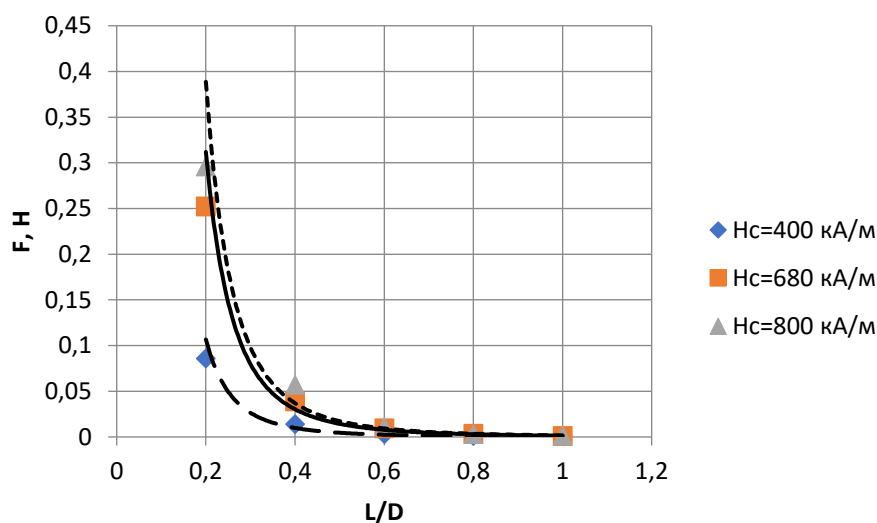
где: B - значение средней магнитной индукции магнитом чувствительного элемента и магнитом магнитного подвеса (Тл);

S - площадь сечения кольцевого постоянного магнита, (м²);

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ А} \cdot \text{м} / \text{л} - \text{значение магнитной постоянной.}$



а)



б)

Рис. 3. Графики изменения силы отталкивания в зависимости от расстояния между одним из магнитов магнитного подвеса и чувствительным элементом:
а) K17×8×5; б) K9×5×2,5

В работе проведен анализ изменения градиента магнитной индукции $\text{grad } \vec{A}$ от расстояния между магнитами при трёх значениях коэрцитивной силы постоянных магнитов. Графики представлены на рис. 4.

Из графиков следует, что максимальный градиент магнитной индукции получен для кольцевых постоянных магнитов, имеющих минимальные размеры. Величина градиента магнитной индукции составляет 250 Тл/м при коэрцитивной силе $H_c = 800 \text{ кА/м}$ и расстоянии между магнитами равными их наружному диаметру $L=D$. Для магнитов, имеющих меньшее значение коэрцитивной силы, величина градиента магнитной индукции также будет максимальной при $L=D$.

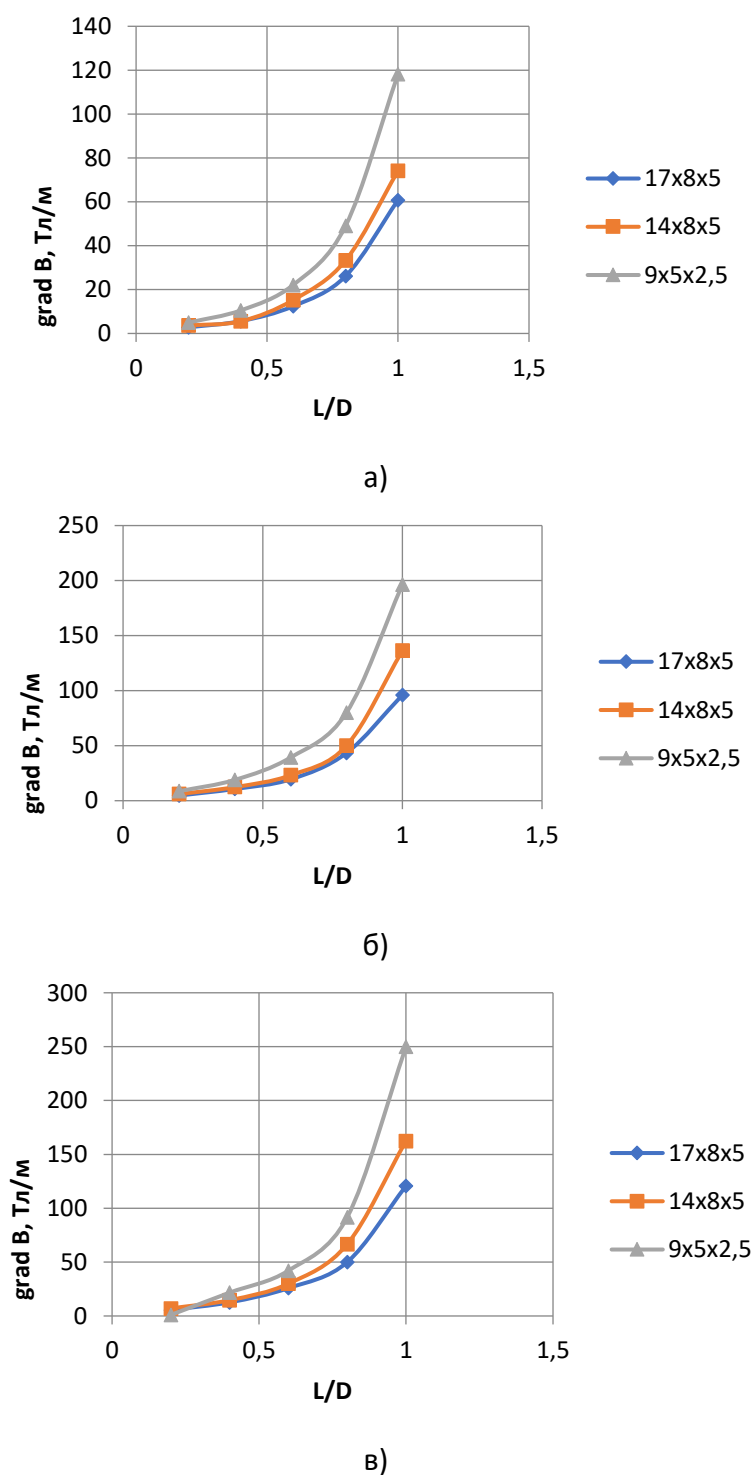


Рис. 4. Изменения градиента магнитной индукции для постоянных магнитов с коэрцитивной силой:
а) – 400 кА/м.; б) - 680 кА/м.; в) - 800 кА/м.

Заключение

1. Результаты численных исследований показывают, что значения магнитной индукции в зазоре находятся в диапазоне от 0,08 до 0,15 Тл при изменении коэрцитивной силы постоянных магнитов от 400 до 800 кА/м. Наиболее резкое увеличение

магнитной индукции наблюдается при соотношении $L/D = 0,2 - 0,4$. В этом диапазоне величина средней магнитной индукции возрастает в 2,8-3 раза, а увеличение силы отталкивания между магнитами в 4-5 раз. При соотношении $L/D = 0,4 - 1,0$ сила отталкивания между чувствительным элементом и постоянными магнитами магнитного подвеса изменяется в 1,2 – 1,4 раза. Эти тенденции сохраняются для магнитов с разным значением коэрцитивной силы.

2. Получено распределение градиента магнитной индукции для трёх размеров кольцевых магнитов. Наибольшее значение градиента наблюдается для кольцевых магнитов, имеющих наименьшие размеры, поэтому необходимо проводить рациональный выбор размеров постоянных магнитов с точки зрения, как массогабаритных параметров датчика, так и его требуемого ресурса работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайкин М.С., Федосеева В.П. Разработка и исследование магнитожидкостных вибродатчиков с магнитным подвесом на кольцевых постоянных магнитах / Вестник Рыбинского государственного авиационно-технического университета имени П.А.Соловьёва. – Изд-во (РГАТУ имени П.А.Соловьёва), N 3 (58), 2021, С.65-71.
2. Сайкин М.С., Федосеева В.П. Разработка и анализ конструкций магнитожидкостных датчиков вибраций / Международный научно-исследовательский журнал. Екатеринбург. N12 (114), 2021, Часть I. Декабрь. С.92-101.
3. Сплендер П.В., Сайкин М.С. Конструктивные пути совершенствования магнитожидкостных датчиков вибраций. Сборник научных трудов 21-ой Всероссийской с международным участием Плёсской научной конференции по нанодисперсным магнитным жидкостям, Россия, Иваново, 2024 г., С.191-198 (сентябрь 2024 г.).
4. Лагуткина Д.Ю., Сайкин М.С. Современные магнитные материалы в электротехнике. Учебное пособие. / ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И.Ленина». – Иваново, 2018. – 104 с.

УДК 679

В.Е. Стюфляев, В.А. Кукушкина

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет»

СТАНКИ ДЛЯ ЮВЕЛИРОВ И ХУДОЖЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация: в статье рассмотрены некоторые особенности применения станков в производстве художественных и ювелирных изделий. Применение высокотехнологичного оборудования, позволит воплощать сложные идеи, ускорит процесс работы и откроет новые возможности для экспериментов с формами, материалами и текстурами.

Ключевые слова: станки, ЧПУ, обработка материалов, гравировка.

V.E. Stuflyayev, V.A. Kukushkina

MACHINES FOR JEWELLERS AND ART PRODUCTION

Abstracts: The article discusses some features of the use of machine tools in the production of art and jewelry. The use of high-tech equipment will allow you to implement the most complex ideas, speed up the work process and open up new opportunities for experimenting with shapes, materials and textures.

Keywords: machine tools, CNC, material processing, engraving.

В век цифровых технологий ювелирное и художественное производство переживает технологический скачок. Современные станки стали незаменимыми, позволяя воплощать сложные идеи, ускоряя процесс работы и открывая новые возможности для экспериментов с формами, материалами и текстурами. В условиях высокой конкуренции, строгих требований к качеству, необходимо не только сохранить уникальность и эстетическую привлекательность изделий, но и сделать производство экономически выгодным, менее трудоёмким.

Комплексное внедрение компьютерных средств трехмерного моделирования в производство художественных и ювелирных изделий раскрыло новые возможности и перспективы.

Рассмотрим основные типы станков для ювелиров и художников.

Фрезерные станки с ЧПУ (числовым программным управлением) – с легкостью создают сложные формы, обрабатывая различные материалы (металл, дерево, пластик). При их помощи изготавливаются изделия сложной конфигурации.

Достоинством станков ЧПУ служит высокая точность работы с 3D-моделями, что важно для ювелиров, которым необходима детальная проработка всех элементов изделия. Станки автоматизируют процесс, значительно ускоряя производство.

Достоинства фрезерных станков: высокая точность, возможность работы с 3D-моделями, создание сложных форм.

Станки значительно сокращают время производства, что делает их незаменимыми в условиях массового выпуска продукции [2].

Приведем пример одного из таких станков (рис. 1) фрезерный станок с ЧПУ AMAN 3040 4axis 1500W. Основные виды обработки: гравировка; резка; 3D-фрезерование; сверление; фрезерование и гравировка на поворотной оси.

Позволяет обрабатывать различные материалы: дерево; пластик; оргстекло ДСП, МДФ, фанеру; легкие металлы (медь, алюминий, латунь).

Основные сферы для применения: рекламная отрасль; творческие мастерские; ювелирное дело / дизайнерские изделия; сувенирная продукция; интерьер и элементы декора.



Рис. 1. Внешний вид станка с ЧПУ AMAN 3040 4axis 1500W

Исследование возможностей применения лазерных станков с успехом проведены на различных художественных материалах: камень, дерево, кожа, ткань и др. Лазерный станок – это оборудование, генерирующее стабильный луч высокой температуры, который падает на поверхность обрабатываемой заготовки малым световым пятном с высокой концентрацией энергии. В точке падения лазер выжигает материал и, в зависимости от настроек устройства, снимает с него верхний слой или создает сквозной рез.

Универсальные устройства нашли широкое применение в ювелирном и художественном производстве. Данные станки применяют для гравировки украшений, резки тонких металлических пластин и для маркировки изделий. Применение лазерной технологии позволяют создавать тончайшие узоры и надписи.

Преимущества лазерных станков: универсальность, возможность работы с различными материалами.

Отметим, что сегодня на рынке представлен широкий ряд лазерных технологических установок для реставрации художественных изделий, что позволяет радикально сократить время реставрации и существенно повысить качество изделий, что делает применение лазерной установки рентабельной.

Среди оборудования существуют компактные лазерные установки для сварки миниатюрных экспонатов и большие лазерные установки открытого типа. Применение лазерных установок позволило поднять методики реставрации на качественно новый уровень.

Применение гравировальных станков направлено на создание узоров, надписей и декоративных элементов, в художественном производстве – декорировать предметы интерьера.

Основные преимущества станков – высокая детализация, т.е. работа с мелкими деталями, позволяет создавать сложные узоры [1].

Приведем пример одного из таких станков (рис. 2) компактный настольный гравировальный станок MAGIC-E3 – это компактный станок, умеющий резать материалы и наносить гравировку, отлично подходит для создания сувениров, табличек и деталей оборудования. Основными элементами станка являются режущие детали, обводной датчик и следящий профиль, считывающий оригинальное изображение или текст, который необходимо перенести на основу.

Гравировальное оборудование отличается конструктивными особенностями, типом режущего элемента, стоимостью и функционалом.

3D-принтеры сделали настоящий прорыв для ювелиров, позволив быстро создавать точные прототипы украшений и восковые модели, которые в последующем используются для литья.



Рис. 2. Внешний вид станка MAGIC-E3

Главное преимущество 3D-принтеров – скорость, возможность экспериментировать с конфигурацией и экономия. Ювелирная точность – понятие, которое точно описывает одно из преимуществ аддитивных технологий: 3D-моделирование и 3D-печать позволяют в короткие сроки создать изделия сложнейшей формы, в том числе очень мелкие, максимально соответствующие изначальной модели.

Процесс состоит из следующих этапов:

1. Разработка цифровой объемной модели в графическом редакторе (3DX Max, 3D-Brush и др.). На этом этапе можно точно определить массу будущего изделия. Специалист, занимающийся моделированием, должен хорошо разбираться в ювелирных технологиях – подборе толщины металлических деталей и огранки камней, закреплении вставок и др.

2. Распечатка модели на принтере, оценка ее параметров, корректировка дизайна, постобработка (удаление поддержек, промывка, закрепление экспозиции в ультрафиолете, полировка и др.).

3. Заливка раствором или гипсом. Прототип припаивают к восковому стволу, заливают специальным составом и ждут отверждения конструкции.

4. Разогрев и обжиг формы в печи. В процессе воск выплавляется и оставляет литейную форму, в точности повторяющую изгибы оригинальной модели.

5. Литье. Расплавленный металл заливают в форму, охлаждают, вымывают заправляющий материал.

6. Постобработка. Готовые изделия извлекают из формы, разделяют, полируют и дорабатывают (например, вставляют драгоценные камни) [3].

Приведем пример одного из таких станков (рис. 3) 3D принтер Creality HALOT-SKY 2022.

Creality HALOT-SKY – фотополимерный принтер последнего поколения. Модель хорошо подходит для решения творческих задач, профессиональной печати и реализации сложных идей.

Принтер оснащен совершенно новым чипом с модернизированным алгоритмом AI и высокопроизводительной материнской платой ARM Cortex-A53. Обеспечивает высокую производительность обработки данных и позволяет понизить энергопотребление и получить качественную модель.



Рис. 3. Внешний вид станка Creality HALOT-SKY



Рис. 4. Восковая модель, выполненная по эскизам при помощи MSM технологии

На рис. 4 представлена авторская восковая модель, напечатанная на принтере

Затронем тему применения прокатных станков. Их используют для создания тонких листов металла и проволоки, которые нужны в ювелирном деле, помогая добиваться равномерной толщины материала. Преимуществом является – экономия времени и усилий мастера, т.к. процесс обработки металла становится проще и быстрее. Прокатные станки позволяют лучше контролировать производственный процесс, позволяя мастерам использовать экологически чистые металлы и материалы. С ростом числа экологически сознательных потребителей спрос на этичные и устойчивые ювелирные изделия находится на рекордно высоком уровне. Мастера могут использовать прокатные станки для создания прекрасных изделий из переработанных металлов, тем самым уменьшая воздействие на окружающую среду.

Сочетание ручной работы и автоматизации, позволяет создавать изделия, где точность машин сочетается с профессиональным творческим подходом мастера [4].

В след тенденциям и инновациям идет искусственный интеллект и автоматизация, современные станки становятся (умнее), повышая точность и эффективность.

Производители делают упор на экологичность и энергоэффективность, снижая энергопотребление. Компактные и мобильные станки популярны среди начинающих мастеров, за счет размеров и комплектации [5].

Развитие 3D-печати и современных технологий в целом позволяет вывести уровень производства художественных изделий на качественно новый уровень.

Современные станки становятся неотъемлемой частью ювелирного и художественного производства, позволяя воплощать в жизнь самые сложные и смелые идеи. Таким образом, ювелирное искусство остается не только ремеслом, но и настоящим искусством, в котором происходит интеграция технологии и креативности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ловыгин А.А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система. 4-е изд. // 2014. – С. 286
2. Бунаков П.Ю. Станок с ЧПУ. От модели до образца // 2013. – С. 120
3. Вереина Л. И. Металлообрабатывающие станки. // Учебник. 2 ИНФРА-М, 2018. – С. 440
4. Стюфляев, В. Е. Перспектива модернизации станков ЧПУ / В. Е. Стюфляев, В. А. Кукушкина // Надежность и долговечность машин и механизмов: Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 270-276.

5. Аддитивные технологии в дизайне и художественной обработке материалов: учебное пособие для СПО / Е. С. Гамов, В. А. Кукушкина, М. И. Чернышова, И. Т. Хечиашвили. – 3-е издание, исправленное. – Липецк, Саратов : Липецкий государственный технический университет, Профобразование, 2024. – 72 с. – (Среднее профессиональное образование). – ISBN 978-5-4488-2034-2. – DOI 10.23682/139709. – EDN EQCUOR.

УДК 620.179: 37.091.33

Н.М. Твердынин, Л.Р. Шарифуллина

Академия гражданской защиты МЧС России имени генерал-лейтенанта Д. И. Михайлика

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОРРОЗИОННО-МЕХАНИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СИЛИКАТНЫХ И МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РАЗРУШЕНИИ

Аннотация: Рассмотрены различные аспекты преподавания материаловедения и смежных дисциплин для студентов и курсантов ВУЗов системы МЧС. При этом особое внимание уделяется вопросам, связанным с прочностью и надёжностью эксплуатации различных материалов и конструкций. На основе полученных результатов дан ряд методических рекомендаций прикладного характера.

Ключевые слова: материаловедение, прочность, надёжность, силикатные материалы, металлы, сравнительный анализ свойств, методика преподавания

N.M. Tverdynin, L.R. Sharifullina

COMPARATIVE ANALYSIS OF CORROSION AND MECHANICAL RESISTANCE OF SILICATE AND METALLIC MATERIALS DURING FRACTURE

Abstract: Various aspects of teaching materials science and related disciplines to students and cadets of universities of the Ministry of Emergency Situations are considered. At the same time, special attention is paid to issues related to the durability and reliability of various materials and structures. Based on the results obtained, the number of methodological recommendations of an applied nature are given.

Keywords: materials science, strength, reliability, silicate materials, metals, comparative analysis of properties, teaching methods.

Изучение прочностных свойств различных материалов применительно к вопросам их механической и механо-химической и коррозионной стойкости имеет достаточно долгую историю в материаловедении и смежных дисциплинах. При этом относительно мало обращают внимание на проблемы методического характера, которые возникают как при повышении квалификации специалистов того или иного профиля, так и при обучении в высших учебных заведениях. В данной статье основное внимание уделено вопросам методического характера, которые возникают у студентов и курсантов Академии гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д. И. Михайлика (АГЗ МЧС) при изучении прочностных характеристик металлических

и силикатных материалов в курсе «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» (МТКМ). При этом были использованы гравиметрические и оптические методы с применением оптико-цифровых микроскопов различных марок с последующей обработкой изображений с использованием компьютерных программ, позволяющих сравнивать и анализировать получаемые изображения поверхностей с целью определения доли хрупкого и пластичного разрушения. Так же были применены методы химического анализа с целью получения сведений о переходе в жидкую фазу отдельных компонентов материалов при воздействии на них химически агрессивной среды и утрате материалом механических характеристик (снижение прочности и др).

При изучении в высшей школе такого предмета как материаловедения следует учитывать, что для каждого сегмента образовательной среды сложились свои традиционные подходы и предпочтения в изучении тех или иных разделов. В частности, для машиностроительных и технологических ВУЗов, выпускавших на протяжении многих десятилетий специалистов по соответствующим направлениям, максимум учебного времени уделялся на изучение основ классического материаловедения, опирающегося на изучение физико-химических свойств материалов и их структуры. [1, 94–106: 2, 402–403]. При возникновении системы вузов МЧС такой подход был по большей части перенесён в соответствующие учебные планы и программы. Традиционно в МЧС доминирует материаловедение с металловедческим уклоном. Попробуем разобрать положительные и отрицательные стороны такого положения дел.

Металлы – основа современной техногенной цивилизации, а сталь представляют основу всего машиностроения, поэтому, с учётом доминирующей роли металлов при изучении материаловедения никто не возражал. Естественно, что у строителей, представителей лёгкой промышленности и других производственных секторов «своё» материаловедение. При этом необходимо ответить, что для МЧС технической и технологической основой были и остаются металлы, поскольку именно они играют основную роль в тех машинах, механизмах и инструментах, которыми пользуются сотрудники МЧС в своей каждодневной работе. Одновременно на протяжении последнего столетия роль неметаллических неорганических материалов и полимерных материалов постоянно росла. Если говорить о керамике и природных полимерах, то, с одной стороны, это не менее древние материалы, чем металлы, а, с другой стороны, многое в нашей повседневной жизни за последние сто лет качественно изменилось, за счет массового применения неметаллических материалов и полимерных материалов (особенно с учётом синтетических полимеров).

Тем не менее, именно металлы обеспечивают в деталях и конструкциях прочность и надёжность эксплуатации, особенно при знакопеременных и изгибающих нагрузках. Хотя техническое развитие постоянно «поднимает планку» для всех конструкционных материалов, но металлы продолжают лидировать в этой гонке. Но доля силикатных материалов при этом в самых разнообразных устройствах и конструкциях тоже постоянно растёт. Именно поэтому представляется логичным расширить учебно-лабораторный эксперимент по материаловедению с привлечением обучающихся к изучению прочности и надёжности силикатных материалов, особое внимание уделяя из совместному использованию с металлами, особенно при наличии коррозионно-активной среды (железобетон и аналогичные материалы). В настоящее время силикаты и полимерные материалы успешно конкурируют с металлами и для каждого конкретного случая подбирается наиболее подходящий вариант, о чём свидетельствует ряд публикаций последнего времени [3, с. 12–19; 4, с. 64–65].

В построении образовательной траектории того или иного профиля обучения для студентов и курсантов АГЗ МЧС необходимо учитывать и межпредметные связи с дисциплинами, преподаваемыми другими кафедрами. Например, кафедра инженерной защиты населения и территорий полагает безусловно необходимым получение обучающимися ещё до изучения специальных дисциплин базовых сведений о цементе и других вяжущих материалах. Для ряда направлений надо более детально изучать эксплуатационные материалы, триботехнические материалы и ряд других.

При организации лабораторного практикума особое внимание уделяется методическим аспектам. Последовательно показываются, демонстрируются и закрепляются взаимосвязи свойств и структуры материалов, сходства и различия свойств. Демонстрируются опыты, показывающие специфику разрушения при сжатии металлов и силикатных материалов. В дальнейшем эти закономерности изучаются на новом уровне при сравнительном анализе взаимодействия металлов и силикатных материалов с агрессивной внешней средой как естественной, так и технической. Таким образом можно говорить о минимум трёхкратном повторении и закреплении материала, относящегося к прочностным характеристикам металлов и силикатов при их сравнительном лабораторном анализе. Первый из этих этапов знакомство с исследовательским материаловедческим оборудованием, включая оптико-цифровые микроскопы и приёмы работы с ними. Второй этап – сравнительный анализ свойств металлов и силикатов и третий – определение коррозионно-механических характеристик и их изменение под воздействием природной и техногенной среды.

При проведении механических испытаний студенты и курсанты получают полезные навыки по определению сравнительных долей хрупкого и пластичного разрушения как для металлов, так и для силикатных материалов. с помощью обработки микрофотографий изломов с помощью специальной компьютерной программы.

На заключительном этапе лабораторного практикума имитируются реальные условия эксплуатации материалов и даются творческие задания. Эти задания (при желании обучающихся могут стать базовыми в ходе выполнения ими выпускной квалификационной работы).

Таким образом можно сделать вывод о возможности комплексного изучения металлических и силикатных материалов в рамках курса «Материаловедение. Технология конструкционных материалов» и использованием разработанных на кафедре химии и материаловедения АГЗ МЧС методических подходов и рекомендаций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Готтштайн, Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн ; перевод К. Н. Золотовой, Д. О. Чаркина; под редакцией В. П. Зломанова. — 4-е изд. — Москва: Лаборатория знаний, 2021. — 401 с. С. 94–106.
2. Краткая энциклопедия по структуре материалов [Текст] / под ред. Д. В. Мартина; пер. с англ. А. А. Шустикова, под ред. Н. И. Бауровой. — Москва: Техносфера, 2011. — 607 с. С. 402–403
3. Улыбин А. В. Особенности контроля сейсмоакустическим методом длины стальных свай различной конструкции. Журнал «Фундаменты» № 4. 2024, с 12–19.
4. Мясникова А. О. Особенности погружения композитных противопучинных свай в мёрзлые грунты буроопукным способом. Журнал «Фундаменты» № 4. 2024, с 64–165.

УДК 624.042.12

А.Р. Тихомиров, М.А. Ноздрин

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

**МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ
АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

Аннотация: Методом конечного элемента проведен расчет модели болтового соединения авиационных пластин. Представлены эпюры перемещений, напряжений и деформаций. Расчетные данные удовлетворяют требованиям, поставленным в задании заказчика.

Ключевые слова: болтовое соединение, авиационные пластины.

*A.R. Tikhomirov, M.A. Nozdrin***MODELING OF JOINTS OF AIRCRAFT STRUCTURAL ELEMENTS**

Abstracts: The calculation of the bolted connection model of aircraft plates was carried out using the finite element method. Diagrams of displacements, stresses, and deformations are presented. The calculated data meets the requirements set out in the customer's assignment.

Keywords: bolted connection, aircraft plates.

Работа содержит решение задачи моделирования болтового соединения авиационных пластин. Рассматриваемое соединение используется в установке кресел пилотов. Установка кресел пилотов – это сложный инженерный процесс, направленный на обеспечение безопасности, комфорта и эффективности работы экипажа. Кресла устанавливаются на полу самолета с помощью специальных высокопрочных креплений, способных выдержать значительные перегрузки при взлете, посадке и турбулентности [1].

Модель соединения состоит из двух алюминиевых пластин (рис. 1).

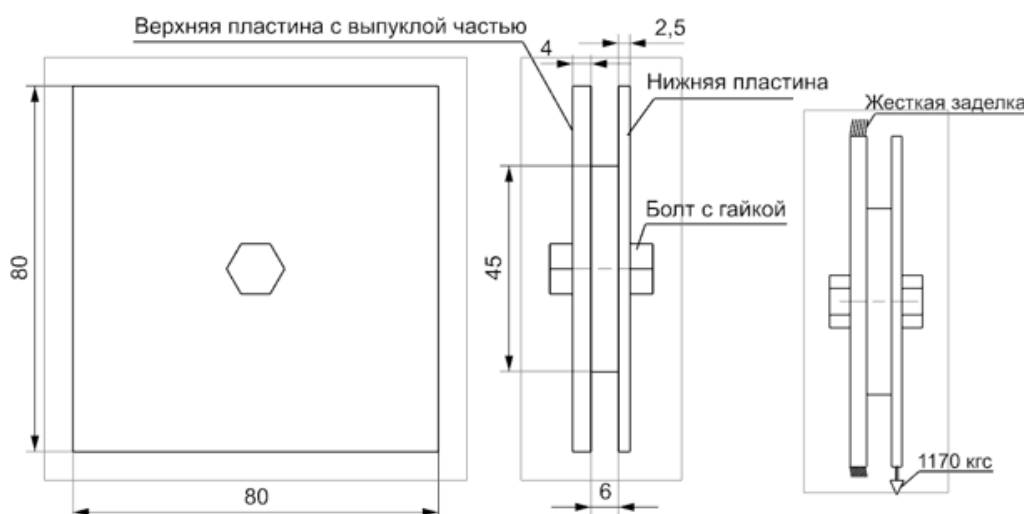


Рис. 1. Расчетная схема соединения пластин

Одна пластина содержит прямоугольную (размеры 80 мм x 80 мм x 4 мм) и круглую выпуклую части (диаметр 45 мм, толщина 6 мм). У второй пластины размеры 80 мм x 80 мм x 2.5 мм. Пластины соединены титановым болтом с гайкой (диаметр болта 5 мм, длина 22,5 мм).

Используется программное обеспечение Siemens NX [2] – это многофункциональный модуль конечно-элементного моделирования с широкими возможностями визуализации результатов моделирования конструкций и их поведения. Модуль содержит все инструменты, которые необходимы любому CAE-специалисту, и поддерживает широкий диапазон инженерных расчетов. NX Advanced Simulation обеспечивает полную ассоциативность расчетных моделей с CAD-моделями, что позволяет специалисту быстро вносить изменения в конструкцию и соответственно в расчетную модель.

Для создания 3D конечно-элементной модели загружаем сборку в Siemens NX. Применяем 3D тетраэдральную сетку (рис. 2). Используем тип элемента CTETRA(4) с размером 1 мм. Общее количество элементов 262846.

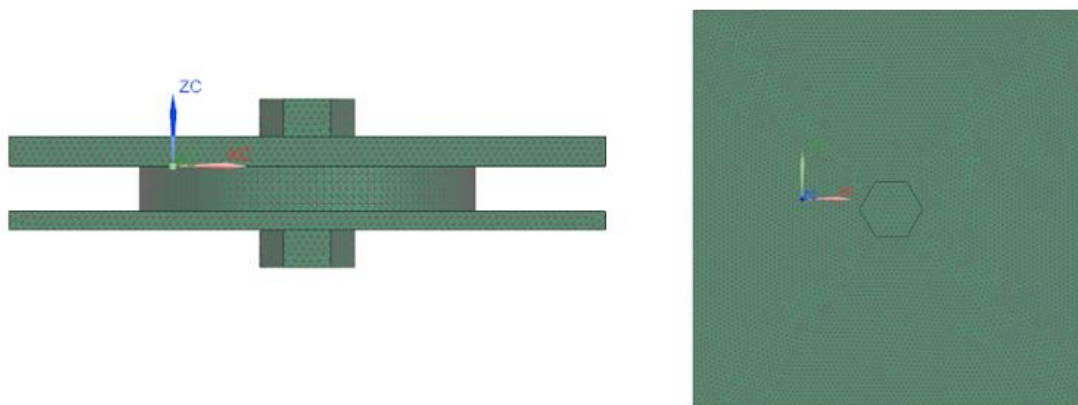


Рис. 2. Общий вид КЭ – модели

Для дальнейшего задания материалов пластины из алюминия, болт с гайкой из титана, необходимо создать разные коллекторы для пластин и болта с гайкой (таблица).

Таблица. Характеристика материалов модели

Материал	Модуль Юнга (E)	Коэффициент Пуассона (NU)	Предел текучести	Плотность (RHO)
Aluminum_2014	72000 МПа	0.33	217 МПа	2.66e-06kg/mm ³
BT16	109870 МПа	0.3	170 МПа	4680m ³

После задание материала создается расчетная модель, в которую входят контакт, нагрузки и ограничения. Контакт присутствует между головкой болта и верхней пластиной, между верхней пластиной и нижней, между «ножкой» болта и пластинами, между нижней пластиной и гайкой (рис. 3). Коэффициент трения принимается 0.15. Между гайкой и болтом действует жесткая склейка. Затяжкой болта пренебрегаем.

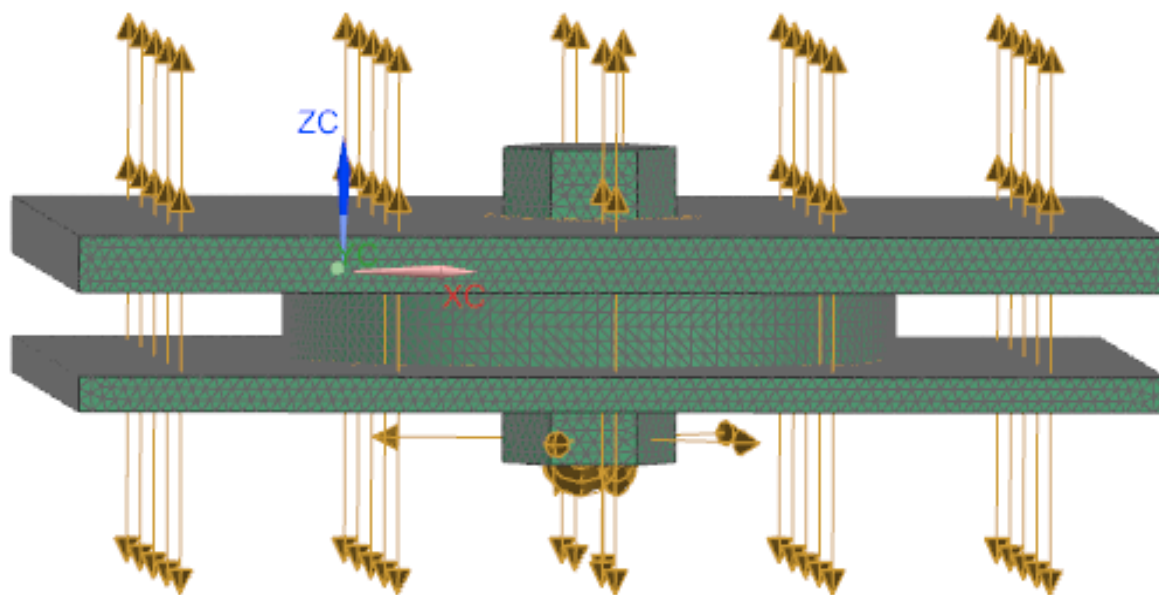


Рис. 3. Задание контактов

Задаем ограничения: верхняя пластина жестко закреплена по двум боковым граням, а вся конструкция неподвижна в вертикальном перемещении (рис.4). Задаем нагрузку 1170 кгс.

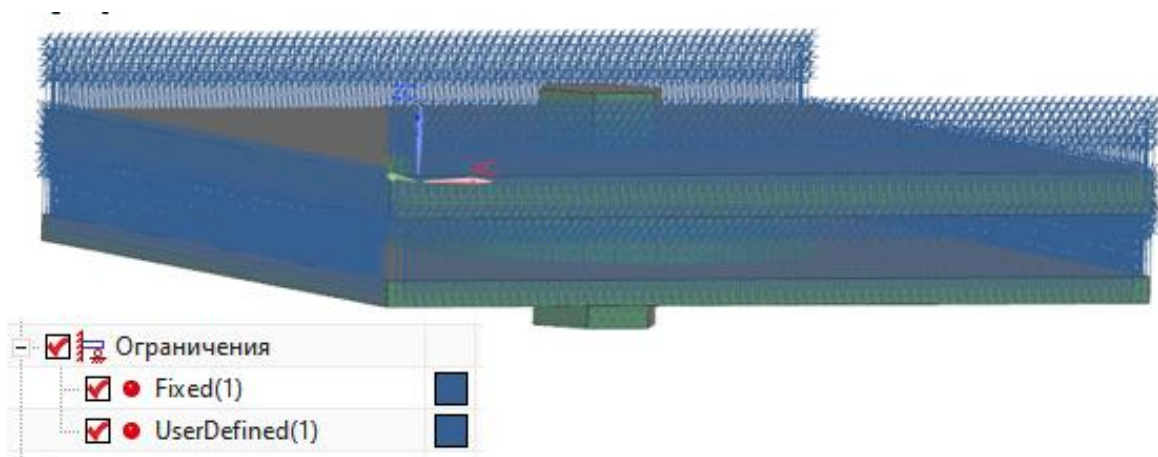


Рис. 4. Задание ограничений

Результаты расчетов представлены на рисунках 5-7.

сборка пластин с бобышкой_i_1_fem1_sim1 : Solution 1 Результат
Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
Перемещение - По узлам, Величина
Мин. : 0.000, Макс. : 0.242, Единицы = mm
Деформация : Перемещение - По узлам Величина

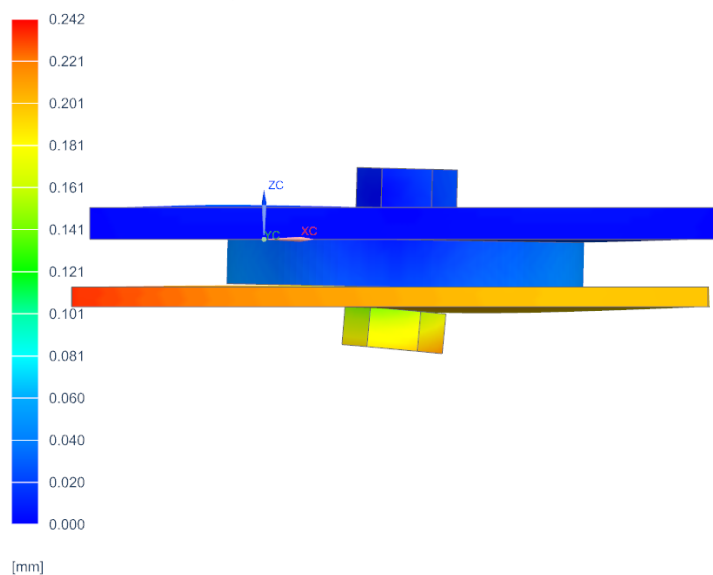


Рис. 5. Перемещение соединения пластин (мм)

сборка пластин с бобышкой_i_1_fem1_sim1 : Solution 1 Результат
Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
Напряжение - По элементам/узлам, Неусредненный, По Мизесу
Мин. : 0.64, Макс. : 1808.14, Единицы = МПа
Деформация : Перемещение - По узлам Величина

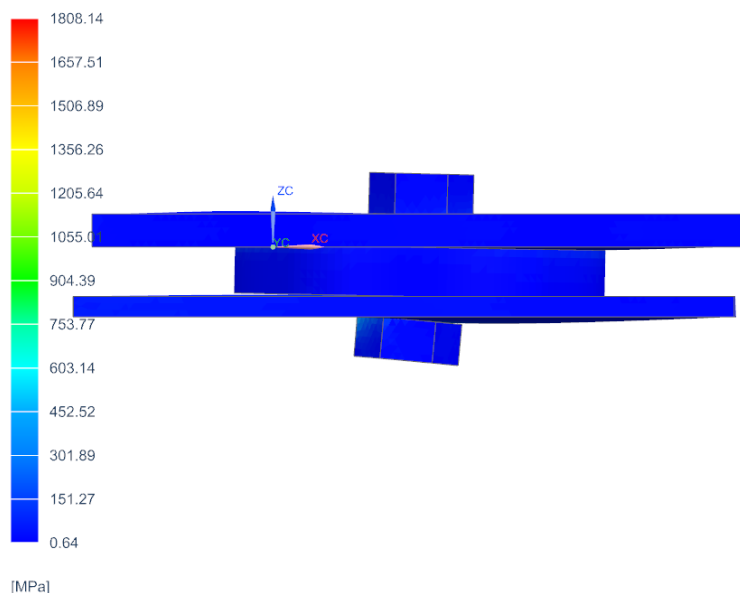


Рис. 6. Напряжение соединения пластин (МПа)

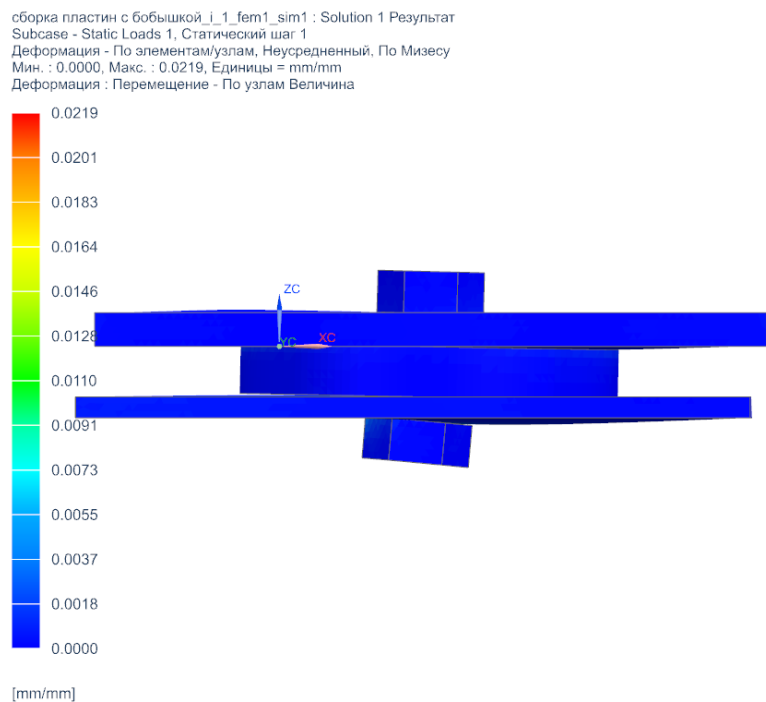


Рис. 7. Деформация соединения пластин

Как видно из рисунков, максимальные значения перемещений равны 0.242 мм, напряжений 1880.14 МПа, деформаций 0.0219. Таким образом решена задача моделирования болтового соединения авиационных пластин. Проведен расчет соединения пластин методом конечных элементов. Представлены эпюры перемещений, напряжений и деформаций. Расчетные данные удовлетворяют требованиям, поставленным в задании заказчика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология самолетостроения / А.Л. Абибов. В.П. Григорьев. М.: Машиностроение, 1970.
2. NX Nastran Numerical Methods User's Guide. – 2011.

УДК 62-97/98

Е.А. Топорова, Д.Д. Шамров

Ивановский политехнический университет

РАЗРАБОТКА МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ И ЗАПИСИ ДАННЫХ НА РАЗРЫВНОЙ МАШИНЕ РМП-500

Аннотация: в данной статье описано устройство и принцип действия системы передачи и записи данных с разрывной машины РМП-500 при помощи механической передачи, потенциометра, контроллера Arduino и персонального компьютера. Данный вопрос актуален, поскольку позволяет получить диаграмму растяжения для различных материалов и образцов.

Ключевые слова: разрывная машина, контроллер Arduino, потенциометр, диаграмма растяжения, зубчатый шкив.

E.A. Toporova, D.D. Shamrov

DEVELOPMENT OF AN UPGRADED DATA ACQUISITION AND RECORDING SYSTEM ON THE RMP-500 BURSTING MACHINE

Abstract: This article describes the device and operating principle of the data transmission and recording system from the RMP-500 bursting machine using a mechanical transmission, a potentiometer, an Arduino controller and a personal computer. This question is relevant because it allows us to obtain a stretching diagram for various materials and samples.

Keywords: bursting machine, Arduino controller, potentiometer, tension diagram, gear pulley.

Испытания на растяжение различных видов материалов, включая конструкционные и текстильные, имеют важное практическое значение, так как необходимо понимать поведение материалов разного состава и характеристик под воздействием растягивающих нагрузок во времени в реальных условиях.

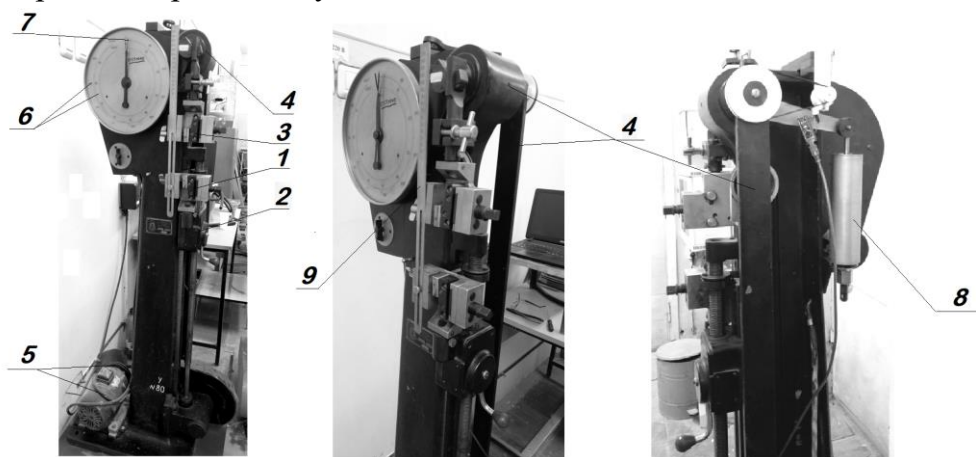


Рис. 1. Общий вид разрывной машины РМП-500

- 1 нижний захват; 2 – суппорт; 3- верхний захват; 4 - маятниковый силоиимеритель;
5 – электродвигатель; 6 – шкала нагрузки; 7- контрольная стрелка;
8 – масляный амортизатор; 9 - рейка с миллиметровой шкалой

Одной из известных испытательных машин является разрывная машина РМП-500, используемая для тестирования проволоки, металлических лент и прочих материалов. Внешний вид этой машины изображён на рисунке 1.

Все узлы разрывной машины типа РМП-500 [1] установлены на станине, выполненной в форме вертикальной стойки (рис. 1). Для крепления испытуемого образца предусмотрены захваты: нижний захват 1, связанный с суппортом 2, и верхний захват 3, который крепится к малому рычагу маятникового силоизмерителя 4. Перемещение нижнего захвата происходит благодаря ходовому винту 5, который приводится в движение электродвигателем 6 через редуктор и клиноременную передачу. Измерение нагрузки производится маятниковым силоизмерителем 4, ось которого установлена на двух шарикоподшипниках в верхней части станины.

Разрывные машины типа РМП разработаны для работы с двумя пределами нагрузок. Маятник машины оборудован двумя сменными грузами, которые выбираются в зависимости от необходимого предела нагрузки. Каждый предел нагрузки соответствует своей шкале 6. Шкала оснащена контрольной стрелкой 7, фиксирующей показание нагрузки в момент разрыва образца. Чтобы предотвратить резкое опускание маятника после разрыва, предусмотрен масляный амортизатор 8. Для измерения деформации исследуемого образца используется рейка с миллиметровой шкалой 9, прикрепленная к суппорту.

Для повышения точности результатов эксперимента по растяжению материала и построения диаграммы растяжения была разработана и собрана система сбора и обработки экспериментальных данных для разрывной машины РМП-500. Механическая часть проектировалась в среде КОМПАС-3D [2]. Система работает согласно структурной схеме измерения параметров растяжения материала, представленной на рис. 2.



Рис. 2. Структурная схема системы измерения параметров испытания на растяжение на основе преобразования угла отклонения маятника разрывной машины в цифровой код платформы Arduino

На рис. 3 изображена общая схема системы сбора и обработки экспериментальных данных на разрывной машине РМП-500. Работа системы организована следующим образом: ведущий зубчатый шкив 1 установлен на одном валу с отклоняющимся маятником. Когда маятник достигает определенного угла отклонения против часовой стрелки, шкив 1 через зубчатый ремень 2 передает вращение на ведомый шкив 3, который расположен на одном валу с потенциометром 4. Вращение вала потенциометра вызывает изменение его электрического сопротивления. Угол максимального поворота вала потенциометра составляет 90° при передаточном отношении между колесами, равном 0,25. Электрическое сопротивление, меняющееся во времени и зависящее от угла поворота маятника, считывается контроллером Arduino 5 и передается в цифровом формате на персональный компьютер, где в программе Serial Port Plotter оно обрабатывается и отображается в виде графика зависимости передаваемого сигнала от времени [3].

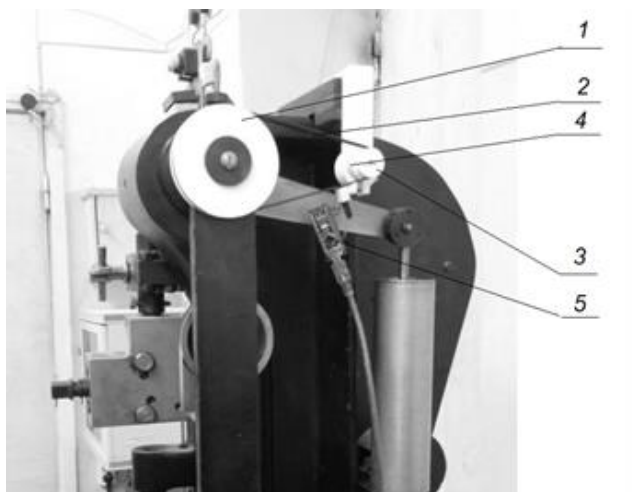


Рис. 3. Общий вид системы получения и обработки и записи экспериментальных данных на разрывной машине РМП-500
1 – ведущий зубчатый шкив;
2 – зубчатый ремень;
3 – ведомый зубчатый шкив;
4 – потенциометр;
5 - контроллер Arduino

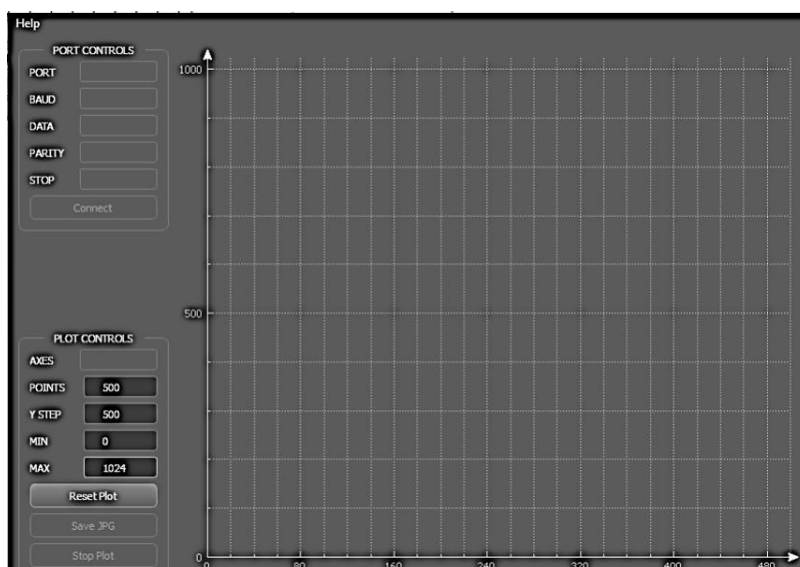


Рис. 4. Интерфейс среды Serial Port Plotter

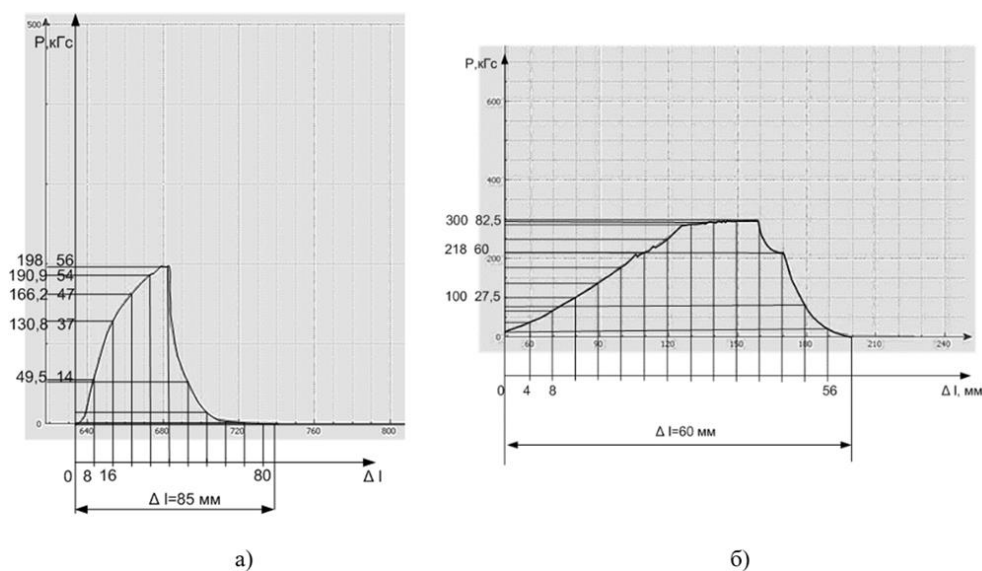


Рис. 5. Сопоставление зависимости выходного сигнала потенциометра от времени с использованием среды Serial Port Plotter с нагрузкой и удлинением образца для:
а) телефонного многожильного кабеля б) полиамидной веревки

Используя разработанную систему, были проведены испытания на растяжение телефонного многожильного кабеля и полиамидной веревки, в результате которых получены зависимости выходного сигнала потенциометра от времени. Учитывая, что нагрузка на образец пропорциональна выходному сигналу потенциометра, а удлинение образца — времени, эти данные позволяют построить диаграмму растяжения образца. На рис. 4 показан интерфейс среды Serial Port Plotter, а на рис. 5 - сопоставление зависимостей выходного сигнала потенциометра от времени для телефонного многожильного кабеля и полиамидной веревки с параметрами нагрузки и удлинения образца, используя среду Serial Port Plotter.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разрывные машины на 50 кГ и 500 кГ типа РМП-50У и РМП-500 Руководство по пользованию / ММиП СССР. Главточмаш. Гос. союзный Моск. эксперим. завод испытательных машин и весов. — Москва : Б. и., 1954. — 8 с. черт.; 22.
2. Азбука КОМПАС-3D. Руководство пользователя – URL: https://kompas.ru/source/info_materials/2021/Азбука%20КОМПАС-3D.pdf (дата обращения: 29.03.2023) – Текст : электронный
3. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino - 2-е изд. перераб. доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 464 с.

УДК 621.8

Е.М. Фишер, В.П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

О НЕОБХОДИМОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОТДЕЛЬНОГО СТАЦИОНАРНОГО ПОСТА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО РЕАГИРОВАНИЯ СЛУЖБ СПАСЕНИЯ ПРИ ДТП

Аннотация: материал статьи посвящен вопросу реагирования специальных служб спасения на дорожно-транспортные происшествия; затрагиваются актуальные вопросы усовершенствования работы служб спасения по средствам создания специальных стационарных постов для оперативного реагирования; определены проблемные моменты и предложены пути решения для оптимизации работы специальных служб.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, дорожно-транспортное происшествие, служба спасения, время реагирования, безопасная транспортная среда, стационарный пост.

E.M. Fischer, V.P. Zarubin

ON THE NEED TO DESIGN A SEPARATE STATIONARY POST FOR THE RAPID RESPONSE OF EMERGENCY SERVICES IN CASE OF AN ACCIDENT

Abstract: the material of the article is devoted to the issue of the response of special rescue services to road traffic accidents; topical issues of improving the work of rescue services by creating special stationary posts for rapid response are discussed; problematic issues are identified and solutions are proposed to optimize the work of special services.

Keywords: emergency, traffic accident, rescue service, response time, safe transport environment, stationary post.

Вопросами технического обслуживания и ремонта транспортных средств занимаются с целью создания условий для надежной и безотказной работы как отдельных механизмов, так и всего транспортного средства. Нарушение в работе узла, или даже одной детали может привести к поломке автомобиля, а в случае возникновения неисправности вовремя движения к аварии. Увеличение количества транспортных средств приводит к повышению количества дорожно-транспортных происшествий и вызывает необходимость создания эффективных механизмов для быстрого реагирования на такие чрезвычайные ситуации аварийно-спасательных служб.

Актуальность рассматриваемого вопроса обусловлена не только увеличением числа ДТП, но и необходимостью повышения качества и скорости реагирования на такие происшествия. В условиях, когда каждая секунда может сыграть решающую роль в спасении человеческой жизни, важно иметь четко организованную структуру, которая позволит минимизировать время прибытия спасателей на место происшествия. В этом контексте проектирование стационарного поста становится не просто технической задачей, а важным шагом к созданию более безопасной транспортной среды.

Создание безопасной транспортной среды требует отдельного рассмотрения нескольких частей и объединения их для получения максимального эффекта.

Техническое обеспечение поста является одной важной темой, которая требует внимательного рассмотрения. В условиях быстроменяющейся технологической среды необходимо учитывать современные достижения в области связи, навигации и медицинского оборудования. Определение необходимых технических средств и оборудования позволит обеспечить пост всем необходимым для эффективного выполнения своих функций.

Подготовка специалистов, работающих на посту, также требует особого внимания. Важно не только обеспечить их необходимыми знаниями и навыками, но и создать систему постоянного обучения и повышения квалификации.

Стратегическое размещение поста является еще одной важной задачей, которую необходимо решить в рамках проектирования. Оптимальное расположение поста позволит сократить время реагирования на ДТП и повысить общую эффективность работы спасательных служб.

Изучение статистических данных по дорожно-транспортным происшествиям за последние четыре года позволяет сделать заключение о растущем количестве аварий. Повышение аварийности на дорогах требует не только создания новых постов, но и их оснащения современными технологиями, что напрямую влияет на эффективность работы экстренных служб. Важно отметить, что технические средства, такие как автоматизированные системы, способны существенно увеличить скорость реакции на чрезвычайные ситуации, что особенно критично при ДТП. Увеличение числа ДТП также связано с ростом автомобильного потока и дорожными заторами, что требует перепроектирования схем взаимодействия экстренных служб. Возможность обеспе-

чить быструю помощь заключается в создании оптимально расположенных стационарных постов, что позволит минимизировать время прибытия спасателей на место происшествия. Важно, чтобы такие посты были установлены в местах с высоким уровнем аварийности, что позволит улучшить структуру реагирования.

Анализ существующих стационарных постов для оперативного реагирования на ДТП штатных поисково-спасательных формирований, а также оценка их оснащенности специальным оборудованием и техникой указывает на необходимость проведения серьезных реорганизационных работ и работ по переоснащению. Стоит отметить необходимость концентрации внимания на управлении такими постами. Управление постом для оперативного реагирования на ДТП требует четкой и эффективной структуры, способной обеспечить взаимодействие различных служб и оптимизацию их действий. Центральное место в этой системе занимает программно-технический комплекс. Он позволяет координировать усилия и быстро отвечать на изменения обстановки при ликвидации последствий ДТП. Основу структуры управления постом составляет централизованная система, однако нестабильность взаимодействия между службами является серьезной проблемой. Различные экстренные службы, такие как МЧС, МВД и службы медицинской помощи, должны действовать в тесной связке, чтобы обеспечить минимизацию времени реагирования.

Таким образом, структура управления стационарным постом представляет собой сложную многослойную систему, требующую глубокого понимания всех её составляющих и взаимодействий. Устранение существующих недостатков и внедрение современных технологических решений позволит существенно повысить уровень реагирования на ДТП и обеспечить более эффективное взаимодействие всех сервисов, вовлечённых в этот процесс.

Современная инфраструктура аварийно-спасательных служб (АСС) в России требует тщательного анализа существующих стационарных постов для оперативного реагирования на дорожно-транспортные происшествия (ДТП). Один из ключевых аспектов такого анализа – это оценка профессиональной компетенции и достаточности человеческих ресурсов, а также соответствия техники и оборудования современным требованиям и условиям работы.

Оптимальное размещение и комплектация постов АСС напрямую влияет на готовность к реагированию в чрезвычайных ситуациях. В этом контексте важным является обеспечение финансовой устойчивости и наличие современного оборудования. Статистические данные указывают на значительные проблемы с финансированием, что ведет к устареванию техники и оборудования, а также сокращению числа формирований. Модели функционирования постов, которые должны учитывать характеристики территории, помогают выявить сильные и слабые стороны существующих решений на местном уровне.

К числу выявленных недостатков относится также проблема неэффективного финансирования, что в свою очередь приводит к сокращению возможностей для обновления технической базы и влияния на общий уровень готовности к различным чрезвычайным ситуациям. Выводы экспертов подчеркивают, что недостаточная численность и квалификация сотрудников АСС не могут обеспечить необходимый уровень быстрого реагирования. Проблема усугубляется постоянным увеличением числа дорожных происшествий, требующих вмешательства служб спасения.

Основываясь на длительных экспериментах и исследованиях, были выявлены рекомендации для повышения эффективности работы постов АСС. В числе наиболее удачных решений выделены модели, предполагающие выделение специализированных ресурсов для каждой ситуации, что позволяет оптимизировать время реагирования и улучшить организацию работы спасательных команд. Важным аспектом выступает создание системы мониторинга и анализа динамики ДТП на определенной территории, что дает возможность заранее планировать расположение постов и обеспечить быструю доступность необходимых ресурсов.

Кроме того, необходимо учитывать современные технологии, внедрение которых может помочь в организации работы спасательных служб. Разработка объединенной информационной системы, способной отслеживать происшествия в реальном времени, значительно упростит работу АСС и повысит ее эффективность. Коммуникация между постами и центральными органами управления также требует особого внимания, так как без оперативного обмена информацией эффективно реагировать на ситуации становится затруднительно. Проблема нехватки профессионально подготовленных специалистов также стоит на первом плане. Обучение и тренировка операторов, принимающих решения на стационарных постах, безусловно, являются неотъемлемой частью успешного функционирования АСС.

Таким образом, на основе вышесказанного, можно сделать вывод, что успешное функционирование стационарных постов для реагирования на ДТП требует комплексного анализа существующих систем, владения современными методами обучения персонала и внедрения специализированных технологий. Эти меры могут сделать систему аварийно-спасательных служб более эффективной и способной успешно справляться с любыми вызовами.

Важность стратегического размещения стационарного поста для оперативного реагирования на ДТП обусловлена необходимостью оптимизации ресурсов и повышения эффективности взаимодействия между различными звеньями поисково-спасательных формирований. Для успешного реагирования необходимо учитывать как физическую, так и социальную инфраструктуру территории, что напрямую влияет на оперативные возможности служб.

Проектирование поста должно основываться на многокритериальном анализе, который включает в себя оценку рисков, анализа трафика и потенциальных мест происшествий. Каждый элемент этого анализа позволяет выделить ключевые географические точки, которые могут оказаться наиболее уязвимыми в случае возникновения ДТП. При этом необходимо проанализировать демографические данные, чтобы правильно нюансировать распределение сил и средств в зависимости от времени суток и сезонных колебаний активности населения.

Логистика размещения поста станет важной составляющей для немедленного реагирования. Это включает в себя кратчайшие маршруты доступа к местам возможных происшествий и наличие необходимых ресурсов, таких как медицинские учреждения и дополнительные службы. Например, установка постов в зонах с высоким уровнем интенсивности движения повысит шансы на быстрое вмешательство в случае аварии. Стратегическое размещение стационарного поста для оперативного реагирования на ДТП требует комплексного подхода, который включает в себя детальный анализ рисков, оптимизацию логистики и интеграцию современных технологий.

Это позволит значительно снизить последствия аварий и повысить безопасность на дорогах.

Таким образом, в условиях современного общества, где скорость реагирования на чрезвычайные ситуации может спасти жизни, создание стационарного поста становится не просто желательным, а жизненно необходимым. Учет нормативных правовых актов и интеграция новых технологий играют ключевую роль в создании эффективного механизма, который позволит улучшить работу спасательных служб в экстренных ситуациях, а реализация современных разработок может значительно повысить уровень безопасности на дорогах и, в конечном итоге, спасти жизни людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. М. Е. Бабич, А. В. Чуваев, М. В. Мёдов Совершенствование системы реагирования пожарно-спасательных подразделений на дорожно-транспортные // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2019. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-sistemy-reagirovaniya-pozharno-spasatelnyh-podrazdeleniy-na-dorozhno-transportnye> (19.03.2025).
2. Тхакохов А.А., Перевозчиков А.В. Предложение по оснащению спасательных подразделений для повышения эффективности реагирования на дорожно-транспортные происшествия // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2023. №6-3 (81). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/predlozhenie-po-osnascheniyu-spasatelnyh-podrazdeleniy-dlya-povysheniya-effektivnosti-reagirovaniya-na-dorozhno-transportnye> (13.01.2025).
3. Бирюков Д.С., Заславская О.В. Оптимальное размещение и комплектация аварийно-спасательных служб для реагирования на чрезвычайные ситуации // Вестник Национального технического университета Харьковский политехнический институт. Серия: Информатика и моделирование. 2013. №39 (1012). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/optimalnoe-razmeschenie-i-komplektatsiya-avariyno-spasatelnyh-sluzhb-dlya-reagirovaniya-na-chrezvychaynye-situatsii> (12.12.2024).
4. Легкова, И. А. Предложение по оптимизации сбора и выезда личного состава по тревоге / И. А. Легкова, В. П. Зарубин, В. В. Анисимова // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, в 2 ч., Москва, 17–18 марта 2022 года. Том Часть 1. – Москва: Академия ГПС МЧС РФ, 2022. – С. 136-140.
5. Трусова, В. В. К вопросу современной профессиональной подготовки в области пожарной безопасности / В. В. Трусова, В. П. Зарубин // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов : Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново, 21 апреля 2020 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2020. – С. 432-436.
6. Шевцов, В. А. К вопросу выбора оборудования для постов технического обслуживания пожарных автомобилей / В. А. Шевцов, В. П. Зарубин // Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 29–30 ноября 2018 года. Том Часть 1. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС РФ, 2018. – С. 566-568.
7. Использование программы ArchiCAD при моделировании чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах / В. Е. Иванов, И. А. Легкова, В. П. Зарубин, Н. А. Кропотова // Актуальные проблемы пожарной безопасности : материалы XXVIII международной научно-практической конференции: в 2 частях, Ногинск, 19–20 мая 2016 года. Том Часть 1. – Ногинск: Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2016. – С. 417-421.

УДК 744:004.9:378.147

С.М. Червоноокая

Академия ГПС МЧС России

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ОБУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРОВ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ПРОФИЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПАС-ГРАФИК

Аннотация: статья исследует методы обучения инженерной графике обучающихся противопожарного профиля с использованием КОМПАС-График. Рассмотрены педагогические подходы: проектные задания, групповая работа, анализ качества выполнения расчетно-графических работ (РГР). Акцент сделан на разделах: чертеж детали, сборочный чертеж, разрезы и сечения. На примерах противопожарной техники показано, как САД-системы автоматизируют проектирование, повышают точность и развивают системное мышление. Результаты подтверждают эффективность интеграции технологий в подготовку специалистов для аварийных ситуаций.

Ключевые слова: моделирование механических систем, автоматизация проектирования, КОМПАС-График, инженерная графика, педагогические приемы, противопожарные системы, сборочный чертеж.

S.M. Chervonookaya

MODELING OF MECHANICAL SYSTEMS IN THE TRAINING OF FIRE ENGINEERS USING COMPASS-GRAPH

Abstract: The article examines the methods of teaching engineering graphics to students of the fire profile using KOMPAS-Graph. Pedagogical approaches are considered: project tasks, group work, analysis of the quality of computational and graphic work (RGR). The emphasis is on the sections: part drawing, assembly drawing, sections and sections. Examples of firefighting equipment show how CAD systems automate design, improve accuracy and develop systems thinking. The results confirm the effectiveness of integrating technology into the training of specialists for emergency situations.

Keywords: modeling of mechanical systems, design automation, COMPASS schedule, engineering graphics, pedagogical techniques, fire protection systems, assembly drawing.

Инженерная графика является фундаментальной дисциплиной для обучающихся противопожарного профиля, формирующей навыки проектирования и анализа механических систем различного назначения: пожарные насосы, системы вентиляции, элементы спецтехники, модули пожаротушения. В условиях цифровизации образования и производства растет потребность в использовании систем автоматизированного проектирования, среди которых особое место занимает отечественная программа КОМПАС-График, позволяющая автоматизировать процесс создания чертежей, моделировать сборки и анализировать геометрические параметры объектов [1].

Согласно Федеральному государственному образовательному стандарту для пожарных специальностей одной из общекультурных компетенций является способность разрабатывать проектную и распорядительную документацию, участвовать в разработке нормативных правовых актов в области обеспечения пожарной безопасности, ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, защиты и спасения человека, защиты окружающей среды. К тому же выпускники могут осуществлять профессиональную деятельность, связанную с решением проектно-конструкторских задач в сфере обеспечения пожарной безопасности. Таким образом, навыки и умения, полученные при изучении инженерной графики, являются необходимыми для осуществления профессиональной деятельности [4].

Интегрированный подход к обучению инженерной графики включает несколько взаимосвязанных компонентов:

- профессионально ориентированное обучение, предполагающее выполнение проектов, связанных с разработкой элементов противопожарного оборудования;
- использование методики обучения в сотрудничестве, реализуемые через групповую работу над сборочным чертежом;
- многоуровневая система оценки качества выполнения РГР, включая самооценку, взаимную оценку и экспертную оценку преподавателя;
- практико-ориентированные задания, моделирующие реальные производственные ситуации в области проектирования противопожарного оборудования.

Практическая реализация педагогических подходов к изучению инженерной графики осуществляется через последовательное изучение ключевых разделов машиностроительного черчения: «Чертеж детали по чертежу виду общего (сборочного чертежа)», «Сборочный чертеж» и «Разрезы и сечения», с акцентом на практико-ориентированное обучение.

Первым этапом обучения является создание детализированного чертежа на основе сборочного чертежа. Данный раздел дисциплины позволяет идти от абстракции к точности, исследуя детализацию и функциональное назначение собранного изделия. Для обучающихся противопожарного профиля целесообразно использовать объекты, связанные с их специализацией: например, проектирование сопла пожарного ствола или клапана гидранта [5].

Поэтапное освоение инструментов КОМПАС, ориентированное на профессиональные изучение специальной техники, начинается с настройки шаблонов чертежей (ГОСТ Р 2.109-2021 для противопожарной техники). Использование инструментов «Размеры» и «Допуски» для точного задания параметров позволяют углубиться в библиотеку стандартных элементов графической программы.

Обучающиеся получают сборочный чертеж изделия, по которому воссоздают чертежи нестандартных деталей в графическом редакторе КОМПАС-График, применяя слои для выделения конструктивных элементов (рабочая часть, крепежные элементы), создают новые виды для масштабирования вынесенных элементов (например, проточки).

Для освоения возможностей компьютерной программы КОМПАС-График было предложено поместить растровое изображение задания сборочного чертежа «Вентилля» на поле чертежа, в котором и выполнялись чертежи деталей клапана и гайки. При этом использовались опции масштабирования с коэффициентом «отношение длин кривых» для получения пропорциональности линейных размеров (рис. 1).

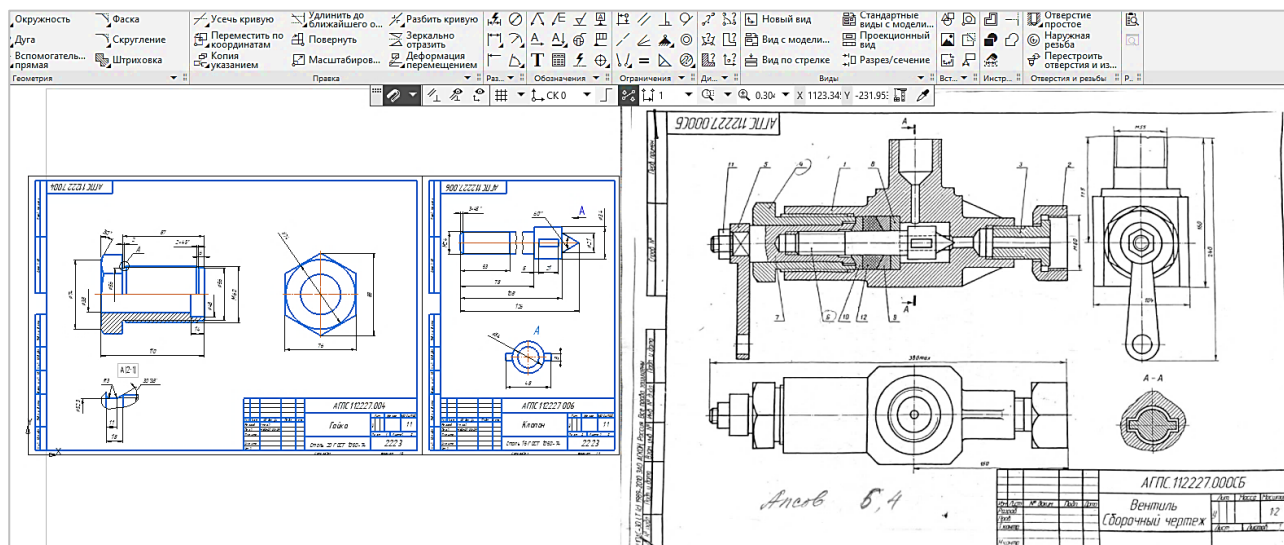


Рис. 1. Пример моделирования чертежей деталей
с растровым изображением задания на графической области документа

В процессе выполнения данной работы проанализирована эффективность использования растровых изображений в качестве базового изображения на графической области документа с целью проведения замеров будущих моделей деталей, применения параметрических связей при групповой работе для создания чертежей противопожарного оборудования.

Работа по выполнению «Сборочного чертежа» развивает системное мышление и взаимодействие компонентов. Сборка противопожарных систем (например, модуля автоматического тушения) требует понимания взаимного расположения деталей. КОМПАС-График предоставляет инструменты для создания сборок, включая параметрические связи и проверку несоответствий.

При выполнении сборочного чертежа «Крана распределительного» обучающиеся делятся на команды, каждая из которых разрабатывает отдельные компоненты (корпус, фланцы, пробка), после чего объединяет их в общий сборочный чертеж (рис.2). При этом данные группы градируются на контрольную группу (обучающиеся по традиционному методу: ручное черчение и минимальное использование САПР) и экспериментальную (обучающиеся используют графический редактор КОМПАС-График ко всем проектным заданиям РГР).

Особое внимание уделяется обучению работе с библиотекой стандартных крепежных деталей и автоматизации создания спецификации, что существенно повышает производительность проектирования.

Данный подход обеспечивает формирование профессиональных компетенций в области коллективной разработки технической документации, что является важным элементом подготовки инженеров пожарной безопасности [3].

Подобная работа помогает обучающимся осваивать технологические особенности каждой детали при выполнении чертежей деталей по имеющимся эскизам, входящей в состав изделия. Условности и упрощения, применяемые при выполнении сборочных чертежей, дают понимания о составе каждого элемента детали, которые возможно упростить в сборочном чертеже (проточки, зазоры, галтели, лекальные ли-

нии перехода и т.п.) и функциональные зоны изделия (проточки для крепления фланца, отверстия для изменения направления потока жидкости и т.п.).

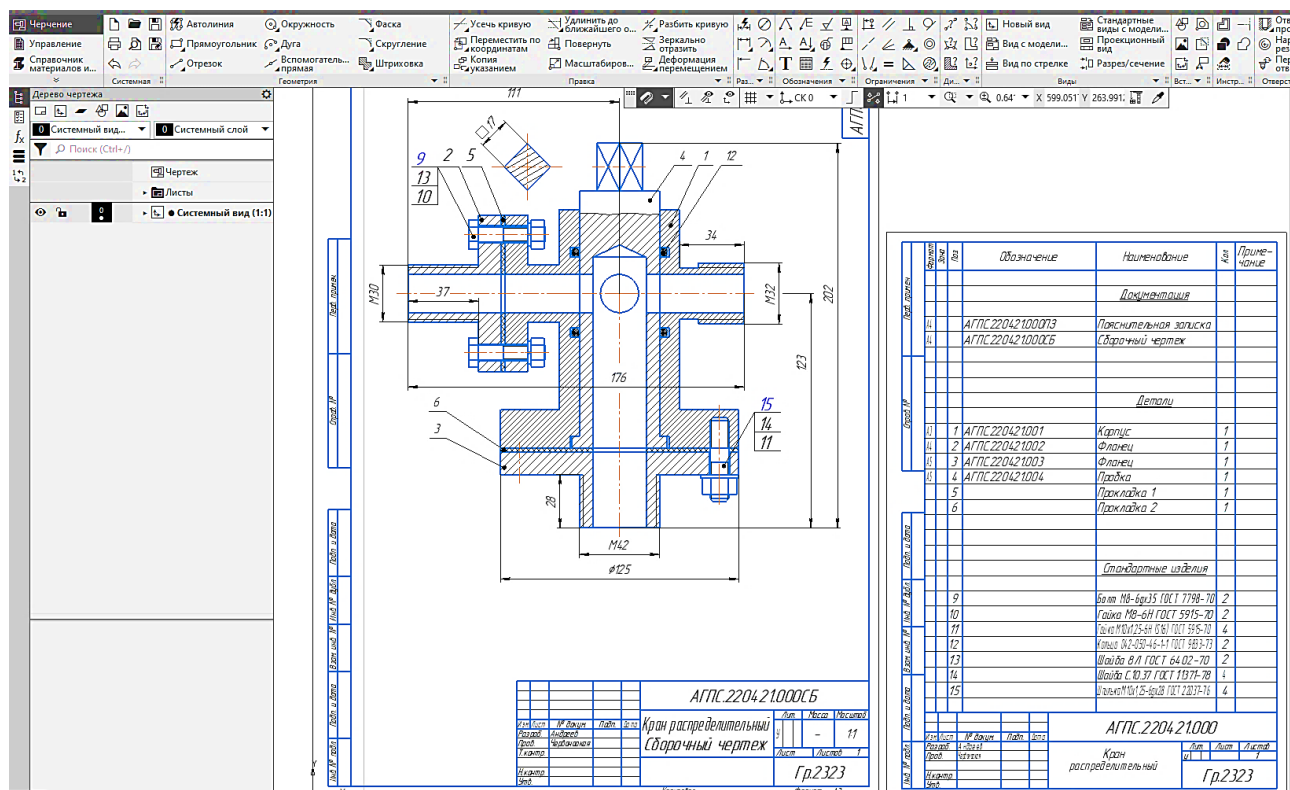


Рис. 2. Пример выполнения сборочного чертежа «Крана распределительного» из смоделированных в КОМПАС чертежей нестандартных деталей

При выполнении расчетно-графических работ по разрезам и сечениям основной задачей является развитие пространственного мышления и навыков визуализации внутренней структуры изделий. Для противопожарных систем особую важность представляет корректное отображение внутренних каналов устройств, обеспечивающих подачу огнетушащих веществ, что реализуется с помощью инструментов «Сечение» и «Местный разрез» в среде КОМПАС-График.

Педагогический подход при изучении данного раздела дисциплины дает возможность проанализировать аварийную ситуацию (засорение трубопровода) с изучением внутренней геометрии через сечения. Для примера создание объемной 3D-модели пожарного гидранта с последующим «разрезанием» для демонстрации внутренних клапанов дает более детальное представление о конструкции изделия.

Интегрированный подход к обучению и автоматизированному проектированию механических систем применялся в течении двух семестров с участием обучающихся противопожарного профиля. Основными критериями оценки эффективности являлись:

- качество выполнения конструкторской документации в соответствии со стандартами ЕСКД;
- время, затраченное на создание типовых чертежей контрольной группой обучающихся и экспериментальной до и после обучения соответствующих разделов дисциплины;

- способность к самостоятельному решению нестандартных задач проектирования;
- уровень развития системного инженерного мышления по результату выполненных РГР.

Экспериментально подтверждено, что предложенный интегрированный подход способствует развитию системного инженерного мышления, повышению скорости проектирования на 42 % и улучшению способности решения нестандартных инженерных задач на 37 %.

Скорость проектирования отражает время, затраченное обучающимися на создание чертежа детали и сборочного чертежа от начала работы до завершения с соблюдением ГОСТов ЕСКД. Ускорение на 42 % означает, что при использовании системы автоматического проектирования КОМПАС-График и педагогических методов обучающиеся выполняют задания почти в 1,5 раза быстрее. Среднее время выполнения одинакового задания в контрольной группе — 90 минут, в экспериментальной — 52 минуты.

Показатель «Улучшения нестандартных инженерных задач» на 37 % описывает способность находить оптимальные решения для выполнения работы: устранение несоответствий между базовыми и упрощенными изображениями деталей, правильность сборки крепежных соединений, соответствие ГОСТам, минимизация времени выполнения чертежа, правильность знако-цифровой категории изображений. Каждое решение оценивалось по шкале от 1 до 10, где 10 — максимальный балл. Средний балл контрольной группы — 6,2, экспериментальной — 8,5.

Использование КОМПАС-График в обучении инженеров противопожарного профиля позволяет не только автоматизировать рутинные задачи, но и развивать системное мышление, необходимое для проектирования надежных механических систем. Интеграция проектных методов, групповой работы и анализа реальных конструкций (изделий) формирует компетенции, соответствующие требованиям современных стандартов [1]. Дальнейшее развитие направления связано с внедрением VR-моделирования для отработки действий в аварийных сценариях [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов А.В. *Инженерная графика в КОМПАС-3D*. М.: ДМК Пресс, 2020.
2. Петров С.К. *CAD-технологии в подготовке инженеров пожарной безопасности* // Журнал «Пожаровзрывобезопасность», 2022. №4. С. 45-50.
3. Программа повышения квалификации «КОМПАС-График» // ЦДО МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025.
4. Развитие мотивационных аспектов при самостоятельном изучении инженерной графики с использованием компьютерных технологий [Текст]: отчет о НИР (заключ.): 07-12/ Академия ГПС МЧС России; рук. Червоноокая С. М.; исполн.: Червоноокая С.М., Толпекина М.Е., Кучер Т.В. – М., 2023. – 71 с. – № 122122000079-4.
5. Рыбакова А.В., Мурашко В.С. Автоматизация проектирования технологических процессов для деталей типа «Втулка» // Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, 2024.

УДК 614.842

А.К. Черивханова, П.В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ КОМБИНИРОВАННОГО ПОЖАРНОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ТУШЕНИЯ НИЗОВЫХ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

Аннотация: в данной статье рассматриваются методы тушения ландшафтных пожаров и шанцевый инструмент, используемый для их тушения. Предложена новая конструкция комбинированного инструмента «грабли-мотыга» с телескопическим черенком. Описана конструкция и преимущества данного устройства перед существующими аналогами.

Ключевые слова: ландшафтный пожар, мотыга, грабли, черенки, горение.

A.K. Cherivkhanova, P.V. Puchkov

DESIGN DEVELOPMENT OF A COMBINED FIRE FIGHTING TOOL FOR EXTINGUISHING GRASSROOTS LANDSCAPE FIRES

Abstract: This article discusses methods of extinguishing landscape fires and trench tools used to extinguish them. A new design of the combined tool "rake-hoe" with a telescopic handle is proposed. The design and advantages of this device over existing analogues are described.

Keywords: landscape fire, hoe, rake, cutting, gorenje.

Ландшафтные пожары представляют собой серьезную угрозу экологической безопасности государства и жизни людей. Они характеризуются быстрым распространением огня на большие территории, что делает их сложными для локализации и ликвидации. В данной статье рассматриваются основные методы борьбы с ландшафтными пожарами, и предлагается конструкция ручного пожарного инструмента для тушения низкой растительности.

Рассмотрим существующие методы тушения ландшафтных пожаров. Механическое тушение пожара включает использование различной техники для создания противопожарных полос и минерализованных барьеров. Эти полосы препятствуют распространению огня путем удаления горючих материалов. Эффективность данного метода зависит от своевременности его применения и доступности необходимого оборудования. Водное тушение является наиболее распространенным способом борьбы с пожарами. Вода используется для охлаждения горящих объектов и снижения температуры окружающей среды. Однако этот метод требует значительных ресурсов воды, что ограничивает его применение в труднодоступных районах. Применение специальных химических составов позволяет создавать огнезащитные покрытия и замедлять процесс горения. Химикаты наносятся на поверхность земли или растений, образуя защитный слой, который препятствует возгоранию. Этот метод особенно эффективен при профилактике лесных пожаров. Использование авиации для доставки огнетушащих веществ непосредственно в зону пожара значительно увеличивает скорость реагирования и точность нанесения средств пожаротушения. Воздушные методы включают сброс воды, пены или хи-

микатов с самолетов и вертолетов. Наиболее эффективным подходом к борьбе с ландшафтными пожарами является сочетание различных методов. Комбинация механических, водных, химических и воздушных способов позволяет адаптироваться к конкретным условиям пожара и максимизировать шансы на успешное тушение.

Достаточно часто ландшафтные пожары распространяются по почвенному покрову. При таких пожарах горит сухая трава, опад из веточек деревьев, коры, листьев, хвои листьев и лесная подстилка. Обычно беглые низовые пожары тушат вручную по всему фронту горения с помощью различного шанцевого инструмента. В зависимости от характера напочвенного покрова и почвенных условий при тушении лесных пожаров применяют различные ручные инструменты: грабли лесопожарные вильчатые, грабли лесопожарные секционные, грабли-мотыги хлопущие, мотыги, топоры-мотыги, покровосдиратели, штыковые лопаты и др. (рис.1).



Рис. 1. Тушение сухой травы с помощью шанцевого инструмента

К комбинированному ручному инструменту можно отнести ручной инструмент грабли-мотыгу, который позволяет создавать минерализованные полосы в процессе тушения лесных пожаров. С помощью данного инструмента пожарный сгребает горючий материал в уже отоженную область, перемещая горение из очага горения на участок, на которой отсутствует горючий материал, создавая тем самым пожарный разрыв (рис. 2).



Рис. 2. Грабли-мотыга

Однако у данного инструмента есть ряд недостатков: деревянный черенок имеет фиксированную длину в 130 см., мотыга имеет форму прямоугольной пластины, что затрудняет перерубание мелких корней и при работе с глинистой почвой, отсутствие прорезиненной рукоятки черенка для снижения скольжения в руках инструмента.

Для повышения эффективности работы с данным инструментом предлагается разработать новую конструкцию грабель-мотыги. Конструкция устройства представлена на рис. 3.

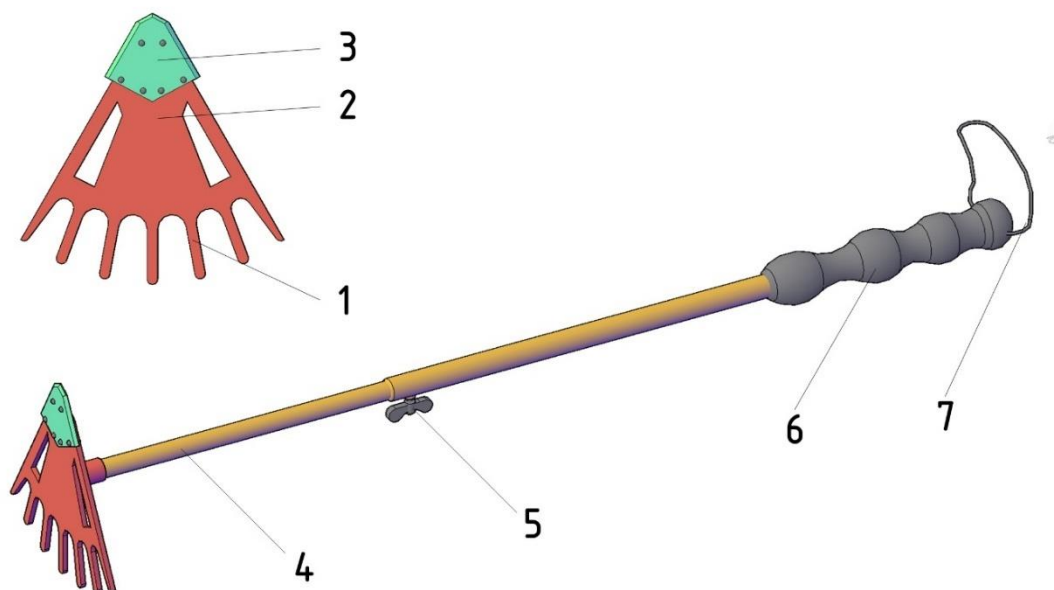


Рис. 3. Грабли-мотыга с телескопическим черенком:

1 – грабли; 2 – мотыга; 3 – пластина – «нож» из закаленной стали;
4 – телескопический черенок; 5 – винт-«барашек»; 6 – рукоятка; 7 – темляк

Рабочая часть грабель-мотыги с телескопическим черенком выполнена в форме треугольника-перевертыша: с одной стороны, грабли (1), а с противоположной мотыга (2). Рабочая поверхность мотыги усилена закаленной пластиной – «ножом» с режущими кромками (3). Пластина к телу мотыги крепится с помощью заклепок. Данный инструмент оснащен телескопическим черенком (4), изготовленным из дюралюминиевых труб круглого сечения. Дюралюминий легкий, коррозионностойкий и негорючий материал. Телескопическая конструкция позволяет настроить инструмент для выполнения работ под любой рост человека. Кроме того, развертывание телескопического черенка на всю длину позволит пожарному при ликвидации горения находиться максимально далеко от фронта горения травы или подстилки леса. Фиксация нужной длины черенка производится с помощью винта – «барашка». Для удобства работы с граблями-мотыгой на телескопическом черенке установлена резиновая рукоятка (6) с темляком в виде петли (7). Резиновая рукоятка черенка предотвратит проскальзывание инструмента в руках пожарного, а темляк, надетый на кисть, не позволит выронить инструмент из рук во время работы. Подводя итог выше сказанному, можно сделать вывод, о том, что разработка новых инструментов и приспособлений для тушения ландшафтных пожаров является своевременной и актуальной задачей.

Борьба с ландшафтными пожарами требует комплексного подхода, включающего использование современных технологий и стратегического планирования. Развитие новых методов и улучшение существующих позволят повысить эффективность тушения и минимизировать ущерб от природных катастроф. Важно продолжать исследования в этой области для разработки более эффективных и экологических решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов, В. Е. Проведение прочностного анализа конструкций разрабатываемого пожарного оборудования / В. Е. Иванов, П. В. Пучков // Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XIX Международной научно-практической конференции, посвященной 375-летию пожарной охраны России, Иваново, 21 ноября 2024 года. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2024. – С. 402-405. – EDN YJAWBP.
2. Фролов Н.С., Шуртаков В.В., Астахов Е.О. Справочник технических средств для тушения лесных пожаров - Пушкино, 2023.
3. Коршунов Н.А, Воронов М.А. Справочник руководителя тушения лесного пожара. — Пушкино, 2013.

УДК 621

И.И. Шаматов, В.В. Киселев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ МОНИРИНГЕ И ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

Аннотация: беспилотные летательные аппараты является важным элементом в структуре безопасности. В статье рассмотрен вопрос применения беспилотных авиационных систем в пожарной охране. Описаны основные характеристики беспилотных летательных аппаратов, благодаря которым они нашли свое применение в пожарно-спасательном деле. Описаны основные причины отказов беспилотных летательных аппаратов, сформулированы предложения по повышению надежности деталей и узлов для повышения их надежности.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы, мониторинг, безопасность, надежность.

I.I. Shamatov, V.V. Kiselev

ANALYSIS OF THE USE OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS IN MONITORING AND EXTINGUISHING FIRES

Abstracts: Unmanned aerial vehicles are an important element in the security structure. The article considers the issue of the use of unmanned aircraft systems in fire protection. The main characteristics of unmanned aerial vehicles are described, thanks to which they have found their application in the fire and rescue business. The main reasons for the failures of unmanned aerial vehicles are described, and proposals are formulated to improve the reliability of parts and assemblies to increase their reliability.

Keywords: unmanned aircraft systems, monitoring, safety, reliability.

В настоящее время в системе МЧС России на оснащении реагирующих подразделений находится 1591 единица беспилотных авиационных систем (далее - БАС), в том числе: 1554 единицы вертолетного (мультироторного) типа, из них 132 единицы оснащены тепловизорами; 37 единиц самолетного типа.

Основное их назначение – это мониторинг оперативной обстановки и передача данных специалистам оперативных штабов, осуществляющих руководство и координацию действий пожарных и спасателей при проведении аварийно-спасательных работ.

Министерство по чрезвычайным ситуациям нашей страны сделало значительный шаг вперёд в развитии беспилотной авиации. Сейчас на вооружении у реагирующих подразделений находится более 1500 беспилотных авиационных систем (БАС), оснащённых различными технологиями. Среди них: системы машинного зрения, стереокамеры с высоким разрешением, сенсорные системы, использующие инфракрасное излучение, а также системы стабилизации полёта и технологии с элементами искусственного интеллекта.

БАС с улучшенными характеристиками оснащены тепловизорами, которые позволяют обнаруживать скрытые очаги возгорания и прогнозировать обрушения конструкций и сооружений, определяя температуру поверхностей. Это делает возможным эффективное осуществление мер по профилактике и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Опыт подготовки и проведения мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций и ликвидации последствий стихийных бедствий свидетельствуют о возрастающей роли применения БАС в различных условиях.

С помощью беспилотной авиации МЧС России выполняет ряд важных задач, в том числе:

- контроль зон ЧС, определение точных координат границ района ЧС и объектов поиска;
- воздушный поиск объектов заинтересованности и наблюдение за ними, воздушное патрулирование заданных районов, контроль надводной обстановки, выполнение задач воздушной разведки;
- мониторинг пожароопасной, паводковой и ледовой обстановки, разведка путей движения;
- аэрофотосъемка заданных районов с последующей топографической привязкой фотоснимков, а также видео и фото документирование объектов контроля для получения обзорных и детальных изображений.

За время работы группировки беспилотной авиации МЧС России БАС активно применялись для авиационного обеспечения мероприятий по предупреждению ЧС и ликвидации их последствий на территории Российской Федерации, связанных с возникновением крупномасштабных лесных, торфяных, ландшафтных пожаров и техногенных аварий.

Современные пожарные команды успешно внедряют дроны, а также полезную нагрузку нового поколения (от оптических камер с высоким разрешением и тепловизоров до газоанализаторов).

Все это позволяет принимать обоснованные решения в условиях чрезвычайных ситуаций. Известны случаи, когда в США, Германии и других странах применялись именно управляемые дроны для анализа при тушении пожаров. Эти устройства помогают лучше координировать работу всех сотрудников и в более короткие сроки справляться с огнём. В Китайской Народной Республике обновили подход к тушению пожаров, используя при этом современные технологии. Пожарная служба опробовала беспилотные летательные аппараты для тушения пожаров внутри многоэтажек. В Фучжоу Китая провели учения по тушению пожаров с помощью дронов. Для этого пришлось поджечь 500 квадратных метров высотного здания. Пожар устроили на высоте в 130 метров. Для тушения пожара задействовали несколько дронов ZY-XF50, разработанных Fuzhou Zhongyue Aviation, специализирующейся на пожарных беспилотниках. Дроны с пожарными рукавами взлетели на нужную высоту за 20 секунд. Для тушения огня использовался специальный состав. В наше время, когда высота зданий с каждым днём все выше и выше стоит рассмотреть о внедрении их и использование. Дроны могут в течение минуты приступить к тушению пожара в высотных зданиях, как минимум сократить распространение пожара, а как максимум дать возможность пожарным спасти людей, не отвлекаясь на тушение.

Тем не менее сегодня все еще остается ряд нерешенных проблем технического характера, приводящих к падению БАС. Согласно статистическим данным, такие аварии происходят ежегодно. Падение БАС может привести к значительным материальным потерям. Сам летательный аппарат, оснащённый специализированным оборудованием, стоит немалых денег, а в результате аварии могут пострадать и наземные постройки. Причины падения БПЛА могут быть самыми разными: обледенение, отказ навигационной системы, сбой в системе питания, потеря управляющего сигнала, столкновение с другими объектами или поломка механических компонентов судна.

Среди механических компонентов особое внимание стоит уделить силовой установке. По статистике, в 38 % случаев причиной аварии становится поломка двигателя. Часто силовые агрегаты на современных БАС берут от радиоуправляемых моделей самолётов. Их основное назначение – запуск радиоуправляемых игрушек в поле. Поэтому к ним не предъявляют высоких требований к надёжности, и даже фирменные двигатели иногда делают с нарушениями технологического процесса. Двигатели для радиоуправляемых игрушек не отличаются высоким качеством материалов и обработки. К тому же они не имеют дублирующих систем. В настоящее время на БАС отечественного производства устанавливают такие двигатели, как MVVS 116, Valach vm 120, Saito FG-36, Rotax 912 и Rotax 914. Все они относятся к поршневым, что делает их технически простыми и надёжными, но отказы всё равно случаются. Поэтому, весьма важно наладить производство отечественных двигателей для летательных аппаратов, выполняющих боевую работу по борьбе с пожарами и спасению людей.

Современные вызовы, связанные с увеличением частоты и сложности пожаров (урбанизация, климатические изменения), требуют модернизации технического оснащения спасательных служб. На основании вышеизложенного считаем, что дальнейшее внедрение и разработка специализированных БАС для нужд пожарной охраны является важной задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лебедев, Ю.М. Зарубежный опыт распознавания пламени с нескольких беспилотных воздушных судов / Ю.М. Лебедев, С.Ю. Разиньков, А.В. Вытовтов, В.В. Шумилин // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. Т. 1. №1(7). С.60-63.
2. Глоба Д.А., Киселев В.В. Совершенствование методов мониторинга объектов нефтегазового комплекса / В сборнике: Современные пожаробезопасные материалы и технологии. Сборник материалов IV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. Иваново, 2020. С. 169-171.
3. Киселев В.В. Организация работы беспилотной авиационной системы при проведении мониторинга нефтепроводов / В сборнике: Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 247-250.
4. Резников, Д. Ю. Анализ основных причин выхода из строя беспилотных воздушных судов, применяемых для мониторинга потенциально опасных объектов / Д. Ю. Резников, В. В. Киселев // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 года. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2023. – С. 149-151.
5. Резников, Д. Ю. Предупреждение чрезвычайных ситуаций на потенциально опасных объектах средствами воздушного мониторинга / Д. Ю. Резников, В. В. Киселев // Гражданская оборона на страже мира и безопасности : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 5-ти частях, Москва, 01 марта 2024 года. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы, 2024. – С. 190-194

ПРОБЛЕМЫ ИЗНОСА В МАШИНАХ И МЕХАНИЗМАХ

УДК 621.357

А.С. Абахтимова, А.В. Романов, И.И. Ведерникова, С.А. Егоров

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ПЛЕНКООБРАЗУЮЩИЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Аннотация: В статье рассмотрено действие различных смазочных материалов на износостойкость червячной пары в процессе эксплуатации червячного редуктора.

Ключевые слова: червячное зацепление, червяк, смазочные материалы, закономерность, износостойкость.

A.S. Abahtimova, A.V. Romanov, I.I. Vedernikova, S.A. Egorov

FILM-FORMING LUBRICANTS

Abstract: The article examines the effect of various lubricants on the wear resistance of a worm gear pair during operation of a worm gearbox.

Keywords: worm gear, worm, lubricants, regularity, wear resistance.

Основной способ смазки червячного зацепления – окунание червяка или колеса в масляную ванну картера редуктора. Масляная ванна должна иметь достаточную ёмкость во избежание быстрого старения масла и перемещения продуктов износа и осадков в зацепление и опоры валов. При нижнем расположении червяка уровень масла обычно назначают из условия полного погружения витков червяка. Уровень масла при верхнем расположении червяка назначают из условия полного погружения зуба червячного колеса.

В быстроходных червячных редукторах большой мощности применяют циркуляционную смазку. Для контроля уровня масла применяют маслоуказатели. Для заливки масла и контроля пятна контакта используют смотровой лючок или верхнюю крышку редуктора. В нижней части корпуса редуктора устанавливают пробку для слива масла. Через отдушину на крышке смотрового лючка в редукторах типа РЧН или РЧП выравнивают давление воздуха внутри корпуса редуктора по отношению к наружному. В редукторах типа РЧУ для этой цели предусматривается отверстие в щупе маслоуказателя.

Смазывание червячной передачи проводится погружением червяка в масло при нижнем расположении. При верхнем или вертикальном расположении червяка смазывание зацепления обеспечивается погружением червячного колеса. При окружных скоростях червяка более 5 м/с наблюдаются большие потери на перемешивание смазки, поэтому червяк располагают над колесом (верхнее расположение). Передачи с вертикальным расположением вала червячного колеса или червяка используют редко вследствие трудности смазывания подшипников вертикальных валов.

В результате проведенных экспериментов на износостойкость редукторов типа 5ЧР-80 была выявлена закономерность, отраженная на рис. 1.

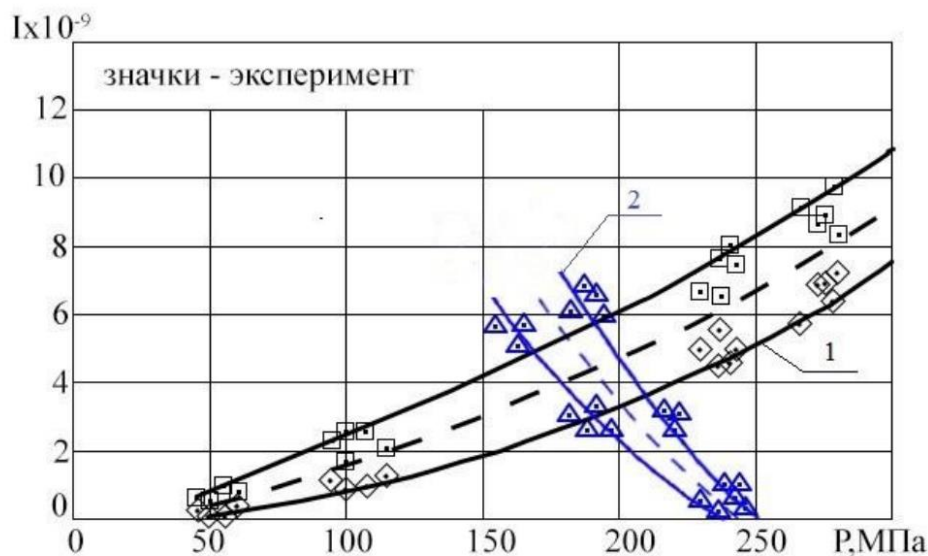


Рис. 1. Зависимость интенсивности изнашивания от давления в контакте червячной пары:

1 - диапазон значений, получаемый при использовании штатного масла ТМ-18-5;

2 - диапазон значений, получаемый при использовании того же масла с добавкой «Стрибойл»

Полученная зависимость является достаточно характерной для случаев использования пленкообразующих смазочных материалов. Подобная зависимость, показанная, например, в работе [6], представляет собой параболу со смещенным относительно начала координат минимумом, причем величина смещения по оси давления (p) указывает на область давления P_0 , в окрестностях которого пленкообразование проходит критическое значение давления, выше которого по мере роста давления процесс пленкообразования оказывается все более затрудненным.

Предложенная зависимость имеет вид:

$$I = k(P - P_0)^m,$$

где величина P_0 имеет смысл критического давления пленкообразования, а увеличение значения этого параметра расширяет зону изнашивания с высокой износостойкостью. Следует подчеркнуть, что интерпретация величины P_0 может быть предложена на основе представления о «втором минимуме» коэффициента трения. Имеется в виду, что «первый минимум» образуется на зависимости коэффициента трения от нагрузки для смазываемого сопряжения в области критического значения параметра Зоммерфельда — при переходе от гидродинамического типа смазки к смешанному. При дальнейшем увеличении нагрузки на контакт, в случае, если смазочный материал является пленкообразующим, вновь образующаяся из хемосорбирующихся активных составляющих смазочного материала пленка ведет себя аналогично вязкой гидродинамической смазке, но с большей вязкостью. В результате минимум возникает повторно, но при большей нагрузке.

Как показывают испытания ЧП с различными видами смазочных материалов, появление «второго минимума» коэффициента трения можно наблюдать и при анализе поведения червячного зацепления. Для этого рассмотрим силовые соотношения в

этом зацеплении. Траектория колебаний быстроходного вала червячного редуктора должна определяться суммарным действием детерминированных и случайных факторов, что можно описать следующим соотношением (1):

$$\frac{J_2 d^2 \varphi_2}{dt^2} + \frac{K d \varphi_2}{dt} + C_f \varphi_2 = F(\omega_0 - \frac{d \varphi_2}{dt}) d_1 + \delta(\omega)$$

где φ_2 – угол поворота зуба червячного колеса в направлении приложения окружной силы на червяке;

J_2 – приведенный момент инерции тихоходного вала;

K – характеристический коэффициент, определяемый трением в контакте, или коэффициент демпфирования;

C_f – жесткость зуба червячного колеса в направлении приложения окружной силы на червяке;

d_1 – делительный диаметр червяка;

F – функция изменения силы трения в связи с соотношением угловой скорости вала электродвигателя ω_0 и скорости поворота зуба червячного колеса $d\varphi_2/dt$;

$\delta(\omega)$ — случайные составляющие, определяемые погрешностями изготовления.

Функция F описывает динамику окружной силы на червяке, определяемой силой трения. С учетом того, что сила трения является проекцией окружной силы на червяке на контактную поверхность, выражение для коэффициента трения в зацеплении имеет вид (2):

$$f = \left(\frac{T_{эд} d_2}{T_{тор} d_1} \right) (\cos \gamma)^2 \cos \alpha$$

где d_1 – делительный диаметр червяка;

d_2 – делительный диаметр колеса;

γ – угол наклона винтовой линии червяка;

α – половина угла при вершине витка червяка.

При этом $T_{эд} = \frac{F_{OK1} d_1}{2}$, где F_{OK1} – окружная сила на червяке, а

$T_{тор} = \frac{F_{OK2} d_2}{2}$, где F_{OK2} – окружная сила на колесе.

Очевидно, что формула (2) является прямым аналогом закона Амонтона-Кулона применительно к наклонной плоскости, где роль силы трения играет величина F_{OK1} , а роль нормальной силы – F_{OK2} . Поскольку углы γ и α в процессе работы не меняются, а величина F_{OK2} определяется тормозным моментом (в рассматриваемом случае он постоянен), то колебания окружной силы на червяке можно объяснить только колебаниями коэффициента трения в контакте червяка и колеса f .

Отметим, что амплитуды вынужденных колебаний на зубцовых и кратных им частотах (ω_k) должны быть выше амплитуд на других частотах, поскольку именно на этих частотах происходят динамические взаимодействия зубьев. Поэтому при рассмотрении вынужденных колебаний мы будем оценивать, в первую очередь, именно это соотношение. Коэффициент весомости должен определяться из соотношения:

$$\beta = \frac{F_k}{F_{k=1}},$$

где

$$F_k = \left(\frac{2}{T}\right) \int_{-\frac{T}{2}}^{+\frac{T}{2}} F_{\max} \cos \frac{\pi}{T} t \cos \omega_k t dt,$$

что дает интегральную характеристику силового импульса на частоте ω_k по всему рассматриваемому периоду T , который представляет собой длительность импульса и, как правило, имеет длительность существенно меньшую (в 10 и более раз), чем период зубцовой частоты. Из этого следует, что силовая форма возбуждения никак не может иметь синусоидальную форму колебаний с зубцовой или кратной ей частотой в силу отсутствия синусоидальной формы у самого импульса.

В то же время, порождаемые этим импульсом колебания должны быть кратны зубцовой частоте и могут иметь форму гармонических колебаний, но с более высокой частотой, чем зубцовая. Кроме того, сама величина $F_{\max}$ в нашем рассмотрении, когда причиной импульса является не просто встреча нормальных зубьев, а встреча зубьев с дефектами, должна быть функцией этих дефектов

$$F_{\max} = \Phi(\delta\varphi)$$

В связи с изложенным, модель (1) можно представить в виде (3):

$$\frac{J_1 d^2 \varphi_1}{dt^2} + C_f \varphi_1 = [F(\omega_0 - \frac{d\varphi_2}{dt}) d_1 + (F_0 \sum F_k [\Phi(\delta\varphi_k) \cos(\frac{\pi}{T_u}) t] \cos \omega_k t) d_1],$$

где J_1 – приведенный момент инерции быстроходного вала;

T_u – период взаимодействия погрешностей червяка и колеса;

$T_u = \frac{L_\phi}{V}$, где V – скорость проскальзывания;

L_ϕ – размер погрешности в направлении проскальзывания;

ω_k – зубцовая частота.

Для описания колебаний решение уравнения (3) можно представить в виде (4), предположительно полагая, что последний член является составляющей, слабо зависящей от скорости проскальзывания:

$$T(\varphi_1(t)) = A \cos \omega t + z_1(A, t) d_1 + (F_0 \sum F_k [\Phi(\delta\varphi_k) \cos(\frac{\pi}{T_u}) t] \cos \omega_k t) d_1$$

Видно, что все составляющие уравнения (4) зависят от силы трения, возникающей в контакте червяка и зуба червячного колеса, что подтвердили экспериментальные данные, полученные при стендовых испытаниях редуктора 5ЧР-80. В ходе эксперимента было получено распределение частот колебаний вращающего момента быстроходного вала по доле в общем спектре колебаний при использовании синтетического, минерального и минерального с присадкой масел. Был проведен анализ зависимости максимальной амплитуды момента на быстроходном валу от тормозного мо-

мента для доминирующей частоты (частоты автоколебаний) для разных смазочных материалов, рис. 2. Графики для следующих смазочных материалов – минерального масла ТМ-5-18, синтетического ТМ-5-18 и минерального масла с добавкой «Стрибойл» проведены усредненно с применением обработки по методу наименьших квадратов. При этом очевидно, что наилучшими антифрикционными свойствами обладает минеральное масло с добавкой «Стрибойл», что соответствует уравнению (2).

Данное явление можно связать с уменьшением потерь мощности и соответственно с увеличением КПД передачи. По определению КПД передачи:

$$\eta = \frac{P_{\text{полн}} - P_{\text{пот}}}{P_{\text{полн}}},$$

где $P_{\text{полн}}$ – полная мощность, $P_{\text{пот}}$ – потерянная мощность.

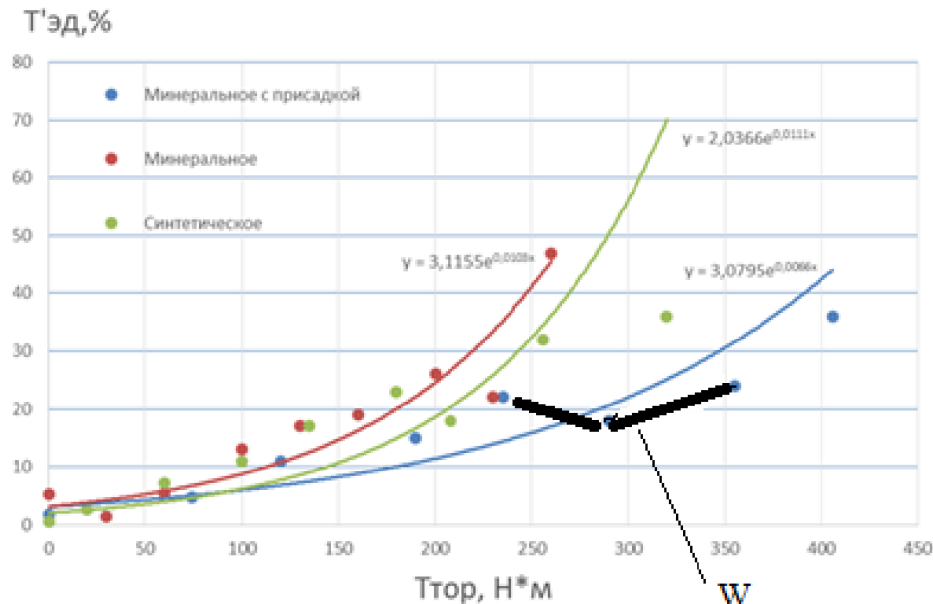


Рис. 2. Зависимости амплитуды момента на быстроходном валу от тормозного момента:

$T'_{\text{эд}} = \frac{T_{\text{max}}}{T_{\text{эд}}}$, где T_{max} соответствует максимальному значению размаха колебания момента на доминирующей частоте; W – область «второго» минимума

В свою очередь потерянная мощность $P_{\text{пот}}$ зависит от нескольких составляющих, таких как: потери мощности в подшипниках, барботажные потери мощности, потери в манжетах и потери мощности от трения в зацеплении, т.е.

$$P_{\text{пот}} = P_{\text{под}} + P_{\text{бар}} + P_{\text{ман}} + P_{\text{тр.зац}}$$

Был проведен эксперимент по измерению КПД червячной передачи, в ходе которого было выявлено, что барботажные потери мощности и потери в манжетах (они не учитываются теоретически) снижают КПД по сравнению с теоретическим на 5-7 %. Потерь мощности в подшипниках можно избежать, путем применения подшипников закрытого исполнения. Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод, что общие потери мощности передачи в основном зависят от потерь мощности в резуль-

тате трения в зацеплении. Исходя из графиков распределения частот колебаний вращающего момента быстроходного вала по доле в общем спектре колебаний, доля мощности, приходящаяся на колебания на доминирующей частоте, составляет порядка 80 % от общих потерь мощности на колебания. Таким образом:

$$P_{тр.зац.} = \Delta T n,$$

где величину ΔT можно найти из уравнения (4):

$$\Delta T = A \cos \omega t + z_1(A, t) d_1$$

Данное соотношение показывает, что КПД передачи определяется амплитудой колебаний момента на быстроходном валу и растет пропорционально росту антифрикционных свойств сопряжения «червяк – червячное колесо» в связи с использованием различных смазочных материалов.

Кроме того, необходимо отметить следующую особенность. Если кривую, описывающую зависимость для масла с добавкой «Стрибойл», рис. 6, проводить по экспериментальным точкам, то в области значений тормозного момента от 250 до 300 Нм можно выявить локальный минимум, который и будет «вторым минимумом» для сопряжения «червяк – червячное колесо», обозначенном индексом W. Если же отметить, что номинальный момент для редуктора 5Ч-80 составляет 260 Нм, причем ему соответствует давление в контакте примерно 250 Мпа, то можно констатировать, что область «второго минимума» на рис. 2 и область минимума интенсивности изнашивания на рис. 1 практически совпадают.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние качества смазочного материала на показатели работоспособности червячных передач. Л. И. Куксенова¹, С. А. Поляков^{1,2}, Е. М. Кулешова², В. В. Лычагин², И. А. Хренникова¹.¹Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва, Россия, ²Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия.
2. Детали машин /Под ред. Ряховского О.А. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 520 с.
3. Павлов В.Г. Ресурс работы червячной передачи по критерию износа // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2005. – №5. – С. 44–48.
4. Поляков С.А., Захаров М.Н., Лычагин В.В., Гончаров С.Ю. Влияние пленкообразующих смазочных материалов на адаптивность червячных передач // Вестник машиностроения. – 2015. – №11. – С. 37–39.
5. Изучение червячных передач: учебно-методическое пособие для студентов всех машиностроительных специальностей и направлений подготовки всех форм обучения / О.А. Чихачева, А.С. Лукьянов, Л.А. Дмитриева; под ред. В.С. Бондаря. – Москва: Московский Политех, 2021.
6. Вязников В.А. Разработка методики прогнозирования технического состояния червячных передач по неравномерности вращения тихоходного вала: Автореферат дис. канд. техн. наук. - М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 16 с.

УДК 621.357

А.В. Баскакова, П.И. Синодеева, И.И. Ведерникова, С.А. Егоров

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ПРИМЕНЕНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОПЕРАЦИЯХ РЕЗАНИЯ

Аннотация: В статье рассмотрено действие различных СОТС на процесс резания, типы смазочно-охлаждающих жидкостей, их свойства.

Ключевые слова: механическая обработка, присадки, смазка и охлаждение, смазочно-охлаждающие жидкости, резание.

A.V. Baskakova, P.I. Sinodeeva, I.I. Vedernikova, S.A. Egorov

APPLICATION OF LUBRICANT-COOLING TECHNOLOGICAL AGENTS IN CUTTING OPERATIONS

Abstract: The article examines the effect of various cutting fluids on the cutting process, types of cutting fluids, and their properties.

Keywords: machining, additives, lubrication and cooling, cutting fluids, cutting.

При обработке различных материалов в процессе резания инструмент быстро изнашивается. Для улучшения условий процесса резки и увеличения срока службы режущего инструмента используются смазочно-охлаждающие жидкости. Актуальность данной работы состоит в том, чтобы применение таких жидкостей позволяло снизить температуру в зоне резания, уменьшало трение и износ режущего инструмента, а также улучшало качество обрабатываемой поверхности.

Смазочно-охлаждающая жидкость (СОЖ) представляет собой тип охлаждающей жидкости и смазки, разработанный специально для процессов металлообработки, таких как механическая обработка и штамповка.

Возможность повышения производительности механической обработки и улучшения качества обработанных деталей во многом зависит от состава и техники применения смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС), от степени их воздействия на физические, физико-механические и механо-химические процессы, протекающие при обработке заготовок лезвийными и абразивными инструментами.

К настоящему времени сложилась определенная система представлений о роли и механизмах действия СОТС на операциях механической обработки. Однако сложность и многогранность процессов, протекающих при механической обработке и особенно при резании с применением СОТС, широчайшие диапазоны варьирования множества факторов, определяющих эффективность их действия, повышение требований экологической безопасности операций механической обработки, исключают возможность разработки однозначных принципов выбора СОТС, который до сих пор носит, в основном, эмпирический характер. Разные исследователи формулируют эти принципы по-своему, но все сходятся во мнении, что эффективность действия СОТС возрастает по мере [1, 2, 3,4]:

- а) обеспечения транспортирования СОТС непосредственно в ту зону, на которую она должна воздействовать;
- б) увеличения поверхности частиц и физико-химической активности СОТС;
- в) обеспечения доступа кислорода воздуха в зону обработки и интенсификации процессов образования тонких окисных пленок на контактирующих поверхностях;
- г) изменения температуры СОТС, увеличения скорости обтекания СОТС охлаждаемых участков и площади одновременного интенсивного охлаждения;
- д) интенсификации эвакуации частиц обрабатываемого материала, продуктов износа инструмента и других отходов из зоны резания (шлифования).

Во всех случаях СОТС должно возможно более полно удовлетворять не только требованиям повышения технологической эффективности той или иной операции механической обработки, но и обладать целым комплексом специфических эксплуатационных свойств. Эти противоречивые требования могут быть выполнены лишь при условии, что все активные химические реакции будут развиваться в диапазоне температур, близких к температурам в контактной зоне, и не будут развиваться при обтекании менее нагретых поверхностей обрабатываемой заготовки, инструмента, технологической оснастки и оборудования во избежание их коррозии и нецелевого использования компонентов СОТС.

В настоящее время задачу улучшения технологических и эксплуатационных свойств СОТС решают, как правило, путем введения в ту или иную основу различного рода присадок – присадок высокого давления, антифрикционных, антикоррозионных, бактерицидных, антипенных и других.

Все более ужесточаемые в последнее время требования к эксплуатационным свойствам СОТС, неизбежное взаимное влияние присадок накладывают существенные ограничения на номенклатуру присадок, используемых при синтезировании СОТС, а также заставляют вводить в СОТС специальные компоненты с целью улучшения их эксплуатационных свойств, что в ряде случаев снижает технологическую эффективность СОТС и значительно ограничивает область их рационального применения.

Существуют различные виды СОЖ, в том числе масла, водомасляные эмульсии, пасты, гели, аэрозоли (туманы), воздух или другие газы. СОЖ изготавливаются из нефтяных дистиллятов, животных жиров, растительных масел, воды и воздуха или других сырьевых компонентов. В зависимости от контекста и от того, какой тип СОЖ рассматривается, ее можно назвать смазочно-охлаждающей жидкостью, охлаждающей жидкостью или смазкой.

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) применяются в процессе механической обработки (сверление, фрезерование, токарная обработка, резка и т. д.), используются для улучшения условий процесса резки и увеличения срока службы режущего инструмента. Основная функция СОЖ заключается в том, чтобы снижать выделение тепла в процессе обработки, а также значительно уменьшать трение между двумя объектами. СОЖ наносится на зону стружки при резании металлов. Основные свойства СОЖ:

- высокая теплопоглощающая способность;
- высокая температура воспламенения;
- не вызывает коррозии оборудования;
- безвредность в работе;

- исключительно хорошие смазывающие свойства, что способствует уменьшению силы трения и снижению энергопотребления;
- высокая удельная теплоемкость, высокая теплопроводность и высокий коэффициент пленки;
- стабильность к окислению и разложению на воздухе;
- способность защищать изделие от коррозии и улучшать качество обработки поверхности;
- способность предотвращать образование наростов и вымывать стружку из зоны резания.

В основном на рынке доступны четыре различных типа СОЖ:

- 1) растворимое смазочно-охлаждающее масло;
- 2) чистое смазочно-охлаждающее масло;
- 3) синтетические охлаждающие жидкости;
- 4) твердые смазочные материалы.

Рекомендуется выбирать высококачественные СОЖ, чтобы извлечь из них максимальную пользу. Правильный выбор СОЖ прежде всего зависит от разрезаемого материала и используемого инструмента, а также от выбора осуществляемой операции и от степени охлаждающего эффекта, необходимого для операций. Обычно для латуни лучше всего подходит сухая жидкость, для материалов на основе меди рекомендуется скипидар, для алюминия керосин является лучшим выбором СОЖ, для стали можно использовать любые типы СОЖ, для быстрорежущей и твердой стали или бронзы следует использовать чистую СОЖ или минеральное масло. В последние десятилетия часто обсуждалась пригодность использования СОЖ для охлаждения и смазки в процессах механической обработки.

Использование СОЖ обычно приводит к экономии инструментов, становится легче соблюдать жесткие допуски и сохранять свойства поверхности заготовки без повреждений. Существуют различные преимущества применения СОЖ, такие как увеличение срока службы инструмента, сокращение времени обработки и улучшение качества поверхности. Однако есть и недостатки СОЖ, такие как высокие затраты на хранение, подготовку, фильтрацию и переработку, загрязнение окружающей среды. Из-за проблем с окружающей средой и здоровьем были найдены некоторые альтернативы для минимизации расхода СОЖ при механической обработке. В процессах механической обработки были предложены различные методы, такие как нанесение распылением, сухая обработка и внутреннее охлаждение. Однако существуют также ситуации, когда необходимо использовать СОЖ, например, при изготовлении зубчатых колес, протяжке и хонинговании.

Применение СОЖ в области машиностроения имеет давнюю историю и играет жизненно важную роль в эффективности обработки и качестве поверхности деталей. Среди них на СОЖ на водной основе приходится более 90% потребления СОЖ. Однако длительная переработка СОЖ на водной основе может легко привести к износу, а размножение бактерий может привести к выходу из строя СОЖ, увеличению производственных затрат и даже поставить под угрозу здоровье рабочих.

Видов смазочно-охлаждающих жидкостей на рынке большое количество. Они бывают минеральными, масляными, синтетическими, полусинтетическими, водосмешиваемыми, биостабильными, бактерицидными и другими.

Основными характеристиками СОЖ являются вязкость, плотность, температурный диапазон работы, смазывающие и охлаждающие свойства.

Основные этапы производства СОЖ:

- Разработка формулы – с использованием современного оборудования ученые подбирают комбинации и процентное содержание компонентов, которые обеспечивают жидкостям идеальный баланс свойств. Также нередко происходит модификация формул СОЖ для их усовершенствования.

- Очистка базового масла.
- Добавление пакета присадок для улучшения свойств.
- Смешивание и гомогенизация СОЖ.
- Контроль качества.
- Фасовка и упаковка.

Производство СОЖ требует точного соблюдения технологических инструкций. Так, например, неправильный температурный режим при растворении и смешивании компонентов приводит к расслоению и снижению эксплуатационных свойств концентрата.

На этапе контроля качества измеряют вязкость, плотность, кислотность, проводят тестирования на устойчивость к биопоражению, термостабильность и многие другие типы исследований

Наиболее распространенными ошибками при эксплуатации СОЖ являются:

1. Смешивание СОЖ разных типов. Так, в жидкость на основе минерального масла добавляют синтетику, механизмы при смене типа масла не промывают, сами составы смешиваются в одной таре, без ее очистки.

2. Увеличение или, напротив, снижение концентрации СОЖ. Чистую смазку применять нельзя, и ее нужно смешивать с водой или иной жидкостью в определенных пропорциях. Если увеличить концентрацию СОЖ, это не сделает ее более эффективной или долговечной, а сделает сам состав ядовитым для людей. Напротив, при снижении концентрации снижаются и свойства смазки.

3. Применение слишком жесткой или слишком мягкой воды для разбавления смазки, а также воды с грязью или ржавчиной. Необходима чистая вода с Ph 2-7.

4. Отсутствие контроля за концентрацией смазки в эмульсии (самая распространенная ошибка при эксплуатации СОЖ).

Существуют и другие ошибки, которые приводят к серьезным последствиям. В результате эмульсия быстро теряет свои свойства, расслаивается, трение и, следовательно, износ деталей увеличивается, механизмы быстро перегреваются.

Проблемы эксплуатации СОЖ – проблемы безопасности на объекте, где они используются. Нарушая инструкции, работники неосознанно наносят вред себе: в воздухе повышается концентрация опасных веществ, увеличивается и риск аварий с техникой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества. Справочник / Под ред. А.А.Абрамзона и др. - Л.: Химия, 1984, с.360.
2. Ошер Р.Н. Производство и применение смазочно-охлаждающих жидкостей. - М.: Гостоптехиздат, 1963, с.100 - 102.
3. Маслов Р. А. Приготовление, хранение и утилизация СОЖ // Эксперт Ойл. Масла и смазки. 2012. URL: http://www.expert-oil.com/articles/prigotovlenie_hranenie_SOM_ZH.html
Режим доступа: непрерывно, круглосуточно. Дата обращения 13.12.2024

4. Худобин Л. В., Бабичев А. П., Булыжёв Е. М. [и др.]. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: справочник / Под ред. Л. В. Худобина. М.: Машиностроение, 2006. 544 с.

УДК 665.66

А.А. Белова, В.В. Терентьев
ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»

ОЧИСТКА ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТРАНСМИССИОННЫХ МАСЕЛ

Аннотация: представлены результаты экспериментальных исследований реологических и триботехнических характеристик трансмиссионного масла, очищенного химическим способом, с применением коагулянта в виде этан-1,2-дикарбоновой кислоты. Отмечена эффективность ее применения. После очистки отмечено улучшение основных вязкостно-температурных, антифрикционных и противоизносных характеристик очищенного масла по сравнению с загрязненным (снижение коэффициента трения на 18 %, снижение износа деталей в 1,33-1,87 раза).

Ключевые слова: очистка, коагулянт, износ, коэффициент трения

A.A. Belova, V.V. Terentyev

CLEANING OF CONTAMINATED TRANSMISSION OILS

Abstract: the results of experimental studies of rheological and tribotechnical characteristics of a chemically purified transmission oil using a coagulant in the form of ethane-1,2-dicarboxylic acid are presented. The effectiveness of its application is noted. After cleaning, there was an improvement in the basic viscosity-temperature, antifriction and anti-wear characteristics of the purified oil compared with the polluted oil (a decrease in the coefficient of friction by 18 %, a decrease in wear of parts by 1,33-1,87 times).

Key words: cleaning, coagulant, wear, coefficient of friction

Эксплуатация мобильной техники предусматривает использование различных типов жидких смазочных материалов. В процессе сервисного обслуживания осуществляется периодическая замена масел, способствующая снижению интенсивности изнашивания различных систем автомобилей. К числу основных типов масел, применяемых на автомобильной технике, можно отнести моторные масла и трансмиссионные.

Современные трансмиссионные масла представляют собой инновационный продукт, представляющий сложную коллоидную систему, включающую в себя как базовую основу, так и комплекс присадок различного функционального назначения.

Отработанное масло представляет сложную неоднородную гетерогенную систему [1]. В состав такой сложной жидкой гетерогенной системы входят значительное количество различных инородных примесей, к которым можно отнести: вода, механические примеси (частицы пыли, кварца, металлические частицы износа деталей и т.п.), углеводородные компоненты смазочной системы, компоненты присадок, при-

сутствующих в маслах (различные соединения металлов), продукта старения присадок, продукты сработавших присадок, сработавшиеся элементы углеводородной фазы, различные лаковые пленки и т.д. [1, 2].

Загрязненные масла являются экологически опасными, поэтому вопросы, связанные с их эффективной утилизацией, являются актуальными для любого предприятия, эксплуатирующего технику.

В настоящее время существуют различные технологические схемы очистки загрязненных масел.

Методы химической очистки масел позволяют эффективно удалять различные типы загрязнений. При этом применение в процессе очистки различных адсорбентов и коагулянтов способствуют дестабилизации коллоидного раствора загрязненного масла и удалению из него трудноотделяемых компонентов.

Одним из эффективных методов регенерации отработанного синтетического моторного масла является метод, описанный в работе [3].

Как показали проведенные исследования, применение в качестве коагулянта при химической очистке этан-1,2-дикарбоновой кислоты ($C_4H_6O_4$) является эффективным.

При исследованиях использовалось загрязненное трансмиссионное масло G-Box expert GL-5 80W-90. Эксплуатация масла осуществлялась в коробке перемены передач автомобиля NIVA Travel.

Очистка осуществлялась согласно методике, представленной в работе [3], в качестве коагулянта использовалась этан-1,2-дикарбоновая кислота ($C_4H_6O_4$).

Плотность масла определялась в соответствии с ареометрическим методом в соответствии с ГОСТ 3900-2022 «Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности». Кинематическая вязкость определяли по ГОСТ Р 53708-2009 «Нефтепродукты. Жидкости прозрачные и непрозрачные. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости». По результатам определения вязкости определялся индекс вязкости. Содержание воды измерялось по ГОСТ 2477-2014 «Нефть и нефтепродукты. Метод определения содержания воды». Оптическая плотность очищенного масла определялась с помощью фотокалориметра КФК-2.

Также определялись триботехнические характеристики на машине трения 2070СМТ-1 по схеме «вращающийся диск-неподвижный шар». Износ образцов определялся по площади пятна износа для шара и ширине дорожки трения для ролика.

На рис. 1 представлено фото образцов масла до и после очистки.

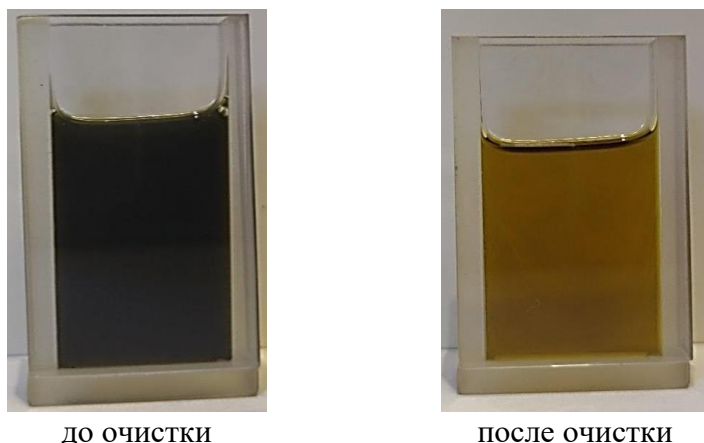


Рис. 1. Фото образцов трансмиссионного масла до и после очистки

Метиленовые группы этан-1,2-дикарбоновой кислоты обладают высокой реакционной способностью, что связано с влиянием карбоксильных групп. Раствор данной кислоты в загрязненном масле способен при нагреве реагировать с вносимой в масло щелочью, с образованием солей, которые в масле плохо растворимы, выпадают в осадок, дестабилизируя коллоидный раствор загрязненного трансмиссионного масла, что приводит к коагуляции загрязнений, их укрупнению, повышению их массы и выпадению в осадок.

На рис. 1 видно, что после очистки цвет масла изменился с черного на светло-коричневый. Масло становится более прозрачным, что свидетельствует об эффективности удаления из масла коллоидных частиц окисленных компонентов, воды и механических примесей.

Светопроницаемость масла изменяется от 0 (для загрязненного масла) до 33% (для очищенного).

На рис. 2 представлены результаты определения плотности масла до и после очистки.

Результаты исследований свидетельствуют о снижении плотности масла после очистки. Это связано с удалением из масла воды и механических частиц. Результаты определения количества воды в масле представлены на рис. 3.

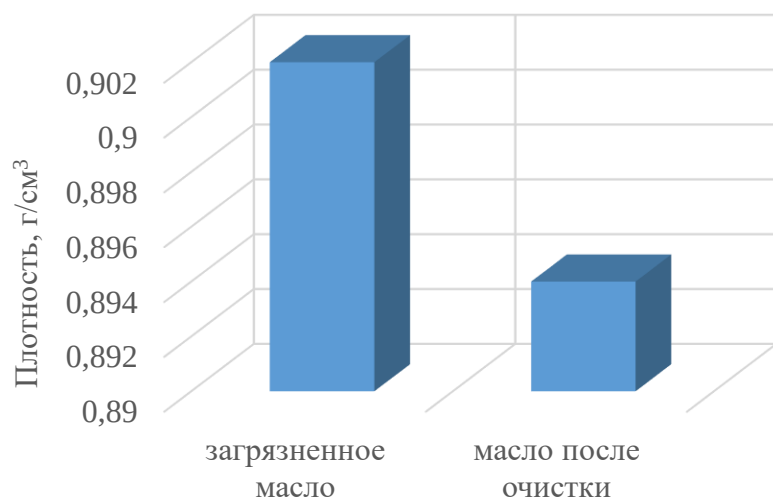


Рис. 2. Результаты определения плотности масла до и после очистки

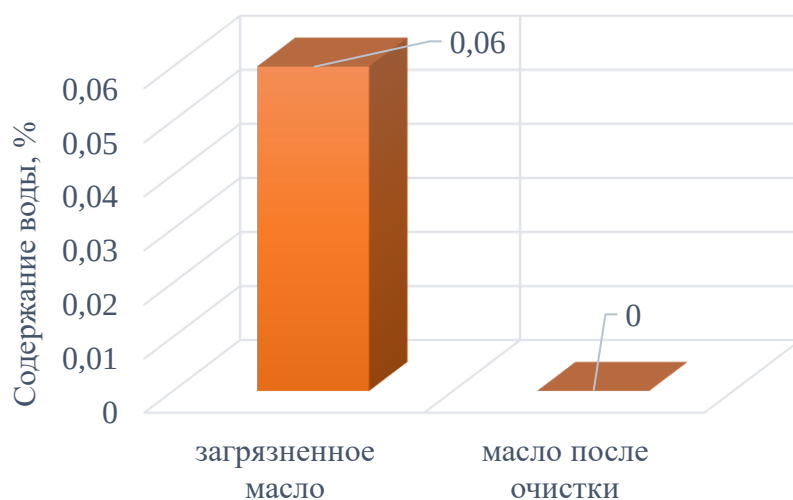


Рис. 3. Результаты определения количества воды в масле

Удаление загрязнений способствует изменению индекса вязкости масла. Согласно экспериментальным данным, индекс вязкости масла повышается с 105,45 до 112,51.

Наличие гидроксида натрия при очистке может приводить к химическому взаимодействию с присадками в масле, что является нежелательным для последующего использования масла.

Одними из важнейших характеристик трансмиссионного масла является антифрикционные и противоизносные характеристики, во многом определяющие ресурс элементов трансмиссии.

С целью определения влияния очищающих компонентов на антифрикционные и противоизносные характеристики был проведен ряд триботехнических исследований.

Результаты определения коэффициента трения и износа образцов представлены на рис. 4-6.

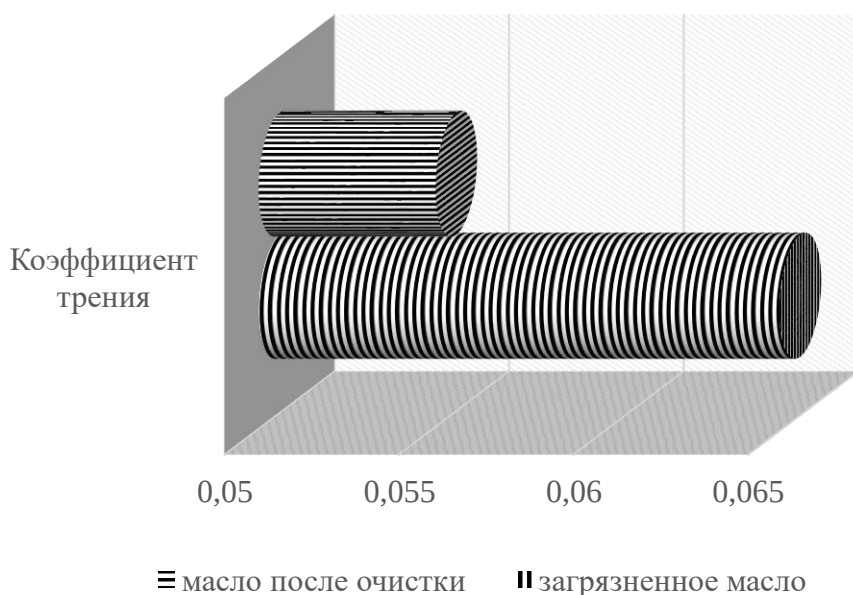


Рис. 4. Результаты определения коэффициента трения

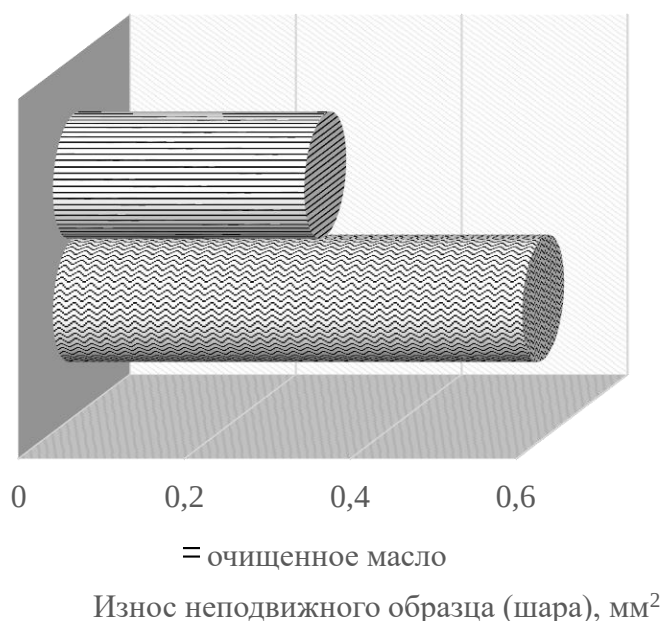


Рис. 5. Результаты определения износа шара

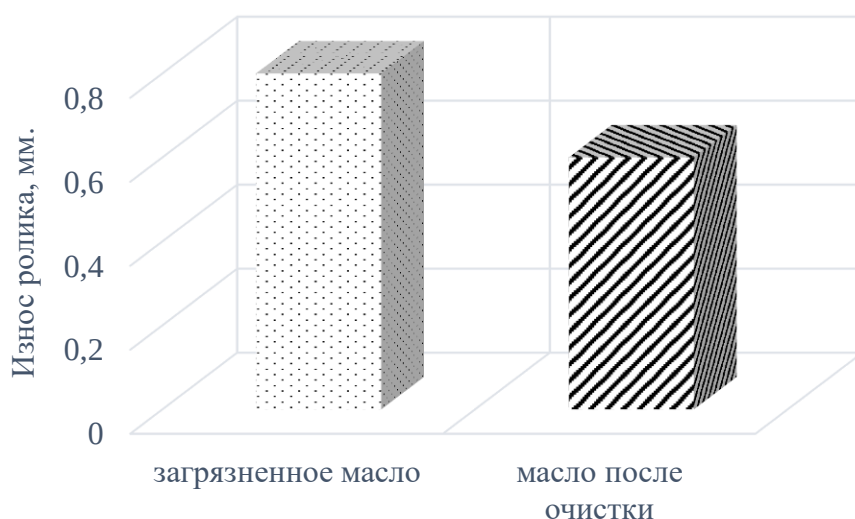


Рис. 6. Результаты определения износа ролика

Таким образом видно, что очистка трансмиссионного масла улучшает его антифрикционные и противоизносные характеристики. Коэффициент трения снижается на 18 %, износ подвижного образца снижается в 1,33 раза, износ неподвижного образца в 1,87 раза.

Улучшение триботехнических характеристик связано с удалением из масла следов износа деталей, продуктов глубокого окисления, оксикислот и т.п. Кроме этого, возможно образование трибоактивных комплексов в процессе химических реакций при взаимодействии этан-1,2-дикарбоновой кислоты с компонентами масла.

Таким образом, введение этан-1,2-дикарбоновой кислоты в технологический процесс очистки трансмиссионных масел является эффективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терентьев В.В., Хохлов Е.Н. Комплексная технология очистки отработанных масел от загрязнений //Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева. Том 3. Современные тенденции машинно-технологической модернизации сельского хозяйства – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2017.- С.187-191.
2. Терентьев В.В., Баусов А.М., Каплаков Д.В. Существующие способы очистки загрязненных масел и рабочих жидкостей//Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием посвященная 90-летию ФГБОУ ВО «Ивановская государственная сельскохозяйственная академия имени Д.К. Беляева». Том II: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2020. С.164-167.
- 3.Тупотилов Н.Н., Остриков В.В., Зимин А.Г., Бусин И.В. Регенерация отработанного синтетического моторного масла // Техника в сельском хозяйстве. 2011. №4. С.22-24.

УДК 621.893

В.В. Бойцова, М.Ю. Колобов

ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

ПОРОШКОВЫЙ АНТИФРИКЦИОННЫЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

Аннотация: Разработан порошковый антифрикционный композиционный материал на основе меди. В работе для оценки и сравнения разработанного материала были исследованы триботехнические характеристики – зависимости коэффициента трения от приложенной нагрузки, величины износа от пути трения при постоянной нагрузке и зависимость интенсивности изнашивания от приложенной нагрузки при фиксированном пробеге.

Ключевые слова: композиционный материал, бронзографит, триботехнические характеристики

V.V. Boytsova, M.Yu. Kolobov

POWDERED ANTIFRICTION COMPOSITE MATERIAL

Abstract: A powder antifriction composite material based on copper has been developed. In the work, to evaluate and compare the developed material, tribotechnical characteristics were studied - the dependence of the friction coefficient on the applied load, the wear value on the friction path under constant load and the dependence of the wear intensity on the applied load under a fixed mileage.

Keywords: composite material, bronze-graphite, tribotechnical characteristics

Одним из путей повышения срока службы и эксплуатационной надежности машин и механизмов является создание новых антифрикционных материалов, обладающих повышенной износостойкостью, низким значением коэффициента трения, способностью работать при высоких скоростях и больших нагрузках, в различных активных средах.

Среди которых большое применение находят композиционные, получаемые методами порошковой металлургии [1-7].

Из большого количества порошковых материалов выгодно выделяются металлоглазанные [5, 8-10]. Включения стекла играют роль твердых несущих частиц, удерживаемых металлической пластичной матрицей. Кроме того, металлоглазанные материалы имеют хорошую стойкость против коррозии, поскольку большинство пор заполнены стеклом, исключающим доступ агрессивных реагентов внутрь материала.

В условиях дефицита порошков цветных металлов актуальной является задача создания композиционных бронзографитовых материалов с пониженным содержанием олова. Уменьшение содержания олова возможно компенсировать введением порошков твердых включений, в качестве которых перспективными являются порошки низкотемпературных стекол.

Молибденоборосиликатное стекло было специально получено как низкотемпературная стеклофаза в качестве твердого включения в порошковый антифрикционный материал.

Разработан порошковый антифрикционный композиционный материал на основе меди - бронзографит [11, 12].

Исследование триботехнических характеристик композиционных материалов проводили на машине для испытания материалов на трение и износ модели СМТ-1.

В процессе изнашивания измеряли линейный износ с использованием метода искусственных баз.

В работе для оценки и сравнения разработанного материала были исследованы триботехнические характеристики – зависимости коэффициента трения от приложенной нагрузки, величины износа от пути трения при постоянной нагрузке и зависимость интенсивности изнашивания от приложенной нагрузки при фиксированном пробеге. Эти характеристики определяют границы работоспособности пары трения. Стойкость материалов к изнашиванию в различных режимах трения определяют ресурс и срок службы узлов трения. При испытании образцов сначала проводили их приработку для увеличения площади контакта с контртелом.

На рис. 1 и 2 представлено изменение основных триботехнических показателей стеклосодержащего бронзографита и серийного материала БГр4.



Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от давления для БГр4 и разработанного металлостеклянного материала

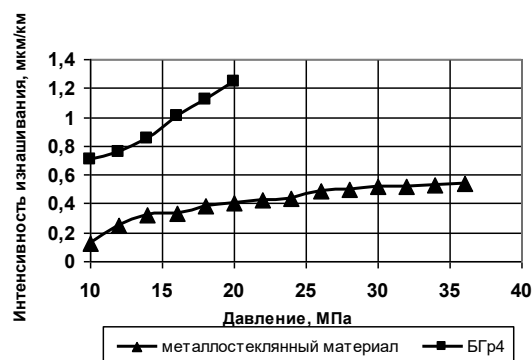


Рис. 2. Зависимость интенсивности изнашивания от давления для БГр4 и разработанного металлостеклянного материала

Анализируя триботехнические свойства разработанного металлостеклянного материала, можно сделать вывод, что молибденоборосиликатное стекло при определенных соотношениях меди, олова и графита улучшает свойства материала: увеличивает нагрузочную способность в 2 раза; значительно уменьшает коэффициент трения; снижает интенсивность износа поверхности в 3 раза.

Исследование износостойкости разработанного материала в водно-гликолевой жидкости показало, что на поверхности трения бронзографита, наполненного стеклом, образуется тонкая сервовитная пленка, после чего коэффициент трения не превышает 0,001. Пленка на бронзографите блестящая, 10–11 класса шероховатости, включения стекла были покрыты пленкой графита. На поверхности трения стального

контртела наблюдалась зеркальная пленка золотистого цвета. Интенсивность изнашивания после образования сервовитной пленки снижается до 0,081 мкм/км.

Экспериментально доказано, что разработанный порошковый антифрикционный композиционный материал на основе меди приводит к улучшению триботехнических и технологических свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанчук А.Н., Билык И.И., Бойко Л.А. Технология порошковой металлургии. К.: Высшая школа, 1989. 416 с.
2. Технология получения и применение порошковых и композиционных функциональных материалов // Сб. тр. межд. н.-т. Конф. под. ред. проф. Люлько В.Г. Ростов-н/Д., 2003. 258 с.
3. Григорьев А.К., Грохольский Б.Г. Порошковая металлургия и применение композиционных материалов. Л.: Аениздат, 1982. 143 с.
4. Солнцев Ю.П., Пряхин Е.И., Пирайнен В.Ю. Специальные материалы в машиностроении: Учебник. СПб.: ХИМИЗДАТ, 2004. 640 с.
5. Бойцова В.В., Колобов М.Ю. Порошковые материалы триботехнического назначения // "Актуальные проблемы и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы научно-методической конференции с международным участием". Иваново, 2013. С. 168-169.
6. Дьячкова Л.Н., Керженцева Л.Ф., Маркова Л.В. Порошковые материалы на основе железа. Мн.: «Тонпик», 2004. 228 с.
7. Пасовец В.Н., Ковтун В.А. Сравнительный анализ триботехнических и физико-механических характеристик антифрикционных порошковых самосмазывающихся композиционных материалов // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. 2022, № 4. С. 33-41.
8. Бойцова В.В., Колобов М.Ю. Порошковые металлокерамические материалы триботехнического назначения на основе железа // "Техника и технологии трибологических исследований. Трибология и проблемы МЧС. Тезисы докладов III Международного семинара". Иваново: Иван. гос. ун-т, 2012. С. 45.
9. Бойцова В.В., Колобов М.Ю., Замятина Н.И. Улучшение трибологических свойств порошкового железистого графита // Физика, химия и механика трибосистем: Межвуз. сборник науч. трудов. Иваново: Ивановский гос. ун-т, 2013. С. 40-43.
10. Бойцова В.В., Колобов М.Ю., Максимов А.С. Технология изготовления порошковых металлокерамических железистых графитовых материалов // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов. Иваново, 2018. С. 284-287.
11. Бойцова В.В., Колобов М.Ю., Киселев Б.Р., Замятина Н.И. Порошковые композиционные материалы триботехнического назначения // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов. Иваново, 2017. С. 283-285.
12. Бойцова В.В., Колобов М.Ю., Киселев Б.Р., Максимов А.С. Исследование свойств порошковых стеклосодержащих материалов с бронзографитовой матрицей // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов. Иваново, 2019. С. 229-231.

УДК 620

К.А. Катаев, А.В. Топоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ТРЕНИЯ ПОЖАРНОГО РУКАВА
О ПОВЕРХНОСТЬ ПРИ ПЕРЕТАСКИВАНИИ**

Аннотация: рассмотрена процесс трения пожарного рукава о поверхность при перетаскивании в заполненном и незаполненном состоянии. Исходя из условий трения определены длины рукава, которые могут перетаскивать пожарные исходя из условий трения.

Ключевые слова: пожарный рукав, трение, коэффициент, перемещение, пожарный, рукавная линия.

К.А. Kataev, A.V. Toporov**RESEARCH ON THE PROCESS OF FRICTION OF A FIRE HOSE
AGAINST A SURFACE DURING PULLING**

Abstracts: The process of friction between a fire hose and the surface during pulling in both filled and unfilled states is examined. Based on the friction conditions, the lengths of the hose that firefighters can pull are determined.

Keywords: fire hose, friction, coefficient, movement, firefighter, hose line.

Перемещение пожарного рукава – одно из основных действий которое осуществляет пожарный. Перетаскивание всего рукава, растянутого в линию, требует преодоления силы трения между рукавом и поверхностью. То есть сила перемещения должна превышать силу трения [1, 2]. Для определения силы трения нужны коэффициент трения рукава и его масса:

$$F_{\text{тр}} = m_p g \mu$$

Задача перемещения рукава фактически сводится к перемещению тела с равномерно распределенной массой. Основная сложность возникает, когда рукав заполняется водой — его масса резко увеличивается, и перемещение становится труднее [3]. Тем не менее, если перемещать рукав боковым движением, прикладывая усилие к концу рукава с прикрепленным стволом, то приходится преодолевать трение лишь на участке после точки изгиба, хотя продвижение вперед таким образом невозможно (рис. 1).

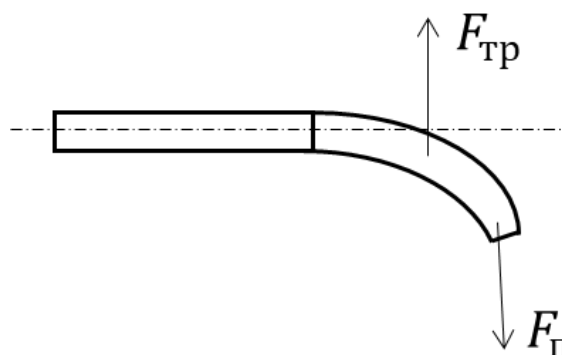


Рис. 1. Перетаскивание рукава вбок

Определим максимальную длину рукава, которую возможно перетащить вбок.

Пусть l_p — длина рукава, участвующая в перемещении, а q — удельная масса рукава (масса одного метра рукава с водой или без нее). Уравнение равновесия выглядит следующим образом:

$$F_n = F_{тр} = m_p g \mu = g \mu l_p q$$

Отсюда выражаем длину рукава, которую пожарный сможет переместить:

$$l_n = \frac{F_n}{g \mu q}$$

Примем следующие параметры расчета:

Рукав диаметром 51 мм имеет массу 1 метра около 2,5 кг при заполнении водой.

Коэффициент трения рукава по асфальту равен 0,4.

Сила, которую может развить мужчина среднего возраста и веса (80–100 кг), составляет примерно 500 Н.

С учетом принятых значений, пожарный может перемещать боковой участок рукава длиной до 20 метров. В зависимости от диаметра рукава и его заполнения водой, максимальная длина будет варьироваться.

На рис. 2 представлена зависимость длины заполненного рукава при перетаскивании его по асфальту от величины условного проходного диаметра



Рис. 2. Зависимость длины заполненного рукава при перетаскивании его по асфальту от величины условного проходного диаметра

Как видно из графика, с увеличением диаметра рукава длина, на которую его можно переместить, снижается нелинейно. Это объясняется тем, что количество воды в рукаве зависит от его диаметра также нелинейно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годлевский, В. А. Трибологические проблемы пожарной техники / В. А. Годлевский, Ю. Н. Моисеев // Пожарная и аварийная безопасность. – 2016. – № 2(2). – С. 31-38.
2. Воронин, А. А. К вопросу о тяговом усилии мобильной робототехники пожаротушения / А. А. Воронин, Н. П. Глазунова // Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях : Материалы VII Международной научно-практической конференции, Саратов, 17–19 марта 2020 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2020. – С. 236-240.
3. Палин, Д. Ю. Разработка бесконтактного устройства для измерения крутящего момента на валу / Д. Ю. Палин, А. В. Топоров, В. Е. Иванов // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. – 2020. – № 2(62). – С. 125-129.

УДК 620.178.16

М.Ю. Колобов¹, М.Ю. Думкина¹, В.В. Колобова²

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

²ФГБОУ ВО Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ АБРАЗИВНОГО ИЗНАШИВАНИЯ

Аннотация: Разработана лабораторная установка для испытания на изнашивание при движении образца в абразивной массе. Проведены исследования материалов различной твердости на абразивный износ. Установка расширит возможности испытания материалов деталей на абразивный износ.

Ключевые слова: лабораторная установка, абразивный износ, линейная скорость образцов.

M.Yu. Kolobov¹, M.Yu. Dumkina¹, V.V. Kolobova²

STUDY OF WEAR OF STRUCTURAL MATERIALS UNDER ABRASIVE WEAR CONDITIONS

Abstract: A laboratory setup for testing wear during sample movement in an abrasive mass has been developed. Studies of materials of different hardness for abrasive wear have been conducted. The setup will expand the possibilities of testing materials of parts for abrasive wear.

Keywords: laboratory setup, abrasive wear, linear velocity of samples.

Абразивный износ - одна из основных причин преждевременного выхода из строя многих деталей и механизмов, что приводит к снижению эффективности производства и увеличению затрат на ремонт и обслуживание оборудования.

Многообразие условий работы деталей машин, а также материалов, используемых в технике, обуславливает различные виды взаимодействия поверхностей и, следовательно, различные виды изнашивания [1-12].

Решая вопрос о повышении износостойкости какой-либо конкретной детали, работающей в определенных условиях, необходимо, по возможности ближе моделируя условия реального изнашивания, на экспериментальной лабораторной установке получить подобные же повреждения, и на основании данных изучения физико-механических изменений изношенной поверхности и серии сравнительных испытаний найти материал, обладающий наибольшим сопротивлением изнашиванию.

В последние годы в мировой практике наметилась тенденция повышения значимости и роли стендовых испытаний на износ. Наибольший интерес стендовые испытания представляют при ускоренных режимах, так как по сравнению с натурными они значительно сокращают продолжительность испытания и расширяют шкалу уровней факторов нагружения. Современный подход к разработке методов ускоренных испытаний позволит существенно сократить сроки создания надежной техники.

С учетом этих соображений была разработана лабораторная установка для испытания на изнашивание при движении образца в абразивной массе [13].

На валу вращения установлен ротор, на котором закрепляются образцы четырех различных материалов с разным расстоянием от центра ротора.

Вал вращения приводится в работу от электродвигателя через редуктор и муфту. Угловая скорость вращения выбирается в соответствии с линейными скоростями движения образцов материалов при выполнении ими производственных технологических операций.

Износ определялся по потере веса, поскольку с помощью измерения веса можно более точно характеризовать изменения образца после трения, чем посредством определения изменения линейных размеров. Метод использовался для оценки износа различных материалов: сталь обыкновенного качества Ст. 3 (твердость HB 101), качественная сталь - сталь 45 (твердость HB 170), а также после закалки - Ст. 3 (HB 170), сталь 45 (HB 300).

Исследования проводились с линейными скоростями образцов: 0,26 м/мин., 0,52 м/мин., 0,78 м/мин.

В качестве абразивного материала использовался песок с частицами среднего размера 0,15 мм; 0,7 мм.

После испытаний, учитывая заданные условия эксперимента и полученные данные, были построены графики зависимости величины износа от линейной скорости образцов при размере частиц абразивного материала 0,15 мм; 0,7 мм (рис. 1 и 2).

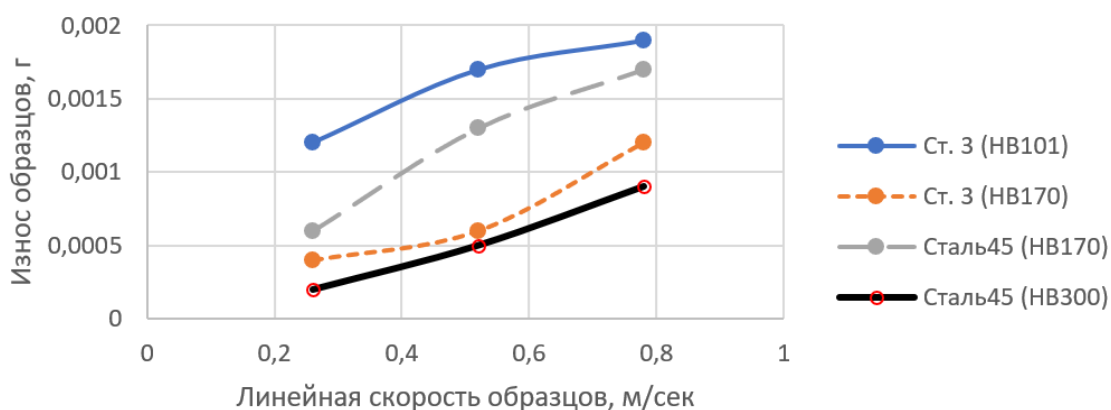


Рис. 1. Зависимость износа образцов от линейной скорости при размере частиц абразивного материала 0,15 мм

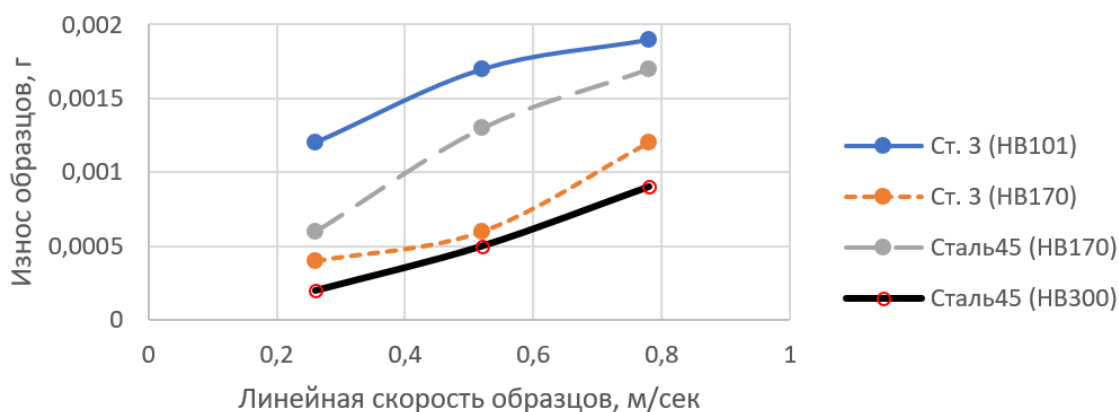


Рис. 2. Зависимость износа образцов от линейной скорости при размере частиц абразивного материала 0,7 мм

Экспериментальные исследования показали:

- износ образцов увеличивается с увеличением линейной скорости образцов;
- износ образцов зависит от твердости образцов: с увеличением твердости износ уменьшается;
- с увеличением размера абразивных частиц износ уменьшается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виноградов В.Н, Сорокин Г.М., Колокольников М.Г. Абразивное изнашивание. М.: Машиностроение, 1990. 224 с.
2. Гаркунов Д.Н., Мельников Э.Л., Гаврилюк В.С. Триботехника. М.: КНОРУС, 2015. 408 с.
3. Погодаев Л.И., Кузьмин В.Н., Дудко П.П. Повышение надежности трибосопряжений. С-Пб.: Академия транспорта РФ, 2001. 304 с.
4. Когаев В.П., Дроздов Ю.Н. Прочность и износостойкость деталей машин. М.: Высш. шк., 1991. 319 с.
5. Колобов М.Ю. Износ рабочих органов центробежно-ударных мельниц // Ремонт, восстановление, модернизация. Москва, 2009. № 8. С. 27-28.
6. Колобов М.Ю., Сахарова С.Г., Сахаров С.Е. Измельчитель сыпучих материалов // Ремонт, восстановление, модернизация. Москва, 2017. № 1. С. 9-12.
7. Блиничев В.Н., Постникова И.В., Воробьев С.В., Колобов М.Ю., Зуева Г.А. Интенсификация процесса разрушения поликомпонентных материалов // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново, 2022. Том 65, № 1. С. 109–115.
8. Колобов М.Ю., Миронов Е.В., Травин А.Е., Колобова В.В. Интенсивность изнашивания конструкционных материалов // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XIVВсероссийской научно-практической конференции. Иваново, 13 апреля 2023. С. 345–347.
9. Воробьев С.В., Колобов М.Ю., Постникова И.В., Козлов А.М. Каскадный струйный измельчитель для избирательного измельчения апатит-нефелиновой руды // Российский химический журнал. Иваново, 2023. Т. LXVII, № 2. С. 92–96.
10. Колобов М.Ю., Воробьев С.В., Миронов Е.В., Куваева Е.Ю., Сахаров С.Е., Колобова В.В. Влияние режимных параметров оборудования на интенсивность изнашивания

конструкционных материалов // Российский химический журнал. Иваново, 2023. Т. LXVII, № 1. С. 64–69.

11. Колобов М.Ю., Миронов Е.В., Травин А.Е., Колобова В.В. Интенсивность изнашивания конструкционных материалов // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 13 апреля 2023. С. 345–347.

12. Kolobov M.Yu., Vorobyov S.V., Mironov E.V., Kuvaev E.Yu., Sakharov S.E., Kolobova V.V. Influence of Mode Parameters of Equipment in Wear Intensity of Structural Materials // Russian Journal of General Chemistry, 2023. Vol. 93, N 6. P. 1622-1626.

13. Колобов М.Ю., Миронов Е.В., Чагин О.В., Колобова В.В. Установка для испытания материалов деталей на абразивный износ // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 15 апреля 2021. С. 419-422.

УДК 614.846.6

В.С. Смирнов, М.А. Заболотских, Ю.К. Фадеев

Научно-исследовательский институт (военно-системных исследований материально-технического обеспечения ВС РФ) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА ИЗНОС АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Аннотация: в статье приводятся примеры того, как низкие температуры и холодный климат влияют на состояние деталей транспортных средств, а также на работоспособность автомобильных систем, включая двигатель и аккумулятор. Приводятся рекомендации по уменьшению износа деталей и повышению надежности транспортных средств.

Ключевые слова: отказ, износ, низкие температуры, транспортное средство, работоспособность систем

V.S. Smirnov, M.A. Zabolotskikh, Y.K. Fadeev

MULTI-CRITERIA EVALUATION OF AIRFIELD FIRE TRUCKS

Abstracts: the article provides examples of how low temperatures and cold climates affect the condition of vehicle parts, as well as the performance of automotive systems, including the engine and battery. Recommendations are given on how to reduce wear on parts and improve the reliability of vehicles.

Keywords: failure, wear, low temperatures, vehicle, system operability

В Российской Федерации значительная часть территорий государства находится в условиях холодного климата, где преобладают экстремально низкие температуры воздуха, повышенная влажность и высокий уровень осадков в виде снега. Всё это оказывает значительное влияние на эксплуатацию транспортных средств, что приводит к усиленному износу его агрегатов и деталей. При таких условиях повышается вероят-

ность преждевременного отказа механизмов и деталей транспортного средства, что может привести к потере работоспособности ТС [1].

На рисунке видно, что с уменьшением температуры поток отказов будет увеличиваться [2].

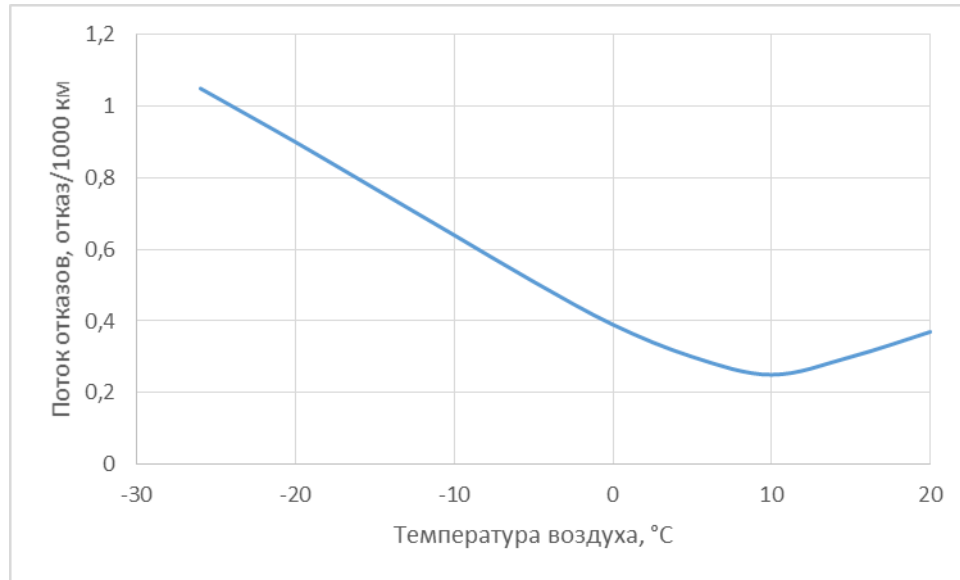


Рисунок. Зависимость потока отказов автомобилей от температуры окружающего воздуха

Это вызывает опасные ситуации, при которых люди, в случае нарушения исправной работы автомобиля, могут замерзнуть. Также неисправность специального транспорта может помешать быстрому реагированию на происшествия в случае вызова экстренных служб. Поэтому исследование влияния низких температур на износ транспортных средств является важной задачей для обеспечения безопасности.

Основным агрегатом транспортного средства является двигатель внутреннего сгорания. Именно поэтому его работоспособность так необходима для транспортного средства. Эксплуатация двигателя в условиях низких температур влияет на его рабочие жидкости такие как: моторное масло, топливо, а также охлаждающую жидкость.

При низких температурах, данные жидкости могут становиться вязкими, а порой и полностью замерзать. В случае с моторным маслом, это приводит к недостаточному смазыванию деталей двигателя, так как циркуляция по смазочной системе будет затруднена, что в свою очередь увеличивает износ [3].

Таким же образом, теряют свои изначальные свойства тормозная жидкость, охлаждающая жидкость и трансмиссионное масло. Повышение вязкости тормозной жидкости снижает эффективность торможения, а кристаллизация охлаждающей жидкости приведет к выходу из строя форсунки стеклоомывателя. Кроме того, влага в тормозной жидкости, которая будет образовываться при разнице температур, также может кристаллизоваться, что негативно скажется на работе тормозной системы и ускорит износ ее элементов. Низкие температуры могут повлиять и на трансмиссионные жидкости. Их вязкость увеличится, что затруднит переключение передач и приведет к износу трансмиссии.

Система охлаждения играет важную роль в поддержании оптимальной температуры двигателя. При низких температурах важно следить за состоянием охлаждающей жидкости. Она должна быть в достаточном количестве, подходить под климатические условия и соответствовать требованиям производителя. Неправильный состав или недостаток охлаждающей жидкости могут привести к перегреву двигателя, и его преждевременному износу.

Помимо вышеперечисленного, основным фактором работоспособности двигателя в условиях низких температур является его возможность прокачивать топливо по топливной системе. Особенно это важно для дизельных транспортных средств, так как дизельное топливо имеет более высокие температуры замерзания, чем у бензина. При понижении температуры воздуха, дизельное топливо первыми кристаллизуются парафины нормального строения, которые в последствии забивают топливные фильтры, что приводит к потере работоспособности топливной системы.

Возможность запуска двигателя обеспечивает аккумулятор, на работе которого также негативно сказываются холодные температуры. При понижении температуры его емкость снижается, и он теряет способность к зарядке. При температуре примерно $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, емкость свинцово-кислотного аккумулятора может уменьшаться на 30-50%. Это может привести к проблемам с запуском двигателя, так как аккумулятор не сможет обеспечить достаточный ток для запуска двигателя, особенно если он уже имел некоторый уровень разряда. Из-за частой разрядки и перезарядки АКБ возникает ускоренный износ пластин и сокращение срока службы аккумулятора [4].

Помимо двигателя низкие температуры влияют на работоспособность других элементов транспортных средств.

С уменьшением температуры окружающего воздуха сайлентблоки, амортизаторы и другие элементы подвески становятся более жесткими. Жесткость элементов подвески ухудшает способность гасить вибрации и удары, что приводит к увеличению износа шин и рулевого управления. Низкие температуры также могут приводить к утечке масла из амортизаторов, снижая их эффективность и ухудшая сцепления с дорогой, тем самым увеличивая тормозной путь, что создает опасность на дорогах в условиях холодного климата.

Низкие температуры влияют на давление в шинах, которое может снижаться на 0,1 бар за каждые 10 градусов Цельсия. Низкое давление увеличивает площадь контакта шины с дорогой, что приводит к более быстрому износу и ухудшению сцепления с дорогой. При низких температурах резина, из которой сделана шина, теряет свою эластичность. Это происходит из-за того, что молекулы резины становятся менее подвижными, что приводит к жесткости материала. Жесткие шины хуже сцепляются с дорогой, что может привести к увеличению тормозного пути и ухудшению управляемости автомобиля.

В зимнее время года транспортные средства подвергаются воздействию соли и химических реагентов, используемых для обработки дорог. Соль, попадая на кузов автомобиля, вызывает коррозию, особенно в тех местах, где лакокрасочное покрытие повреждено. Влага, смешиваясь с солью образует электролит, который ускоряет коррозионные процессы. Эти вещества могут вызывать коррозию кузова и деталей автомобиля. Зимой уровень влажности может быть высоким. Влага, оседая на кузове автомобиля, особенно, в труднодоступных местах, таких как арки колес, под днищем и в местах соединения деталей, ускоряет процессы коррозии [5].

Таким образом, низкие температуры оказывают значительное влияние на износ транспортного средства и его компонентов. Анализ показал, что со снижением температуры окружающего воздуха износ компонентов увеличивается, а вместе с тем увеличивается и количество отказов. Чтобы минимизировать износ и повысить надежность транспортного средства, необходимо проводить своевременное техническое и сезонное обслуживание, применять обогрев двигателя и современные смазочные системы, а также использовать качественные эксплуатационные жидкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://cyberleninka.ru> (Дата обращения: 19.03.2025).
2. Чебоксаров А.Н. «Исследование влияния низких температур на надежность авто-транспортных средств» Сборник трудов по диагностике и ремонту автомобилей. Омск: «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет», 2023. (с. 3-5).
3. <https://www.medved-holding.com> (Дата обращения: 19.03.2025).
4. Ренева А.Н., Тупицина О.В. «Методы оценки износа и стоимости деталей, машин, комплексов» Учебное пособие для магистров. Пермь: «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Пряшникова», 2018.- 122 с., (с. 15-22).
5. <https://favorit-motors.ru> (Дата обращения: 19.03.2025).

УДК 621.384.617

Ю.М. Смирнова

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ С ПОМОЩЬЮ УСКОРЕННЫХ ИОНОВ

Аннотация: Статья охватывает важные аспекты модификации металлических поверхностей, осуществляемой посредством технологии ионной имплантации.

Ключевые слова: технология модификации материалов, сильное электрическое поле, ускорение ионов, имплантация ионов, плазма тлеющего разряда.

Smirnova J. M.

PROSPECTS OF USING TECHNOLOGIES FOR PROCESSING METAL SURFACES USING ACCELERATED IONS

Abstract: The article covers important aspects of modification of metal surfaces carried out through ion implantation technology.

Keywords: material modification technology, strong electric field, ion acceleration, ion implantation, glow discharge plasma.

В последние десятилетия технологии модификации поверхности металлов с использованием ускоренных ионов приобрели значительную популярность и актуальность в различных отраслях промышленности. Например, она используется для улучшения износостойкости и коррозионной стойкости металлических деталей, что особенно актуально в таких отраслях, как автомобилестроение, авиастроение и производство оборудования для тяжелой промышленности. Кроме того, модификация поверхности позволяет значительно повысить адгезию покрытий, что делает эту технологию незаменимой в производстве высококачественных лакокрасочных материалов и композитов.

Перспективным направлением в технологии обработки поверхностей является использование ионов, полученных из плазмы тлеющего разряда, что позволяет значительно повысить эффективность и качество обработки. Технология ускорения ионов из плазмы тлеющего разряда имеет теоретическое обоснование и экспериментальное подтверждение. Основная идея заключается в том, что процесс ускорения ионов газовых частиц разбивается на два последовательных этапа, что позволяет более эффективно управлять процессом и повышать его производительность. Первый этап включает в себя получение высокой степени ионизации газовой среды, находящейся в разрядном промежутке. Этот процесс можно сравнить с тем, что происходит в газоразрядных лазерах, и назвать его «процессом энергетической накачки среды». Важность достижения высоких степеней ионизации газа в разрядном промежутке для получения высоких энергий ионов, которые будут бомбардировать поверхность обрабатываемой детали, была подробно рассмотрена в ряде исследований [1, 2]. Ионы, движущиеся с высокой скоростью в электрическом поле, постоянно сталкиваются с нейтральными газовыми частицами. Эти столкновения приводят к значительной потере энергии, которая расходуется на нагрев нейтральной составляющей. Это создает определенные сложности в технологии ускорения ионов, так как необходимо преодолеть негативный эффект рассеяния энергии ионами. Для решения этой проблемы предлагается повысить степень ионизации газа, что подразумевает перевод как можно большей доли нейтральных атомов в ионизированное состояние. Это позволяет минимизировать потери энергии и повысить эффективность процесса. На втором этапе технологии осуществляется непосредственно ускорение ионов в межэлектродном пространстве. Ускорение ионов в этом контексте может быть достигнуто за счет применения высоких электрических полей, которые создаются между электродами в разрядной камере. Важным аспектом данного этапа является выбор оптимальных параметров электрического поля, которые позволят достичь максимальной эффективности ускорения и минимизировать потери энергии. Кроме того, необходимо учитывать влияние различных факторов, таких как температура и давление газа, а также геометрия разрядной камеры, которые могут существенно повлиять на качество ионов и их распределение.

Для экспериментального подтверждения предложенного метода ускорения ионов из плазмы тлеющего разряда была разработана испытательная установка (рис. 1), основанная на серийно производимой промышленной вакуумной системе «Булат-3Т».

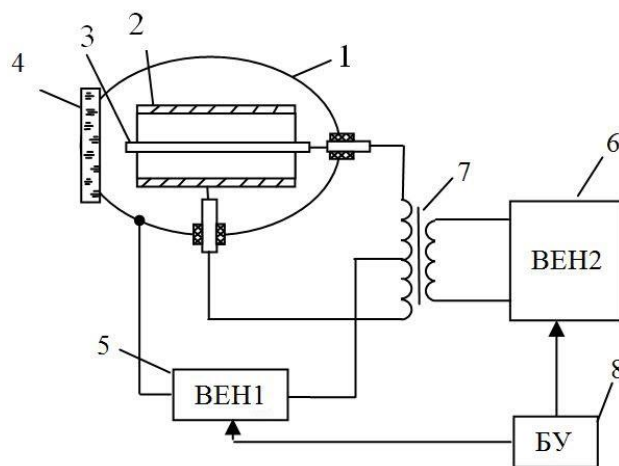


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Важнейший элемент установки – это вакуумная камера (1), в которой поддерживается сверхвысокий вакуум до 10^{-3} Па. Сохранение низкого давления в камере критически важно, так как это предотвращает рассеяние ионов на молекулах остаточного газа. Вакуумная камера также защищает от внешних воздействий, что позволяет проводить эксперименты в стабильных условиях. Источниками энергии для различных фаз процесса ионного ускорения служат высоковольтные емкостные накопители, обозначенные как ВЕН1 (5) и ВЕН2 (6). Накопитель ВЕН1 представляет собой набор конденсаторов с низкой индуктивностью, что позволяет ему быстро подавать мощные импульсы. Этот элемент особенно важен на начальных этапах, когда требуется мгновенное выделение энергии для запуска процесса ионизации. ВЕН2, в свою очередь, обладает большей емкостью и используется для стабилизации и дополнительного ускорения ионного пучка, что существенно увеличивает эффективность ионного ускорения. Передача энергии от ВЕН1 осуществляется через высоковольтный импульсный трансформатор (7). Применение импульсного трансформатора позволяет генерировать высоковольтные импульсы при относительно низком напряжении на первичной обмотке, что значительно повышает безопасность эксплуатации установки. Управление всей установкой осуществляется с помощью блока управления (8), который отвечает за синхронизацию работы всех компонентов, контроль параметров разряда и регистрацию данных.

В ходе проведенных экспериментальных исследований в качестве газа, используемого в работе, применялся азот. В процессе экспериментов поддерживалось стабильное давление на уровне 10 Паскалей. Косвенным показателем уровня ионизации газа служит энергия, выделяемая в единице объема между электродами. (2, 3).

На рис. 2 представлен график зависимости удельной мощности $P_{уд}$, которая выделяется во время этапа «накачки газа», от амплитуды напряжения U , прикладываемого к электродной системе, для разных соотношений радиусов цилиндрических электродов. Пределы напряжений, в рамках которых проводились исследования, устанавливались исходя из напряжения, необходимого для инициации разряда, а также напряжения, при котором начинался процесс формирования дугового жгутированного разряда.

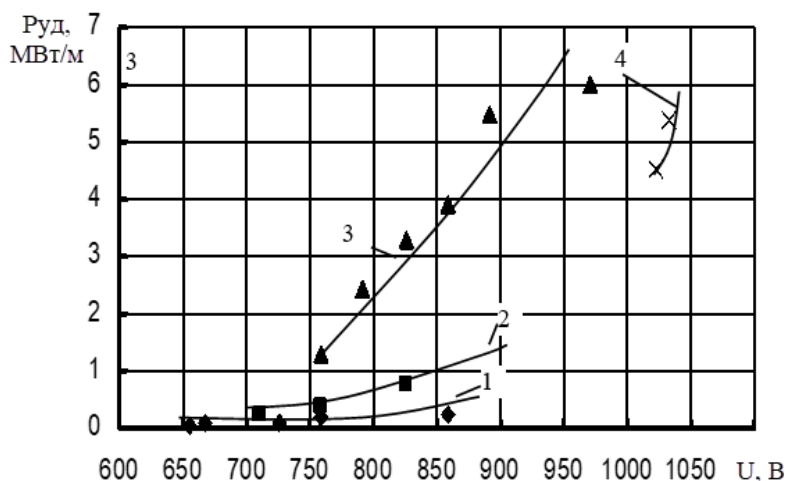


Рис. 2. Зависимость удельных мощностей электродной системы от напряжения при отношении радиусов электродов:
1 – 0,2; 2 – 0,34;
3 – 0,58; 4 – 0,75

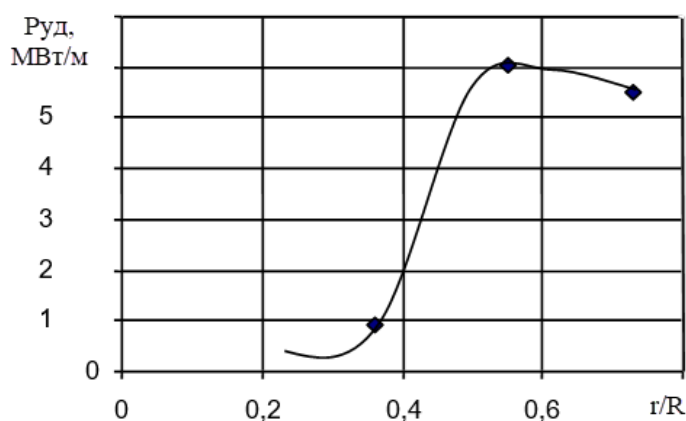


Рис. 3. Зависимость удельной мощности разряда $P_{уд}$ от отношения радиусов электродов r/R

Степень ионизации возрастает с увеличением напряжения разрядного промежутка (рис. 2). Кроме того, она в значительной мере зависит от расстояния между электродами. На рис. 3 приведена зависимость удельной мощности разряда $P_{уд}$, выделяемой в единице объема межэлектродного пространства полого катода, от соотношения радиусов электродов r/R . Наибольшая мощность достигается при соотношении радиусов электродов примерно равной 0,55. Увеличение радиуса внутреннего электрода более не приводит к росту удельной мощности. Учитывая эти факторы, в последующих экспериментах было выбрано соотношение радиусов электродов, равное 0,55.

Для оценки эффективности технологии была выполнена обработка образца цилиндра, имеющего диаметр 30 мм и длину 116 мм, изготовленного из стали 38ХМЮА. Амплитуда напряжения импульса «энергетической накачки» составляла 950 В, амплитуда напряжения для ускорения ± 50 кВ. Запаздывание второго импульса относительно первого составляло 40 мкс. Импульсы подавались с частотой 0,1 Гц. На рис. 4 (зависимость 1) представлена зависимость микротвердости стального образца от времени обработки. Для сравнения на этом же графике приведена зависимость той же марки стали, которая обрабатывалась традиционным газопечным методом азотирования (зависимость 2).

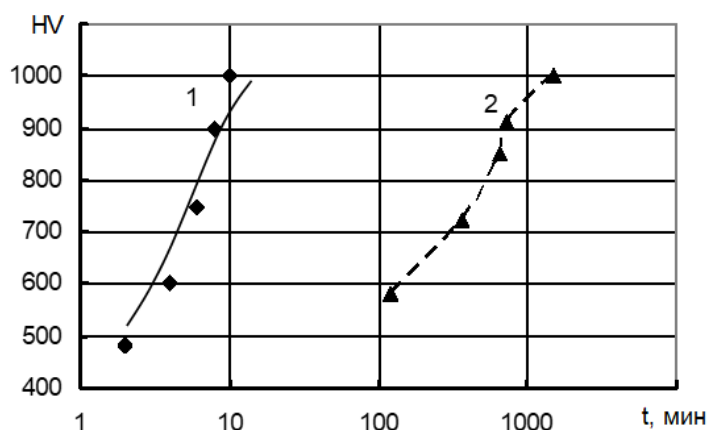


Рис. 4. Зависимость микротвердости стали 38ХМЮА от времени обработки:
1 – азотирование методом имплантации,
2 – газопечное азотирование

Предлагаемая технология обеспечивает достижение аналогичного уровня микротвердости в 1000 HV, как и при газопечной обработке азотированием, но за значительно короткий период времени. В то же время, газопечный метод потребляет больше энергии. Еще одним преимуществом обработки с использованием потоков частиц является возможность более точно контролировать температурный режим детали на протяжении всего процесса, за счет изменения частоты подачи импульсов. Это направление открывает новые горизонты для исследовательских работ. Таким образом, предложенная методика ионной имплантации имеет значительный потенциал для обработки конструкционных и инструментальных сталей, с целью увеличения прочности их поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Райзер Ю. П. Физика газового разряда. – М.: Наука, 1987. – 592 с
2. Воробьев В. Ф., Ильин Н. В., Шипко М. Н. Повышение коррозионной стойкости постоянных магнитов в устройствах магнитожидкостных уплотнений // Вестник машиностроения, 2002, №1. - С. 20-23.
3. Шипко М. Н., Воробьев В. Ф., Беляев Г. В., Крайков А. Н. Оптимизация электродных систем ускорителей ионов // Вестник ИГЭУ, 2005, №1. – с. 70-72.

УДК 620.178.162.4

И.В. Твердов, В.В. Терентьев, А.А. Гвоздев
ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДАМИ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЧУГУННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Аннотация: представлены результаты экспериментальных исследований триботехнических характеристик функциональных покрытий сформированных в процессе химико-

термических процессов на чугунных поверхностях. Отмечено снижение момента трения для покрытий, сформированных в процессе сульфоборирования на 7 %, в процессе сульфохромирования на 10,5 %, в процессе сульфоборохромирования на 18,3 % по сравнению с чугунными образцами без покрытия. Улучшение условий трения привели к снижению температуры в зоне трения на 4,5-8,1 %, а также снижению износа образцов на 20-31 % в зависимости от вида обработки. Стабилизация момента трения и температуры в зоне трения (определяющих время приработки) отмечалась в течение 35-40 минут.

Ключевые слова: момент трения, химико-термическая обработка, приработка, износ, износостойкость

I.V. Tverdov, V.V. Terentyev, A.A. Gvozdev

INVESTIGATION OF TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS COATINGS OBTAINED BY CHEMICAL AND THERMAL TREATMENT OF CAST IRON SURFACES

Abstract: the results of experimental studies of tribotechnical characteristics of functional coatings formed during chemical and thermal processes on cast iron surfaces are presented. A decrease in the moment of friction was noted for coatings formed during sulfoboration by 7 %, during sulfochromination by 10,5 %, and during sulfoboro-chromination by 18,3 % compared with uncoated cast iron samples. Improved friction conditions resulted in a 4,5-8,1 % decrease in temperature in the friction zone, as well as a 20-31 % decrease in samples wear, depending on the type of treatment. The stabilization of the friction moment and the temperature in the friction zone (which determine the run-in time) was noted for 35-40 minutes.

Keywords: friction moment, chemical and thermal treatment, run-in, wear, wear resistance

Износ поверхностей трибосопряжений является одним из основных факторов, определяющих ресурс деталей. Эффективным путем повышения износостойкости элементов трибосопряжений является химико-термическая обработка поверхности.

В работах [1-3] отмечается перспективность применения сульфохромирования для повышения долговечности элементов топливной аппаратуры.

В частности, отмечается, что сульфохромированное покрытие пар трения позволит значительно улучшить прирабатываемость сопряжений в начальный период работы и повысить их износостойкость в условиях установившегося износа, особенно прецизионных деталей, работающих в жестких условиях эксплуатации [1-3].

В работе [4] отмечена эффективность сульфоборирования поверхности для повышения ее долговечности.

С целью развития и совершенствования методов ХТО в данной работе при исследованиях отдано предпочтение формированию комплексных многофункциональных покрытий на основе сочетания (диффузии) нескольких материалов (веществ) для получения на рабочих поверхностях деталей антифрикционных, задиростойких, износостойких структур, повышающих ресурс как на этапе обкатки, в период нормальной (штатной) эксплуатации, так и в экстремальных условиях (перегрузки, ухудшение условиях смазывания и др.). За основу взята технология сульфидирования с развитием её версий: низкотемпературное сульфоборирование, сульфохромирование и гибриды – сульфоборохромирование с добавлением соединений меди (для повышения антифрикционных и задиростойких характеристик).

Для проведения триботехнических свойств в работе применялись: машина трения 2070 СМТ-1, набор образцов для испытания по схеме «ролик-колодка» («ролик» – Сталь 45; «колодка» – вырезка из чугунных гильз двигателя Д-240), масло моторное М-10Г₂К (производство «Лукойл»). Для фиксации температуры в процессе исследований применялась термопара (медь-константан) прибора ТС-902 (-50...+1350 °С); для определения толщины покрытия применялась скоба рычажная микрометрическая СР-25 (1 мкм), для определения износа образцов применялся микроскоп МПБ-2.

Износ определялся на колодке по ширине лунки, образующейся в процессе трения.

В результате химико-термической обработки различными методами были получены покрытия (рис. 1): сульфоборированные, сульфохромированные, сульфоборохромированные для последующих исследований.

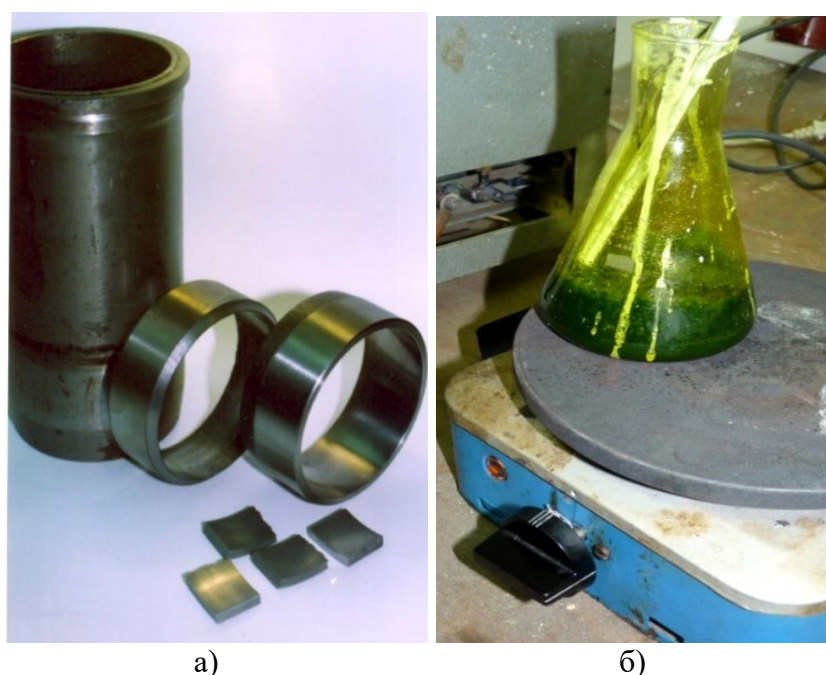


Рис. 1. Подготовка образцов (а) и их термохимическая обработка (б).

Сравнительные триботехнические испытания осуществлялись (рис. 2) в условиях граничного трения. Смазка деталей осуществлялась путем погружения нижней части ролика в ванночку с маслом, частота вращения ролика составляла 300 мин⁻¹. Для определения времени приработки сопряжений применялся «пассивный» эксперимент, т.е. при постоянной нагрузке и скорости ($pV = \text{const}$).

Результаты определения момента трения для образца без покрытия и образцов с различными покрытиями, сформированными при химико-термической обработке представлены на рис. 3.

Результаты определения температуры в зоне трения представлены на рис. 4.

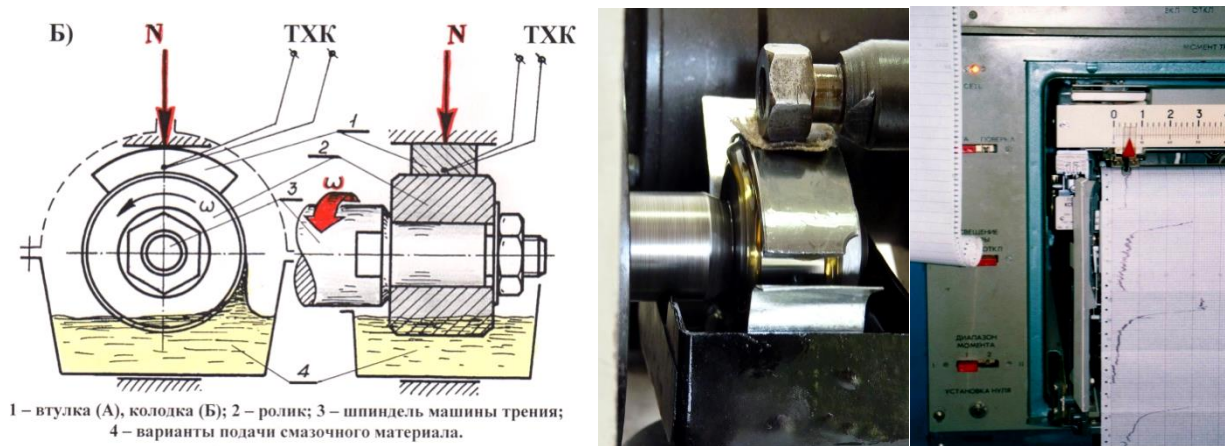


Рис. 2. Схема установки и нагружения образцов на машине трения 2070СМТ-1:
1 – колодка; 2 – ролик; 3 – шпиндель машины трения; 4 – ванна со смазочным материалом

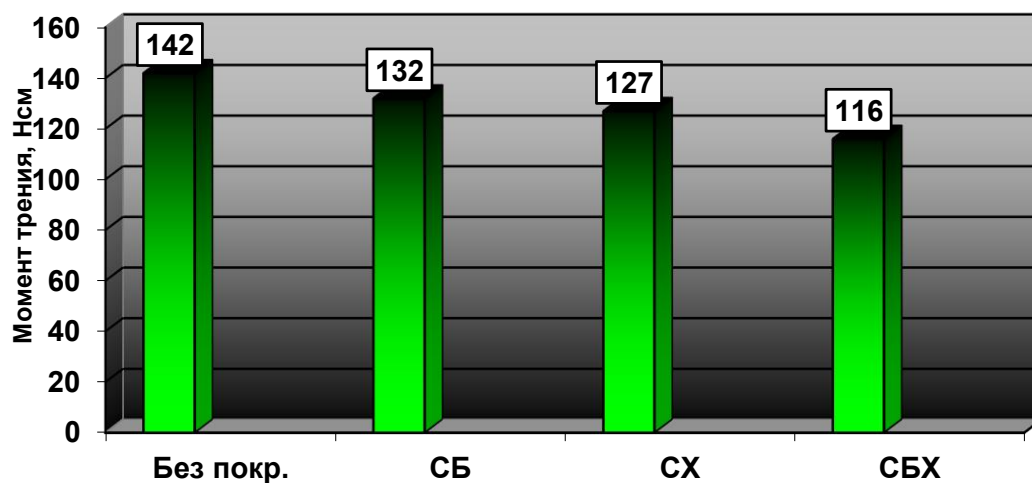


Рис. 3. Итоговые значения (через 60 мин) момента трения для образцов:
СБ – сульфоборирование; СХ – сульфохромирование; СБХ – сульфоборохромирование

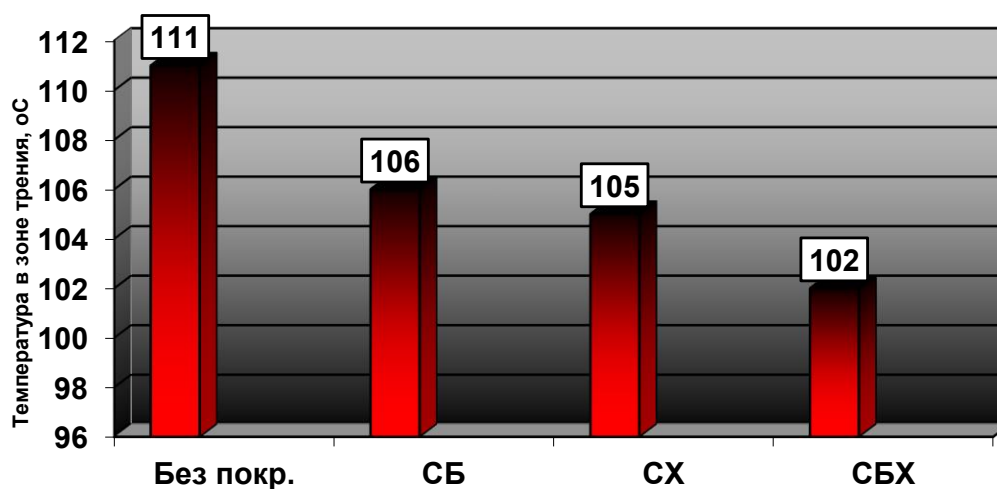


Рис. 4. Итоговые значения (через 60 мин) температуры в зоне трения для образцов:
СБ – сульфоборирование; СХ – сульфохромирование; СБХ – сульфоборохромирование

В результате сравнительных триботехнических испытаний согласно разработанной методике видно, что наиболее эффективным оказалось покрытие, сформированное в ванне сульфоборохромирования. Момент трения и температура поверхностных слоев стабилизировались уже через 35-40 мин. и оставались постоянными до конца опыта. При этом удалось снизить момент трения, а значит механические потери ЦПГ ДВС, на 18,3 %, температуру в зоне трения на 8,1 %. Это можно объяснить тем, что в целом сульфидные соединения, расположенные в поверхностных слоях, способствуют устранению очагов схватывания, уменьшают и облегчают деформирование соприкасающихся микронеровностей, уменьшают разрушения микроконтактов под действием тангенциальных сил, а также лучше адсорбируют смазку на поверхности, процесс приработки протекает без видимого схватывания. Средняя толщина сформированных покрытий составила в пределах 2...8 мкм (0,002...0,008 мм), что не повлияет на окончательные размеры изготовленных или отремонтированных деталей (исключение составят прецизионные детали, для которых этот припуск следует оставить при окончательной механической обработке/доводке).

На рис.5 представлены результаты определения износа колодок в процессе трения.

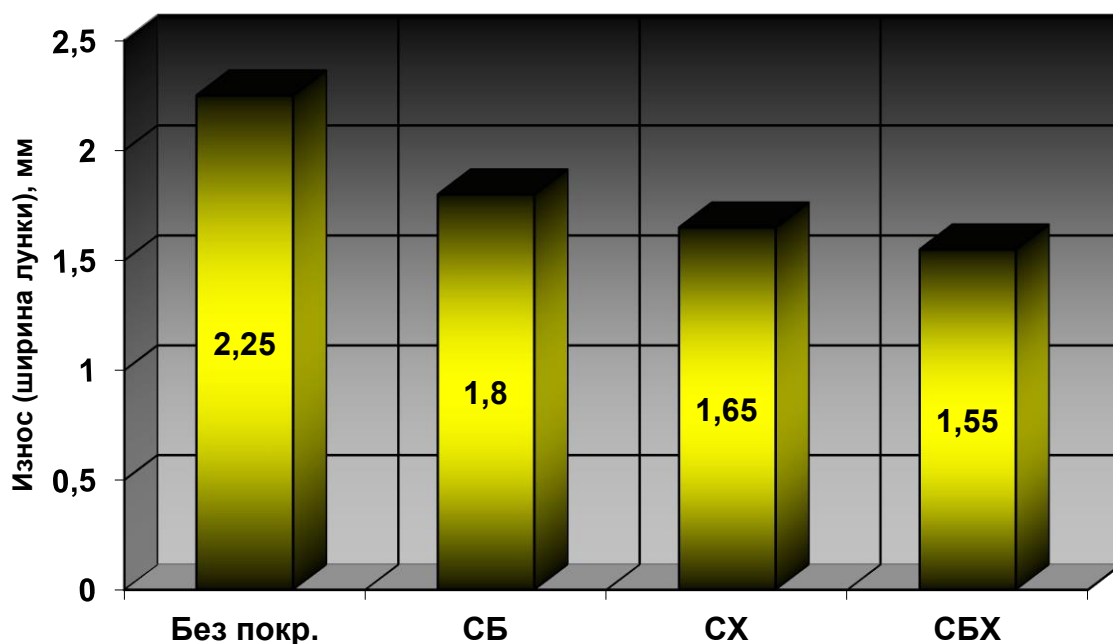


Рис. 5. Износ образцов (колодок) при испытании на машине трения:
СБ – сульфоборирование; СХ – сульфохромирование; СБХ – сульфоборохромирование

Улучшение условий трения после химико-термической обработки поверхности способствует снижению износа образцов. Как видно из представленных зависимостей (рис. 5) износ образцов снизился на 20-31 % в зависимости от вида обработки. Таким образом видно, что наиболее эффективной для создания функционального приработочного покрытия на чугунных поверхностях является технология сульфоборохромирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Данеев А. В. Восстановление прецизионных деталей топливных насосов высокого давления дизельных двигателей с применением метода сульфохромирования /А. В. Данеев, С. Н. Думнов //Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. - 2018. - Т. 58. № 2. - С. 19–26. - DOI: 10.26731/1813-9108.2018.2(58).19-26.
2. Думнов С.Н. Технология восстановления прецизионных деталей топливной аппаратуры дизельных двигателей сельскохозяйственной техники с использованием метода сульфохромирования: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Улан-Удэ, 2009. 20 с.
3. Думнов С.Н., Лабаров Д.Б., Болоев П.А. К вопросу восстановления плунжерных пар топливных насосов дизельных двигателей // Вестник Вост.-Сиб. гос. ун-та технологий управления. 2014 № 3 (48). С. 48-53.
4. Казанцев С. П. Разработка комбинированной технологии получения железоборидных покрытий при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03 / Казанцев Сергей Павлович. – М. : Моск. гос. агроинженер. ун-т им. В. П. Горячкина, 2006. – 267 с.

УДК 620.178.162

В.В. Терентьев, В.А. Рузанов, И.В. Коньков, В.В. Рябинин
ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ К УСЛОВИЯМ АБРАЗИВНОГО ИЗНАШИВАНИЯ УПРОЧНЕННЫХ СТАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аннотация: представлены результаты экспериментальных исследований абразивного изнашивания образцов из упрочненной стали 45, применяемой для изготовления полевых досок почвообрабатывающей техники. Отмечено снижение скорости изнашивания образцов в 2,29 раза при упрочнении путем нанесения армирующих валиков наплавочными электродами Т-620 по слою пасты, содержащей легирующие элементы.

Ключевые слова: абразивное изнашивание, упрочнение, износ, износостойкость, долговечность

V.V. Terentyev, V.A. Ruzanov, I.V. Konkov, V.V. Ryabinin

INVESTIGATION OF RESISTANCE TO ABRASIVE WEAR CONDITIONS OF HARDENED STEEL SURFACES

Abstract: the results of experimental studies of abrasive wear of samples made of hardened steel 45 used for the manufacture of field boards of tillage machinery are presented. A 2,29-fold decrease in the wear rate of the samples was noted during hardening by applying reinforcing rollers with T-620 surfacing electrodes over a layer of paste containing alloying elements

Key words: abrasive wear, hardening, wear, wear resistance, durability

Абразивное изнашивание – одна из основных причин наступления деградационных отказов различных машин и механизмов. Причина возникновения абразивного износа-режущее или царапающее действие твердых частиц (абразива) на контакти-

рующую поверхность детали. Вследствие этого происходит деформация поверхностного слоя, отделения с него части материала и изменение линейного размера.

Для абразивного изнашивания характерно наличие дискретного контакта абразивных частиц с поверхностным слоем детали с высокой степенью концентрации напряжений, превышающих предел прочности материала детали.

Данный вид изнашивания характерен для изделий, контактирующих с почвой и другими твердыми материалами (рабочие органы почвообрабатывающих сельскохозяйственных машин, зубья ковшей экскаваторов, дорожно-строительная техника и т.п.).

Известно, что абразивное изнашивание определяется взаимодействием твердых частиц и металлов деталей, которое зависит в первую очередь от следующих факторов: твердости металлов и частиц, прочности частиц, их формы, распределения нагрузки (передаваемой через частицы) между частицами и путем скольжения частиц относительно деталей [1].

Основным условием возникновения абразивного изнашивания является более высокая твердость абразива по сравнению с изнашиваемой деталью.

Особенно интенсивно абразивное изнашивание проявляется при условии трения о закрепленный абразив, что характерно для почвообрабатывающих машин сельскохозяйственной техники, предназначенных для глубокой обработки.

Известными методами повышения стойкости металлических рабочих органов почвообрабатывающей техники к процессу абразивного изнашивания являются: изготовление рабочего органа из износостойких легированных сталей; повышение прочности поверхностного слоя за счет термообработки, нанесение на поверхность рабочего органа износостойких покрытий и т.п.

Так как абразивное изнашивание во многом определяется пластическим деформированием поверхностного слоя, то одним из основных методов повышения долговечности деталей при абразивном изнашивании является повышение твердости поверхностного слоя.

Одним из элементов машин для основной обработки почвы (плугов) является полевая доска. Материалом полевой доски РЗПЛЖ.21.500 является сталь 45 ГОСТ 1050-2013 [2].

Авторами был проведен ряд исследований по определению стойкости стали 45 к трению в абразивной среде упрочненных образцов из стали 45 ГОСТ 1050-2013.

Упрочнение поверхностного слоя образцов осуществлялось различными методами: нанесение износостойких валиков (электроды Т-620), нанесение на поверхность образца легирующего состава в виде пасты с последующим нанесением армирующего валика.

Легирующие элементы в составе пасты подбирались, исходя из возможности образовывать в процессе нагрева стальной поверхности износостойких структур (Al_2O_3 , В, С), в качестве связующего компонента при изготовлении пасты использовалось натриевое жидкое стекло.

При упрочнении по слою пасты предварительно на подготовленный образец наносилась приготовленная паста, далее осуществлялась сушка образца при комнатной температуре до полного высыхания пасты, после этого осуществлялась наплавка армирующего валика.

Трение осуществлялось на лабораторной установке, предназначенной для исследования образцов в абразивной среде.

В качестве абразива использовался электрокорунд.

Схема исследовательской установки представлена на рис.1 [3].

На рис. 2 представлены результаты прироста твердости образцов после упрочнения.

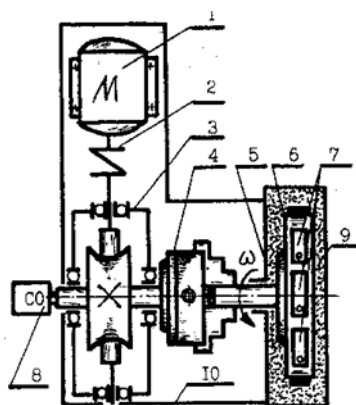


Рис. 1. Схема исследовательской установки для испытания материалов на изнашивание в абразивной среде:

- 1 - электродвигатель; 2 - муфта; 3 - редуктор;
4 - патрон; 5 - контейнер для абразива;
6 - оправка-диск; 7 - образец;
8 - счетчик оборотов; 9 - абразив; 10 - рама

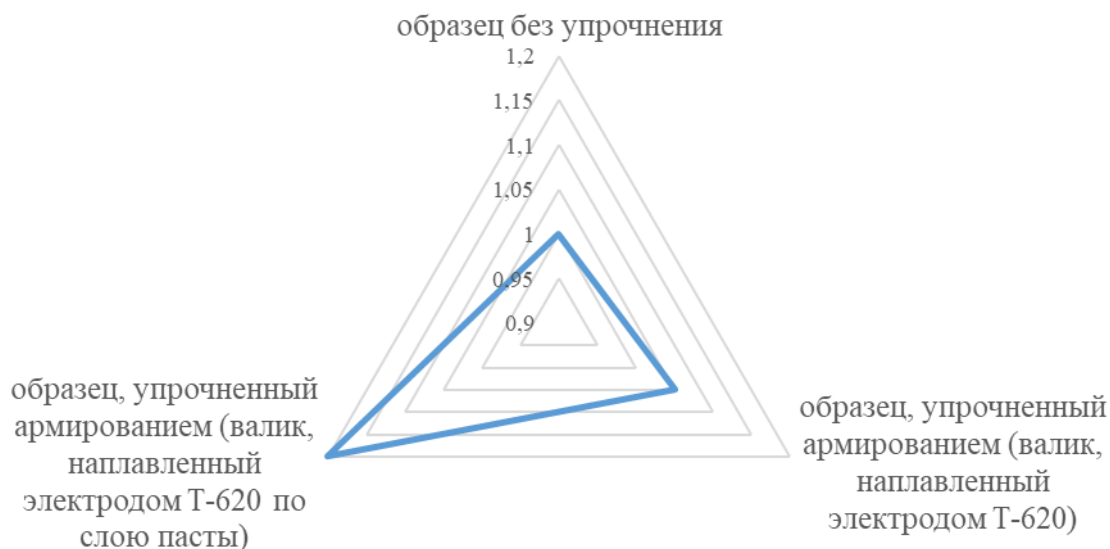


Рис. 2. Изменение твердости образцов до и после упрочнения различными методами

Твердость определялась в 10 мм от края армирующего валика. В процессе нанесения армирующего валика происходит значительный нагрев образца. В результате этого в зоне, прилегающей к месту нагрева, при остывании образуются закалочные структуры, приводящие к росту твердости поверхностного слоя.

Предварительное нанесение на поверхность борсодержащих и твердых алюминий содержащих компонентов с дальнейшим нагревом поверхности способствует реализации процессов химико-термической обработки поверхностного слоя.

Как видно из представленных зависимостей, максимальный прирост твердости наблюдался для образца, упрочненного армирующим валиком после нанесения на поверхность пасты с легирующими компонентами (прирост твердости составил 20 %).

Прирост твердости обусловлен не только образованием закалочных структур, но и активному взаимодействию легирующих компонентов с поверхностным слоем образца.

При наличии пасты в процессе нанесения армирующего валика изменяются условия теплового воздействия на поверхность образца, снижается скорость его остывания. При этом высокие температуры, возникающие в зоне горения дуги, приводят к образованию на поверхности образцов частиц алюминидов железа, являющегося интерметаллидом. Участки алюминидов железа, обладая повышенной твердостью, по сравнению с исходной поверхностью способствуют повышению твердости всего поверхностного слоя. Вследствие этого образцы обладают повышенной стойкостью к условиям абразивного изнашивания.

На рис. 3 представлены результаты определения скорости абразивного изнашивания образцов до и после упрочнения.

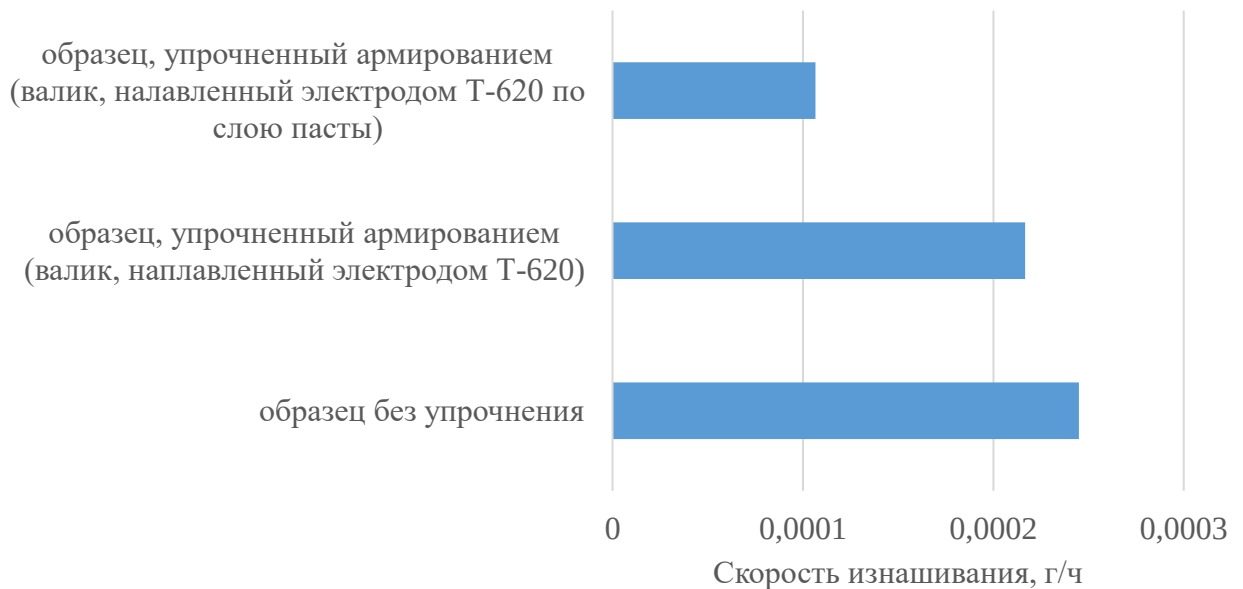


Рис. 3. Результаты определения скорости изнашивания

Как видно из представленных зависимостей, упрочнение поверхности образцов способствует снижению скорости абразивного изнашивания. Скорость изнашивания образцов снижается: при нанесении армирующего валика в 1,13 раза, при нанесении армирующего валика по слою пасты в 2,29 раза.

При этом в процессе изнашивания упрочненных образцов наблюдалось снижение интенсивности процессов пластического деформирования и микрорезания поверхности.

На упрочненных поверхностях следы износа имеют более четкие границы, для неупрочненных образцов границы менее ровные, на краях бороздок износа наблюдаются следы пластического деформирования микронеровностей.

Снижение скорости изнашивания способствует повышению долговечности стальных поверхностей. Таким образом упрочнение стальных поверхностей полевых досок методом нанесения армирующих валиков по слою пасты способствует повышению их ресурса в 2,29 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хрущов М.М. Трение, износ и микротвердость материалов: Избранные работы (к 120-летию со дня рождения). - М.: КРАСАНД, 2012. 512 с.
2. ГОСТ 1050-2013Metalloпродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия (с Поправками) [Текст]. – Введ.01.01.2015. Взамен ГОСТ 1050-88.– М.: Стандартиформ, 2014.– 13 с.
3. Гвоздев А.А. Исследование износостойкости материалов в условиях абразивного изнашивания. Методические указания для выполнения лабораторной работы Иваново: ИГ-СХА, 2006. – 34 с.

УДК 620

А.В. Топоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА В СТРУКТУРЕ ОБРАЗЦА ТРЕНИЯ, ИЗГОТОВЛЕННОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ

Аннотация: В статье рассматривается применение технологии 3D-печати для изготовления элементов трения с целью улучшения их триботехнических характеристик. Для достижения оптимальных показателей предлагается использовать метод пропитки трущихся поверхностей смазочными материалами. Описан процесс пропитки образцов маслом И-20 при определенных условиях давления и времени. Проведен сравнительный анализ расчетных и экспериментальных значений объема смазочного материала в образцах. Результаты показывают, что реальный объем смазки превышает расчетный, что объясняется способностью материала впитывать смазочный материал. Представлены данные по изменению массы образцов после пропитки и рассчитана плотность смазки. Сделаны выводы о перспективности использования данной методики для повышения долговечности и эффективности работы узлов трения.

Ключевые слова: 3D-печать, элементы трения, триботехнические характеристики, смазочные материалы, пропитка, масло И-20, плотность смазки, долговечность, узлы трения

A.V. Toporov

DETERMINATION OF THE AMOUNT OF LUBRICANT IN THE FRICTION STRUCTURE OF A SAMPLE MANUFACTURED USING 3D PRINTING TECHNOLOGY

Abstracts: The article discusses the application of 3D printing technology for manufacturing friction elements to improve their tribotechnical characteristics. To achieve optimal performance, it is proposed to use the method of impregnating friction surfaces with lubricants. The process of impregnating samples with I-20 oil under certain pressure and time conditions is described. A comparative analysis of calculated and experimental values of the volume of lubricant in the samples is carried out. The results show that the actual volume of lubricant exceeds the calculated

one, which is explained by the material's ability to absorb the lubricant. Data on changes in the mass of samples after impregnation are presented, and the density of the lubricant is calculated. Conclusions are drawn about the prospects of using this technique to increase the durability and efficiency of friction units.

Keywords: 3D printing, friction elements, tribotechnical characteristics, lubricants, impregnation, I-20 oil, lubricant density, durability, friction units

При рассмотрении вопроса применения 3D-печати для изготовления элементов трения необходимо учитывать множество факторов, таких как температурные показатели работы узла трения, условия нагрузки, а также триботехнические параметры.

Для улучшения триботехнических показателей необходимо обеспечить наличие смазочного материала в зоне контакта. Существует множество способов смазки [1], но наиболее интересным в данном случае является пропитка трущихся элементов смазочным материалом. Структура, полученная с помощью технологии 3D-печати, в этом случае подходит наилучшим образом [2, 3].

Определим объем смазочного материала, находящегося в образце трения после пропитки. Образцы пропитывались маслом И-20 в течение 24 часов при давлении около 50 кПа. В первые 5 часов пропитки наблюдались выходящие из пор пузырьки воздуха, которые со временем уменьшались в размере [4].

Объем образца, рассчитанный на основе его размеров, составил:

$$V_{\text{образца}} = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,9 = 2,025 \text{ см}^3$$

Расчеты выполнены в сантиметрах, так как в справочной литературе плотность материалов обычно указывается в г/см³.

С учетом коэффициента заполнения можно определить расчетные объемы пустот и пластика в структуре образца:

$$V_{\text{пустот расч.}} = V_{\text{образца}} \cdot (1 - K_z) = 2,025 \cdot 0,1 = 0,2025 \text{ см}^3$$

$$V_{\text{пластика расч.}} = V_{\text{образца}} \cdot K_z = 2,025 \cdot 0,9 = 1,8225 \text{ см}^3$$

Таблица. Среднее значение массы образцов

Вид пластика	$K_z=0,9$	Средняя масса образца без пропитки, г.	Средняя масса образца после пропитки маслом И20, г.
PLA	0,9	2,12	2,42

Реальные объемы пластика и пустот (которые после пропитки заполняются смазочным материалом) определены на основе измерения массы образцов. В таблице представлены средние значения массы до и после пропитки смазочным материалом, полученные по результатам измерений 5 изготовленных образцов. Среднее значение массы образца из PLA пластика сразу после пропитки составляло около 2.44 г. В течение 10 дней хранения масса уменьшалась и стабилизировалась на уровне 2.42 г. На стеклянной подложке, где лежали образцы, были заметны следы масла. После 10 дней дальнейшего снижения массы не наблюдалось, поэтому в таблице приведены значения после 10-дневной выдержки.

Зная плотность масла И 20 $\rho_{\text{И20}} = 0,89 \text{ г/см}^3$ [3] и массы образца до и после пропитки, определим реальный объем масла, находящегося в пустотах:

$$V_{\text{И20 PLA}} = m_{\text{И20 PLA}} / \rho_{\text{И20}} = 0,29 / 0,89 = 0,326 \text{ см}^3$$

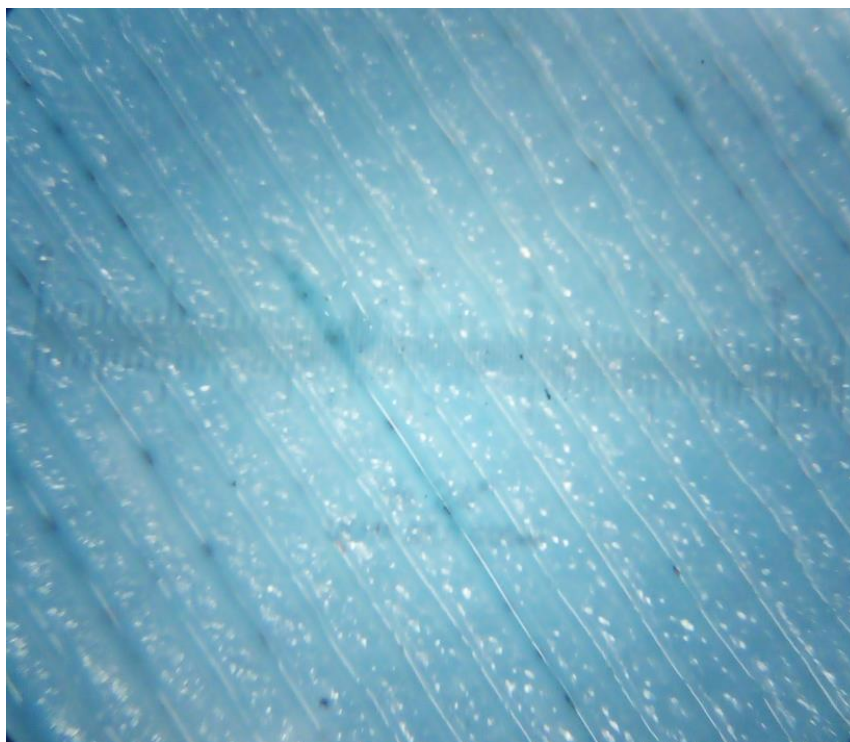


Рисунок. Макроструктура PLA пластика после пропитки пропитки

Сравнив значения объемов, заполненных маслом – расчетного и реального видно, что в действительности смазки в образце находится в 1,63 раза больше, чем рассчитано.

Это может объясняться тем, что смазка в PLA пластике находится не только в пространстве между нитями филамента, но и впитывается в материал. Это предположение также подтверждает макрофотография (рисунок).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончарова, Ю. А. Исследование механических свойств композиционного материала на основе 3D-печатных каркасов, наполненных полимерным компаундом / Ю. А. Гончарова // *Агроинженерия*. – 2022. – Т. 24, № 2. – С. 65-70. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-2-65-70.
2. Топоров, А. В. Исследование прочности композиционного материала, полученного при помощи технологии 3D-печати / А. В. Топоров, В. Е. Иванов, Е. А. Топорова // *Сборка в машиностроении, приборостроении*. – 2023. – № 7. – С. 311-315.
3. Перспективы применения элементов трения, изготавливаемых с использованием технологии 3D печати / А. В. Топоров, В. П. Зарубин, В. В. Киселев, Е. А. Топорова // *Пожарная и аварийная безопасность*. – 2024. – № 2(33). – С. 77-85.
4. Топоров, А. В. Исследование механических свойств модельного материала, полученного при помощи технологии 3d печати / А. В. Топоров, В. Е. Иванов // *Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XVII Международной научно-практической конференции, посвященной 90- й годовщине образования гражданской обороны, Иваново, 24 ноября 2022 года*. – Иваново: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам граж-

данской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2022. – С. 565-568.

УДК 621.941

А.М. Филатов, С.А. Егоров

ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ЛЕЗВИЙНОМ РЕЗАНИИ С РАЗЛИЧНЫМИ СРЕДСТВАМИ ОХЛАЖДЕНИЯ

Аннотация: Представлены результаты исследования температуры режущего инструмента в зависимости от применяемых способов охлаждения зоны резания при различных режимах резания. Таким образом установлены зависимости влияния режимов резания и типа охлаждающей среды на температуру в зоне резания.

Ключевые слова: резание металлов, регрессионная модель, температура резания, СОТС, туман.

A.M. Filatov, S.A. Egorov

CHANGING THE TOOL TEMPERATURE DURING BLADE CUTTING WITH VARIOUS COOLING MEANS

Abstract: The article presents the results of the study of the cutting tool temperature depending on the applied methods of cooling the cutting zone under different cutting conditions. Thus, the dependences of the influence of cutting conditions and the type of cooling medium on the temperature in the cutting zone are established.

Key words: metal cutting, blade processing, regression model, cutting temperature, lubricating and cooling technological means, fog.

Использование различных смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) при обработке резанием обеспечивает уменьшение значения шероховатости и микротвёрдости на обработанной поверхности, а также улучшает условия стружкообразования и свойства поверхностного слоя, снижая силы резания. В настоящее время имеется тенденция на сокращения использования СОЖ, что связано не только с технологическими, но и с экологическими факторами, в том числе с более жесткими международными нормами по охране окружающей среды [1,3,4,5].

При повышении производительности обработки резанием на современных станках значительно увеличивается расход СОЖ. В ряде случаев производственные затраты на приобретение и обслуживание СОЖ на предприятиях намного превосходят затраты на инструмент. Затраты, связанные с СОЖ не ограничиваются только их покупкой и приготовлением, они также включают затраты на техническое обслуживание и последующую утилизацию. Затраты на утилизацию смазочно-охлаждающих жидкостей превышают их закупочную цену в два и четыре раза в США и Европе соответственно. Это главным образом связано с тем, что большинство смазочно-охлаждающих жидкостей не являются биоразлагаемыми и требуют дорогостоящей

обработки перед утилизацией [2]. Высокие эксплуатационные расходы на СОЖ являются одной из основных причин отказа от ее использования при обработке резанием.

Цель исследования заключалась в анализе влияния различных средств охлаждения на температуру инструмента при лезвийной обработке.

Исследование температуры режущего инструмента происходило в процессе чистового точения заготовки из конструкционной легированной стали 40Х. Данная сталь имеет повышенные механические характеристики: твердость 165НВ, временное сопротивление 890 МПа, предел текучести 785 МПа, относительное удлинение 10 %.

Резание осуществлялось при продольном точении вала токарным резцом с механическим креплением твердосплавной пластины Т5К8. Геометрические параметры инструмента: $\gamma=11^\circ$, $\alpha=4^\circ$, $\alpha_1=11^\circ$, $\varphi=60^\circ$, $\varphi'=30^\circ$, $\varepsilon=90^\circ$, $h \times b=20 \times 16$.

Рассматривались следующие способы охлаждения обрабатываемой детали:

1. Инструмент охлаждается потоком воздуха от вращающейся заготовки.
2. Инструмент и заготовка охлаждаются полусинтетической смазочно-охлаждающей жидкостью Ивнетикс с концентрацией по объему 2 % подаваемой в зону резания поливом.
3. Инструмент и заготовка охлаждаются полусинтетической смазочно-охлаждающей жидкостью Ивнетикс с концентрацией по объему 2 % подаваемой в зону резания в виде пара.

Измерение температуры производилось при скорости вращения обрабатываемой детали 200, 630 и 1000 об/мин, а также при подаче 0,17, 0,34 и 0,7 мм/об., глубина резания 1 мм

При охлаждении паром температура, по мере увеличения скорости резания, возрастает равномерно и не достигает температурного значения, получаемого другими способами, что позволяет нам сделать предположение об эффективности охлаждения паром и при более высоких скоростях резания.

При проведении полного факторного эксперимента (ПФЭ) была построена матрица планирования (таблица), включающая в себя последовательность проведения опытов, значения факторов, эффектов взаимодействия и значения исследуемой функции. Данные для составления матрицы планирования были взяты следующие данные:

$$X_1 = n \text{ (200 об/мин)} = -1, n \text{ (630 об/мин)} = 0, n \text{ (1000 об/мин)} = 1;$$

$$X_2 = S \text{ (0.17 мм)} = -1, S \text{ (0.34 мм)} = 0, S \text{ (0.7 мм)} = 1;$$

$$X_3 = \text{Охл. среда (возд.)} = -1, \text{Охл. среда (пар)} = 0, \text{Охл. среда (водн. эмульс.)} = 1.$$

Таблица. Матрица планирования полного факторного эксперимента

№	X1	n	X2	S	X3	Тип среды
1.	-1	200 об/мин	-1	0.17 мм/об	1	Водн. эмульс.
2.	-1	200 об/мин	0	0.34 мм/об	1	Водн. эмульс.
3.	-1	200 об/мин	1	0.7 мм/об	1	Водн. эмульс.
4.	0	630 об/мин	-1	0.17 мм/об	1	Водн. эмульс.
5.	0	630 об/мин	0	0.34 мм/об	1	Водн. эмульс.
6.	0	630 об/мин	1	0.7 мм/об	1	Водн. эмульс.

№	X1	n	X2	S	X3	Тип среды
7.	1	1000 об/мин	1	0.7 мм/об	1	Водн. эмульс.
8.	1	1000 об/мин	0	0.34 мм/об	1	Водн. эмульс.
9.	1	1000 об/мин	-1	0.17 мм/об	1	Водн. эмульс.
10.	1	1000 об/мин	1	0.7 мм/об	-1	Пар
11.	1	1000 об/мин	-1	0.17 мм/об	-1	Пар
12.	1	1000 об/мин	0	0.34 мм/об	-1	Пар
13.	0	630 об/мин	1	0.7 мм/об	-1	Пар
14.	0	630 об/мин	-1	0.17 мм/об	-1	Пар
15.	0	630 об/мин	0	0.34 мм/об	-1	Пар
16.	-1	200 об/мин	1	0.7 мм/об	-1	Пар
17.	-1	200 об/мин	0	0.34 мм/об	-1	Пар
18.	-1	200 об/мин	-1	0.17 мм/об	-1	Пар
19.	1	1000 об/мин	1	0.7 мм/об	0	Возд.
20.	1	1000 об/мин	0	0.34 мм/об	0	Возд.
21.	1	1000 об/мин	-1	0.17 мм/об	0	Возд.
22.	0	630 об/мин	-1	0.17 мм/об	0	Возд.
23.	0	630 об/мин	0	0.34 мм/об	0	Возд.
24.	0	630 об/мин	1	0.7 мм/об	0	Возд.
25.	-1	200 об/мин	1	0.7 мм/об	0	Возд.
26.	-1	200 об/мин	0	0.34 мм/об	0	Возд.
27.	-1	200 об/мин	-1	0.17 мм/об	0	Возд.

На основе полученных данных была рассчитана регрессионная модель имеющая следующий вид:

$$Y = 638.8148 + 226X_1 + 59.7778X_2 + 27.1667X_3 \quad (1)$$

В соответствии с моделью представленной формулой 1, получаем, что частота вращения детали оказывает самое большое влияние на температуру в зоне резания. Так же мы получили значения интенсивности влияния различных факторов на температуру в зоне резания.

Итоговая модель зависимости температуры в зоне резания от частоты вращения, подачи и типа охлаждающей среды имеет вид:

$$Y = 178,55 + 0,565n + 225,5S + 0,0173T_{\text{теплоемкость охл. сред}} \quad (2)$$

Таким образом установлена зависимость влияния режимов резания и типа охлаждающей среды на температуру в зоне резания. Представленная модель дает возможность прогнозировать температуру в зоне резания со средней погрешностью 80 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Khor Zheng Yang, A. Pramanik, A.K. Basak, Y. Dong, Chander Prakash, S. Shankar, Saurav Dixit, Kaushal Kumar, Nikolai Ivanovich Vatin, Application of coolants during tool-based machining – A review, in Shams Engineering Journal, Volume 14, Issue 1, 2023, 101830, ISSN 2090-4479.
2. Shokrani A., Dhokia V., Newman S.T. Environmentally conscious machining of difficult-to-machine materials with regard to cutting fluids. International Journal of Machine Tools & Manufacture, 2012, vol. 57, pp. 83-101.
3. Даниелян А.М. Теплота и износ инструментов в процессе резания металлов. М.: 1954 –276с.
4. Механизм проникающего действия СОТС в паровой фазе в зону резания / С.А. Егоров, М.С. Обронов // Пожарная и аварийная безопасность. – 2022. – № 4 (27). – С. 19-23.
5. Резников А. Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1981. – 279с

УДК 621.357

Н.Р. Хобта, И.И. Ведерникова, А.М. Власов

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ПРИМЕНЕНИЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ НА ОПЕРАЦИЯХ РЕЗАНИЯ

Аннотация: В статье рассмотрено действие различных СОТС на процесс резания, типы смазочно-охлаждающих жидкостей, их свойства.

Ключевые слова: механическая обработка, присадки, смазка и охлаждение, смазочно-охлаждающие жидкости, резание.

A.V. Baskakova, P.I. Sinodeeva, I.I. Vedernikova, S.A. Egorov

APPLICATION OF LUBRICANT-COOLING TECHNOLOGICAL AGENTS IN CUTTING OPERATIONS

Abstract: The article examines the effect of various cutting fluids on the cutting process, types of cutting fluids, and their properties.

Keywords: machining, additives, lubrication and cooling, cutting fluids, cutting.

Разработка и совершенствование технологического оборудования играют ключевую роль в повышении эффективности производства в машиностроительной отрасли. Одним из актуальных направлений является создание инновационных при-

способлений для улучшения обработки инструментов, таких как ножи барабанных летучих ножниц, используемых в прокатных цехах. Эти инструменты подвергаются интенсивному износу, и высокая точность их обработки имеет решающее значение для повышения качества продукции и продления срока службы оборудования.

Испытания разработанного приспособления для шлифовки ножей барабанных летучих ножниц направлены на оценку его эффективности, надежности и экономической целесообразности. Для объективной оценки успешности проведенных исследований выделены ключевые критерии, которым должно соответствовать устройство.

Одним из основных показателей качества работы приспособления является точность обработки ножей, которая включает:

- Соответствие геометрических параметров обработанных ножей заданным требованиям.
- Достижение требуемого уровня шероховатости поверхности режущей кромки Ra 1,6, что влияет на качество резки металла и долговечность ножей.
- Отсутствие дефектов, таких как перегрев режущей кромки, микротрещины и неравномерный сьем материала.

В первую очередь необходимо проверить **степень вибрации** приспособления и **надежность фиксации ножа**. Проверка вибрации и надежности фиксации – это критически важные этапы испытаний, так как они определяют стабильность работы приспособления, качество обработки ножей и срок службы оборудования. Только после успешного прохождения этих испытаний можно переходить к анализу точности обработки и других эксплуатационных характеристик.

Для проведения исследований степени вибрации планируется задействовать плоскошлифовальный станок модели 3510, так как данный станок является базовым оборудованием, на котором будет эксплуатироваться устройство, что позволит протестировать его в реальных условиях.

Приспособление устанавливается на стол станка и крепится с помощью болтов и сухарей в Т-образные пазы (см. рис. 1).

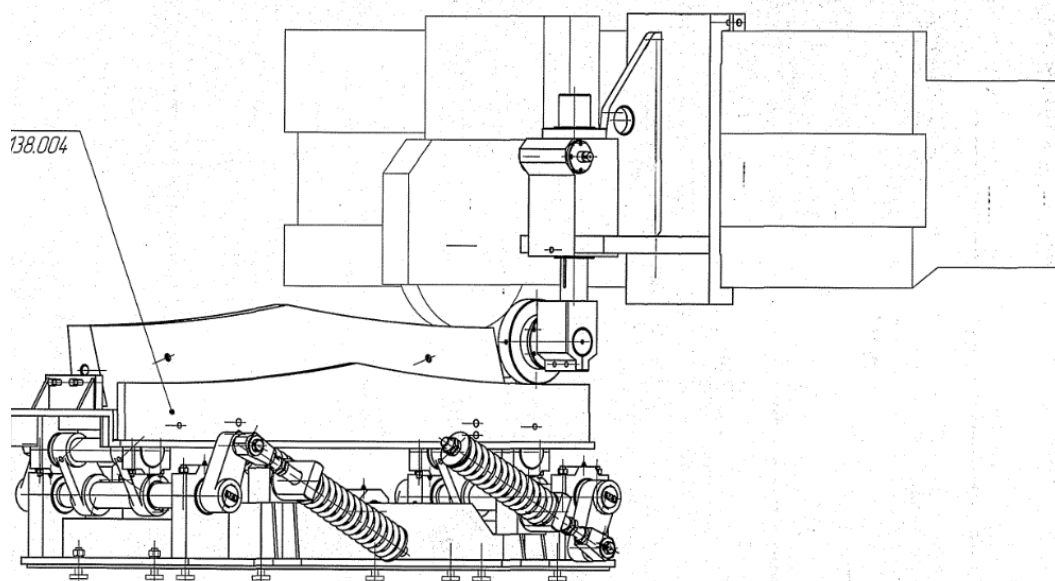


Рис. 1. Схема установки на станок

На приспособление ставится и затем закрепляется заготовка. После установки проводится визуальный контроль закрепления.

Вибрации, возникающие в процессе шлифовки, могут негативно повлиять на точность обработки и привести к преждевременному износу как самого приспособления, так и режущего инструмента. Для измерения вибрации будут использоваться вибродатчики BALTECH VP-3470 (рис. 2), установленные на ключевых узлах приспособления. При превышении допустимых значений вибрации потребуются доработка конструкции – усиление креплений, применение демпфирующих элементов или изменение схемы расположения опорных узлов.



Рис. 2. «Вибродатчик BALTECH VP-3470»

По результатам испытаний частоты амплитуды колебаний вибрации в норме, но также предложены конструктивные доработки для снижения уровня вибраций, включая усиление элементов крепления, внедрение дополнительных демпфирующих механизмов и оптимизацию параметров работы плоскошлифовального станка. Внедрение этих решений позволит повысить точность обработки, улучшить эксплуатационные характеристики ножей и продлить срок их службы.

Следующим этапом идет оценка надежности фиксации ножа. Фиксация ножа играет решающую роль в точности обработки, так как любое смещение заготовки во время шлифовки приведет к отклонению от заданной геометрии. Для оценки фиксации планируется использовать динамометрические стенды, позволяющие измерять усилия зажима и сопротивление смещению. Также будет проведена серия тестов с разными параметрами зажима, чтобы определить оптимальные настройки фиксации.

Приспособление фиксируется на динамометрическом стенде. Датчики фиксируют силу прижима, анализируется равномерность распределения нагрузки.

Стандартный динамометрический стенд включает в себя следующие элементы:

1. Силовой датчик (тензометрический датчик) – фиксирует нагрузку, возникающую при закреплении ножа и в процессе шлифования.

2. Жесткая рама – обеспечивает стабильность стенда и предотвращает дополнительные вибрации.

3. Система измерения вибраций – акселерометры для фиксации колебаний при обработке.

4. Динамометр (механический или электронный) – фиксирует усилия прижима ножа.

5. Контрольно-измерительная система – позволяет считывать и анализировать данные с датчиков.

В качестве измерительного прибора используется **динамометрический** ключ Hazet 7000 (рис. 3).



Рис. 3. Динамометрический ключ Hazet 7000

Результат проведенных испытаний показал, что момент затяжки винтов крепления соответствует от 215 до 330 м/Н. Сила натяжения при этом равна 77,4 Н.

Для моделирования процессов, которые будут влиять на приспособления во время работы, использовались ПО APM FEM Компас 3D и CAE Fidesys. Также для проверки/подтверждения правильности расчетов было применено ПО Ansys и MATLAB Simulink.

После проведения расчетов были выявлены «слабые» места приспособления, в которых будет максимальное напряжение (поверхность копира и элемент передвижения роликового узла). Математическое моделирование также подтвердило правильность подбора пружин.

Результаты расчетов, полученные в ходе математического моделирования процессов шлифования ножей и работы приспособления, являются коммерческой тайной ПАО «Северсталь». Эти данные включают в себя оптимальные параметры обработки, расчетные характеристики вибраций, напряженно-деформированное состояние конструкции.

Перед началом испытаний разработанного приспособления для шлифовки ножей барабанных летучих ножниц необходимо определить основные параметры, подлежащие оценке, а также методики их измерения.

Основными объектами исследования являются:

- Геометрическая точность обработки (контроль формы режущей кромки и углов);
- Шероховатость обработанной поверхности (оценка качества шлифования);

- Надежность и устойчивость конструкции (анализ вибраций, нагрузок, износа узлов);
- Сравнительный анализ с существующими технологиями (определение преимуществ и недостатков).

После предварительной операции шлифовки с помощью профилометра и шаблона (заранее изготовленного) режущей кромки, было определено, что обработанные поверхности соответствуют требованиям чертежа.

Ранее в технологическом процессе изготовления ножей для барабанных летучих ножниц применялась существующая методика, в которой заключительная обработка проводилась фрезерованием. Однако данный подход не предусматривал этапа шлифовки, что могло приводить к ряду недостатков в качестве конечного изделия. Шероховатость кромок оставляли равной Ra 3,2, что могло в дальнейшем привести к дефектам, так как не всегда можно было обеспечить стабильное качество реза полосы.

Возможные дефекты при фрезеровании без последующей шлифовки:

- Повышенная шероховатость поверхности - фрезерование оставляет следы инструмента в виде продольных или поперечных рисок, что увеличивает шероховатость поверхности. В результате ухудшается качество реза ножей, что может повлиять на их эксплуатационные характеристики.
- Микронеровности и волнистость кромки - из-за вибраций инструмента или износа фрезы могут возникать отклонения формы кромки, приводящие к неравномерному контакту ножа с обрабатываемым материалом. Это снижает точность резки и увеличивает нагрузку на механизм ножниц.
- Наличие заусенцев - после фрезерования на режущей кромке могут оставаться заусенцы, которые необходимо дополнительно удалять, что усложняет процесс подготовки ножей к эксплуатации. Если заусенцы не устранены, это может привести к быстрому износу кромки и ухудшению качества реза.
- Перекаленные зоны и остаточные напряжения - при неудачных режимах фрезерования возможен локальный перегрев материала, что приводит к изменению его структуры. Возникают остаточные напряжения, которые могут способствовать появлению трещин и снижению долговечности ножей.
- Неточности в геометрии режущей кромки - фрезерование не всегда позволяет достичь требуемых допусков по форме и углу заточки. Из-за этого может ухудшаться качество резки и увеличиваться износ ножей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Техническая документация на плоскошлифовальный станок модели 3510 // Архив машиностроительного центра «ССМ-Тяжмаш».
2. Шлифовальные станки: Учебно-метод. пособие по дисц. "Технологическое оборудование" для студ. машиностроит. спец./ В.И. Глубокий, А.И. Белицкая, А.И. Бачанцев. - Мн.: БИТУ, 2003. - 68 с
3. Обработка металлов резанием: учебно-методическое пособие / А.М. Минаев. – 2-е изд., стер. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 96 с. – 100 экз. Лоскутов В.В. Шлифование металлов. — М.: Машиностроение, 1962.
4. Основы конструирования приспособлений: Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Мл Машиностроение, 1983. — 277 с., ил.

ПЕДАГОГИКА И МЕТОДОЛОГИЯ ОБЩЕЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ И СПАСАТЕЛЕЙ

УДК 004.722:531.7

К.А. Батенков
РТУ МИРЭА

АНАЛИЗ КОЭФФИЦИЕНТА ПОТЕРИ КАДРОВ И КЛАССИФИКАЦИЯ СЕТЕЙ FRAME RELAY НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Аннотация: В статье рассматривается методология анализа коэффициента потери кадров в сетях Frame Relay, который определяется как отношение числа потерянных кадров к общему числу переданных кадров. Особое внимание уделено двум специальным показателям: коэффициенту потери нормальных кадров и коэффициенту потери избыточных кадров. Нормальные кадры имеют флаг возможного отбрасывания равный "0", а избыточные – "1". Процентиль коэффициентов потери кадров позволяет оценить распределение потерь в сети на основе функции распределения.

Ключевые слова: коэффициент потери кадров, Frame Relay, процентиль потери кадров, классы качества функционирования, статистический анализ.

К.А. Batenkov

FRAME LOSS COEFFICIENT ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF FRAME RELAY NETWORKS BASED ON STATISTICAL DATA

Abstracts: The article discusses a methodology for analyzing the frame loss coefficient in Frame Relay networks, which is defined as the ratio of the number of lost frames to the total number of transmitted frames. Special attention is paid to two special indicators: the coefficient of loss of normal frames and the coefficient of loss of excess frames. Normal frames have a possible discard flag of "0", and redundant frames have a "1". The percentile of frame loss coefficients allows you to estimate the distribution of network losses based on the distribution function.

Keywords: frame loss ratio, Frame Relay, frame loss percentile, functional quality classes, statistical analysis

Качество функционирования сетей Frame Relay (FR) во многом определяется коэффициентом потери кадров (FLR) и временными характеристиками передачи данных [1, 2]. В статье представлен подробный анализ этих параметров, а также их влияние на классификацию сетей. Использование процентилей и статистических данных позволяет точно оценить качество сети и определить ее класс.

Коэффициент потери кадров p_l (FLR – frame loss ratio) – отношение числа потерянных кадров n_l к общему числу переданных $n + n_l$ (объем исследуемой выборки определяется как сумма доставленных n и потерянных кадров n_l):

$$p_l = \frac{n_l}{n + n_l}.$$

Отметим, что в число доставленных кадров входят успешно доставленные кадры (их проверка циклическим избыточным кодом действительна и содержимое поля информации пользователя точно соответствует такому полю в соответствующем переданном кадре) и кадры с необнаруженными ошибками (их проверка циклическим избыточным кодом действительна, но содержимое поля информации пользователя отличается от такого поля в соответствующем переданном кадре, то есть поле информации пользователя в принятом кадре имеет одну или несколько ошибок по битам).

Отдельного внимания заслуживают два специальных показателя: *коэффициент потери нормальных кадров* $p_{l,c}$ и *коэффициент потери избыточных кадров* $p_{l,e}$.

Коэффициент потери нормальных кадров $p_{l,c}$ (FLR_c) – коэффициент потери кадров с флагом возможного отбрасывания (DE – discard eligible), установленным в значение "0", то есть для потока нормальных кадров. Отметим, что кадры с замененным флагом возможного отбрасывания со значения "0" на значение "1" также учитываются при расчете данного коэффициента.

Коэффициент потери избыточных кадров $p_{l,e}$ (FLR_e) – коэффициент потери кадров с флагом возможного отбрасывания, установленным в значение "1", то есть для потока избыточных кадров.

Процентиль коэффициентов потери кадров p_h *порядка* h *(нормальных, избыточных, всех)* – значение, при котором функция распределения коэффициентов потери кадров переходит от величин меньших h к величинам большим $h \in (0, 1)$. Предполагается, что измерения проводятся на m временных интервалах (обычно пятнадцатиминутных), на каждом из которых определяется число принятых кадров n_i , число потерянных кадров $n_{l,i}$ и соответствующий коэффициент потери кадров $p_{l,i} = \frac{n_{l,i}}{n_i + n_{l,i}}$.

При условии упорядоченности в порядке не убывания коэффициентов потери кадров $p_{l,i}$, то есть если $p_{l,i+1} \geq p_{l,i}, i = 1, 2, \dots, m-1$, процентиль коэффициентов потери кадров определяется следующим образом:

$$p_h = p_{l,[h \cdot m]}, p_{l,i+1} \geq p_{l,i}, i = 1, 2, \dots, m-1.$$

Основываясь на данных показателях, в [3] определены четыре класса качества функционирования сетей FR (табл. 1). В соответствии с данными классами пользователь имеет возможность запроса различных граничных показателей качества для каждого коммутируемого или постоянного виртуального канала. Отметим, что для всех классов, за исключением, нулевого, задаются граничные показатели, в связи с чем, нулевой класс иногда называют неопределенным.

Таблица 1. Классы качества функционирования сетей FR

параметр			FLR _c		FTD	FTJ
граница			верхняя для коэффициента $p_{l,c}$	верхняя для процентиля $p_{0,95}$	верхняя для процентиля $\tau_{0,95}$, мс	верхняя для процентиля $\nu_{0,95}$, мс
классы	стандартный	0	–	–	–	–
	обязательный	1	10^{-3}	$3 \cdot 10^{-3}$	400	52
	дополнительные	2	$3 \cdot 10^{-5}$	10^{-4}	400	17
		3	$3 \cdot 10^{-5}$	10^{-4}	150	17

Задача.

Измеренные статистические данные для исследуемой сети FR приведены в табл. 2 (предполагается, что все кадры являются нормальными). Определить к какому классу сетей FR принадлежит рассматриваемая сеть.

Таблица 2. Статистические данные исследуемой сети FR

Номер интервала измерений i	Число переданных кадров $n_i + n_{l,i}$	Число принятых кадров n_i	Минимальное время переноса кадров $\tau_{min,i}$	Среднее время переноса кадров τ_i	Максимальное время переноса кадров $\tau_{max,i}$
1	644152	644150	25	35	37
2	643000	642992	29	36	37
3	804662	804653	66	74	87
4	463592	463577	72	76	90
5	158870	158852	79	88	102
6	1173	1169	101	104	108
7	611479	611468	109	115	117
8	226127	226111	116	118	130
9	768006	767989	140	144	148
10	560487	560468	150	156	161
11	588092	588080	162	164	167
12	18	15	5080	5087	5089

Дано: $n_i + n_{l,i}, n_i, \tau_{min,i}, \tau_i, \tau_{max,i}, i = 1, 2, \dots, n_g = 12$.

Найти: класс сети FR.

Первоначально определим коэффициент потери кадров, основываясь на статистике табл. 2 (второй и третий столбец). Поскольку статистика приведена в виде гистограммы, то общее число переданных кадров равно

$$n + n_l = \sum_{i=1}^{n_g} (n_i + n_{l,i}) =$$

$$= 644152 + 643000 + 804662 + 463592 + 158870 + 1173 + 611479$$

$$+ 226127 + 768006 + 560487 + 588092 + 18 = 5,46 \cdot 10^{-6}.$$

Число непринятых кадров вычисляется с учетом верхней границы времени задержки $T_{max} = 5 \text{ с} = 5000 \text{ мс}$:

$$n_l = \sum_{i=1}^{n_g-1} [(n_i + n_{l,i}) - n_i] + n_{n_g} =$$

$$= 644152 - 644150 + 643000 - 642992 + 804662 - 804653 + 463592 - 463577$$

$$+ 158870 - 158852 + 1173 - 1169 + 611479 -$$

$$- 611468 + 226127 - 226111 + 768006 - 767989 + 560487 - 560468 + 588092 -$$

$$588080 + 18 = 149.$$

Соответствующий коэффициент потери кадров:

$$p_l = \frac{n_l}{n + n_l} = \frac{149}{5,46 \cdot 10^{-6}} = 2,724 \cdot 10^{-5}.$$

Исходя из данного показателя, сеть может принадлежать к любому классу.

Анализ коэффициента потери кадров и временных характеристик передачи данных является важным инструментом для оценки качества функционирования сетей Frame Relay. На основе статистических данных и граничных показателей можно точно определить класс сети и оптимизировать ее параметры. Дальнейшие исследования могут быть направлены на уточнение методов расчета и применение этих параметров в различных типах сетей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rec. X.144. User information transfer performance parameters for public frame relay data networks. – 2003–10. – Geneva : ITU-T, 2004. – 36 p.
2. Rec. X.145. Connection establishment and disengagement performance parameters for public Frame Relay data networks providing SVC services. – 2003–10. – Geneva : ITU-T, 2004. – 24 p.
3. Rec. X.146. Performance objectives and quality of service classes applicable to frame relay. – 2000–10. – Geneva : ITU-T, 2001. – 20 p.
4. Батенков, А. А. Вероятность связности телекоммуникационной сети на основе приведения нескольких событий несвязности к объединению независимых событий / А. А. Батенков, К. А. Батенков, А. Б. Фокин // Информационно-управляющие системы. – 2021. – № 6(115). – С. 53-63. – DOI 10.31799/1684-8853-2021-6-53-63. – EDN AOUANJ.
5. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, К. Корн. – М. : 1970. – 720 с.

УДК 614.843

А.Г. Бубнов, И.В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПЕРСПЕКТИВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ВЫБОРА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ РАБОТНИКОВ МЧС РОССИИ

Аннотация: В пожарной охране есть психологические службы, которые занимаются диагностикой и коррекцией психологического состояния сотрудников. Однако определение состава систем психологической поддержки — это непростая задача, поэтому её упрощение на основе оценки относительной пользы может помочь в подборе оборудования для комнат психологической поддержки в подразделениях МЧС России. Анализ результатов оценки предпочтений показал, что массажное кресло с эффектом нулевой гравитации «Сенсориум» является наиболее предпочтительным вариантом

Ключевые слова: инструменты для психологической поддержки, их преимущества, обоснование выбора, обеспечение подразделений.

A.G. Bubnov, I.V. Saraev

PROSPECTS FOR OPTIMIZING THE CHOICE OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR PSYCHOLOGICAL SUPPORT OF EMERCOM WORKERS OF RUSSIA

Abstract: The fire department has psychological services that diagnose and correct the psychological state of employees. However, determining the composition of psychological support systems is not an easy task, so simplifying it based on an assessment of relative benefits can help in selecting equipment for psychological support rooms in Russian Emergencies Ministry units. An analysis of the results of the preference assessment showed that the Sensorium zero gravity massage chair is the most preferred option

Keywords: tools for psychological support, their advantages, justification of the choice, provision of divisions.

Для сотрудника МЧС России не имеет значения, с какой чрезвычайной ситуацией (ЧС) ему предстоит столкнуться [1, 2]. Его главная задача — спасти жизнь и здоровье человека. Работа пожарного и спасателя — это экстремальная профессия, которая требует высокого уровня профессионализма. Уровень профессионализма сотрудника МЧС России может меняться со временем. Однако даже у самых подготовленных пожарных и спасателей могут возникать нервные перенапряжения во время работы. Это связано с постоянным стрессом, который накапливается в организме.

Накапливающийся стресс может привести к срывам в профессиональной деятельности [3-8]. В экстремальных ситуациях могут приниматься неправильные или необдуманные решения. Это может привести к [1]:

а) причинению вреда жизни и здоровью человека, который нуждается в спасении, а также самому сотруднику МЧС России;

б) причинению крупного материального ущерба из-за распространения огня на большую площадь.

Поэтому необходимо своевременно выявлять сотрудников МЧС России с высоким уровнем стресса в поисково-спасательных отрядах и пожарно-спасательных гарнизонах и проводить с ними профилактические и коррекционные мероприятия.

Цель исследования — разработать предложения по упрощению подбора систем психологического сопровождения на примере сотрудников Элистинского пожарно-спасательного гарнизона МЧС России.

В процессе ликвидации чрезвычайных ситуаций на сотрудников влияют физические, психологические и другие факторы, которые могут вызвать психоэмоциональный стресс [3-8]. Любая чрезвычайная ситуация связана с событиями, которые могут травмировать психику человека. Наиболее распространёнными угрозами являются угроза жизни и здоровью, взрывы и обрушения зданий. Работа в таких экстремальных условиях может привести к деформации сотрудников МЧС России, вызвать стресс, профессиональное выгорание и, как следствие, снижение эффективности ликвидации чрезвычайных ситуаций [1].

В целях психологической поддержки сотрудников МЧС России в местных и территориальных пожарно-спасательных гарнизонах созданы специальные службы. Их задача — проводить диагностику, профилактику и коррекцию психологического состояния пожарных и спасателей. Для этих целей психологи используют специаль-

ные инструменты, которые позволяют получить информацию о поведении сотрудников МЧС в условиях работы, включая проведение мониторинга [7].

Потребность в специальных инструментах для диагностики психофизиологического состояния пожарных и спасателей, а также для его коррекции определяется главными управлениями МЧС России по субъектам Российской Федерации (ГУ МЧС России) [9, 10]. Для комплектования психологических групп ГУ МЧС России проводит закупки с учётом целей психологического сопровождения, таких как диагностика, профилактика и коррекция.

Выполнение задач пожарными и спасателями в условиях чрезвычайных ситуаций сопровождается постоянным стрессом и эмоциональными перегрузками. Важно обеспечить их полноценную реабилитацию. Поэтому специалисты Центра экстренной психологической помощи МЧС России используют рабочее место психолога и комнату психоэмоциональной разгрузки [11]. Эти инструменты помогают проводить мероприятия по психологической профилактике и коррекции сотрудников. Только комплексное применение различных подходов, аппаратов и препаратов по показаниям врача может дать необходимый оздоровительный эффект для сотрудников МЧС России.

Наиболее эффективная и надёжная модель и система для мониторинга, восстановления и поддержания психологического состояния сотрудников в условиях повышенной нагрузки заключается в систематической оценке их уровня стресса [11].

Рабочее место психолога состоит из устройства психофизиологического тестирования и персонального компьютера (ноутбука)¹. В Главном управлении МЧС Калмыкии есть комната психоэмоциональной разгрузки, которая предназначена для восстановления, поддержания и сохранения здоровья сотрудников, а также для продления их профессионального долголетия. Психологи Республики Калмыкия также проводят профилактику психоэмоционального перенапряжения и развития психологического стресса в процессе служебной деятельности. Они регулярно обучают сотрудников методам и приёмам саморегуляции функциональных состояний, аутотренингу, дыхательным упражнениям и точечному массажу. Работа психологов проводится как индивидуально, так и в группе сотрудников. Для восстановления работоспособности сотрудников МЧС России используются комплект для фитоаэроионизации (аэрофитотерапевтический аппарат «Фитотрон»); аппараты: транскраниальной электростимуляции «Alpharia»; визуальной цветостимуляции «Очки Панкова»; визуальной цветовой импульсной стимуляции «АСИР» и антистрессовая психофизиологическая аудиовизуально-вибротактильная система «VibraSound» на базе кресла нулевой гравитации «Сенсориум».

В комнате проводится психологическая подготовка личного состава к служебным психоэмоциональным нагрузкам. В комнате есть массажные кресла, музыкальный центр, аэризатор и фитотрон. В Табл. 1 приведён состав технических средства восстановления и поддержания психологического состояния (ТСВиППС) в комнате. Отметим, что аппараты «Фитотрон» и «АСИР» применяются в комплексе с указанными в табл. 1.

¹ Работа психологов МЧС Калмыкии с личным составом ведомства ведётся на высоком уровне [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://08.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4544941> (дата обращения: 10.02.2025)

**Таблица 1. Оснащённость ГУ МЧС России по Республике Калмыкия
техническими средствами для восстановления и поддержания
психологического состояния с количеством отказов оборудования (в течение 5 лет)**

Наименование ТСВиППС	Год									
	2019		2020		2021		2022		2023	
	Общ. кол.	Кол.- во от- казов	Общ. кол.	Кол.- во от- казов	Общ. кол.	Кол.- во от- казов	Общ. кол.	Кол.- во от- казов	Общ. кол.	Кол.- во от- казов
«Alpharia»	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0
«Очки Панко- ва»	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
«Сенсориум»	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Анализ данных, представленных в табл. 1, показывает, что в ходе наблюдений не удалось собрать достоверную информацию о частоте отказов различных типов оборудования. Выбор оптимальной системы психологического сопровождения ТСВ и ППС непростая задача, поскольку необходимо найти оборудование, которое будет соответствовать множеству требований для эффективного восстановления и поддержания психологического состояния сотрудников МЧС. Трудности в выборе ТСВ и ППС обусловлены также спецификой задач, которые решает пожарно-спасательный гарнизон на территории, где установлена система. Это существенно сужает спектр возможных вариантов комплектации.

Расчёт показателя относительной общей пользы оборудования (W), как это было обосновано в работах [12-13]. Методика оценки вероятности безотказной работы ($P(t)$) и вероятности отказа ($Q(t)$) оборудования, описанная в работах [12–15], основана на использовании данных, предоставленных производителями. В работах [14, 15] показано, что вероятность отказа оборудования можно рассчитать по формуле, применимой к системам, не имеющим длительных периодов приработки:

$$Q(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t} \quad (1)$$

где: t – прогнозируемое время работы оборудования за год.

Интенсивность отказов можно оценить исходя из предположения, что наработка подчиняется экспоненциальному закону распределения. Тогда $\lambda = \text{const}$ [14] и:

$$\lambda = T^{-1} \quad (2)$$

где: λ – интенсивность отказов оборудования при экспоненциальном распределении, ч^{-1} [14, 15].

Из источников [14, 15] мы видим, что по уровню затрат на обслуживание и ремонт техники (G) и по показателям её эффективности можно рассчитать ожидаемую частоту отказов оборудования (B) и выбрать наиболее подходящие варианты с учётом специфики разных регионов России. Величины затрат на техническое обслуживание и ремонт работоспособных единиц технических средств для восстановления и поддержания психологического состояния пожарных и спасателей были взяты по данным, предоставленным Главным управлением МЧС России по Республике Калмыкия.

По другой информации, предоставленной этим управлением, в 2022 году в городе Элиста во время пожаров не удалось спасти семь человек. Всего в этом году в республике погибло 12 человек. Причиной гибели людей стал психологический стресс, вызванный пожарами. Поэтому величину возможного предотвращённого ущерба от выхода из строя (отказа) ТСВиППС определяли с учётом этих данных. В данном случае величина полного ущерба с учётом величины средней ожидаемой продолжительности жизни в Калмыкии (73,49 лет)² и среднего возраста населения (36 лет) составила бы 6291265,19 руб./год.

В ходе исследования была проведена оценка «относительной общей пользы» от использования ТСВиППС в Главном управлении МЧС России по Республике Калмыкия. Это позволило определить, какое оборудование является наиболее эффективным и каким из них следует оснащать Главное управление МЧС России по Республике Калмыкия (см. табл. 2).

Таблица 2. Показатели относительной общей пользы технических средств для восстановления и поддержания психологического состояния пожарного (по наработке на отказ, установленной заводом-изготовителем и с использованием данных о стоимости жизни в Калмыкии в 2022 г., полученных страховой компанией РОСГОССТРАХ)

Показатель	Техническое средство		
	«Alpharia»	«Очки Панкова»	«Сенсориум»
$P(t)$	0,617	0,368	0,78
$Q(t)$	0,383	0,632	0,22
$B, \text{руб./год}$	2409555	3976080	1384078
$G, \text{руб./год}$	100	60	1600
Стоимость, руб.	14999	4220	70250
$W, \text{руб.}$	2,61	1,58	4,54
Место	2	3	1

После анализа данных, полученных в результате расчётов, можно сделать заключение, что массажное кресло «Сенсориум» с эффектом невесомости является наиболее подходящим для использования из всех рассмотренных вариантов. Важно подчеркнуть, что именно совокупность методов, описанных в табл. 1 и 2, при условии контроля и рекомендаций со стороны врачей и психологов, позволит наиболее эффективно предотвращать и снимать стресс у пожарных и спасателей.

Основываясь на результатах расчёта и анализа W , можно сделать научно обоснованные выводы о том, какие системы мониторинга, восстановления и поддержания психологического состояния следует использовать в условиях повышенной нагрузки на сотрудников МЧС России. Эти выводы могут быть использованы при выборе и комплектации технических средств для восстановления и поддержания психологического состояния в ГУ МЧС России по Республике Калмыкия.

В частности, они могут быть применены при материально-техническом обеспечении психологических групп сотрудников Элистинского пожарно-спасательного гарнизона МЧС России.

² <http://kalmykia-online.ru/news/21047>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самонов, А.П. Психологическая подготовка пожарных. -М.: Стройиздат, 1982. – 79 с.
2. Бондаренко, Л.Ю. Медицинская подготовка пожарных-спасателей / Л.Ю. Бондаренко, В.И. Дутов, В.В. Тербенёв, - М.: Издательство "Центр пропаганды", 2008. - 160 с.
3. Слауцкий С.В., Заряева Н.П. Специфика профессиональной деятельности сотрудников МЧС России // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. № 1-2 (6). С. 269-271. EDN: VPKVDJ
4. Пашов, С.С. Основные задачи психологической подготовки сотрудников ГПС МЧС / С.С. Пашов, И.Д. Черноусова // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2016. № 1-2 (5). С. 312-314. EDN: YNDLSP
5. Хлоповских, Ю.Г. Синдром профессионального выгорания в деятельности спасателя МЧС: причины, особенности и способы преодоления / Хлоповских, А.В. Кравцов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2015. Т. 2. №1 (6). С. 279-284. EDN: WNERYJ
6. Снегирева, Е.С. Особенности показателей жизнестойкости и стрессоустойчивости у сотрудников государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. № 1-2 (6). С. 129-133. EDN: VPKUJJ
7. Федотов, А.Ю. Принципы и основные технологии психологического обеспечения профессиональной надёжности сотрудников силовых структур // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2017. №3 (75). С. 216-219. EDN: ZTELJB
8. Маторина, О.С., Влияние условий деятельности на состояние психосоматического здоровья сотрудников МЧС России / О.С. Маторина, Н.М. Илларионова, С.И. Рюмина, О.В. Стрельцов // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2023. №2 (16). С. 42-46. DOI: 10.37657/vniipr.avrb.2023.54.78.005 EDN: LLGCFE
9. Рыбников, В.Ю. Психологическое прогнозирование надёжности деятельности и пептидная регуляция состояния специалистов экстремального профиля: монография. СПб.: СПб. ун-т МВД России, 2000. - 205 с.
10. Шаламова, С.В. Психокоррекционная работа с использованием программно-аппаратных средств // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2011. №1. С. 50-52. EDN: OGHMEB
11. Савинков, С.Н. Надёжность в структуре профессиональных и личностных качеств специалиста МЧС России / С.Н. Савинков, Н.А. Коваль // Психолого-педагогический журнал Гаудеамус. - 2020. - Т. 19, № 3(45). - С. 7-17. DOI: 10.20310/1810-231X-2020-19-3(45)-7-17 EDN: HGKNEG
12. Сараев, И.В. Методический подход для обоснования оснащения подразделений пожарной охраны средствами индивидуальной защиты органов дыхания и зрения / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов, А.Д. Семенов // Безопасность труда в промышленности. - 2024. - № 12. - С. 72-78. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-12-72-78 EDN: EPNEAN
13. Сараев, И.В. Комплексный критерий для выбора пожарно-технического оборудования при оснащении подразделений МЧС России / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов // Проблемы управления рисками в техносфере. - 2018. - № 3(47). - С. 86-93. EDN: YTPQBS
14. Бубнов, А.Г. Возможность упрощения выбора пожарных стволов / А.Г. Бубнов, А.Н. Бочкарев, В.В. Волков // Современные проблемы гражданской защиты. - 2024. - № 2(51). - С. 25-32. EDN: FOILNK
15. Бубнов, А.Г. Относительная общая польза - дополнительный критерий выбора пожарных мотопомп / А.Г. Бубнов, И.В. Сараев, А.Д. Семенов // Современные проблемы гражданской защиты. - 2024. - № 4(53). - С. 5-12. EDN: AKURQK

УДК 621.039.586

И.А. Кайбичев

Уральский институт ГПС МЧС России

ОЦЕНКА ОБСТАНОВКИ С ГИБЕЛЬЮ ЛЮДЕЙ НА ПОЖАРАХ, СВЯЗАННЫХ С НЕИСПРАВНОСТЬЮ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ И НАРУШЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация: С помощью линейной экстраполяции выполнена оценка обстановки с гибелью людей при пожарах, связанных с неисправностью производственного оборудования и нарушением технологического процесса производства. Достоверность интервальной оценки составила 60 %.

Ключевые слова: оценка обстановки, линейная экстраполяция, гибель людей, пожары, неисправность производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства.

I.A. Kaibichev

ASSESSMENT OF THE SITUATION WITH FATALITIES IN FIRES ASSOCIATED WITH MALFUNCTION OF PRODUCTION EQUIPMENT AND VIOLATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF PRODUCTION

Abstracts: Using linear extrapolation, an assessment of the situation with deaths in fires associated with a malfunction of production equipment and a violation of the production process was carried out. The reliability of the interval estimation was 60%.

Keywords: situation assessment, linear extrapolation, loss of life, fires, production equipment failure, disruption of production process.

В период 2001-2023 годов по причине неисправность производственного оборудования, нарушение технологического производства погибло 518 человек (рис. 1).

Расчет статистических параметров дает результат: среднее значение – 23, максимум – 50, минимум – 4, стандартное отклонение – 13, мода – 12, медиана – 21.

Показатели превышали среднее значение в 2001–2008, 2021, 2023 годах, меньше среднего значения в 2009-2018, 2020, 2022 годах.

Представляет интерес на основе информации для ряда лет (база оценки) оценить количество погибших на следующий год. В качестве базы оценки выберем данные за три последовательных года. Оценку необходимо выполнить на следующий четвертый год.

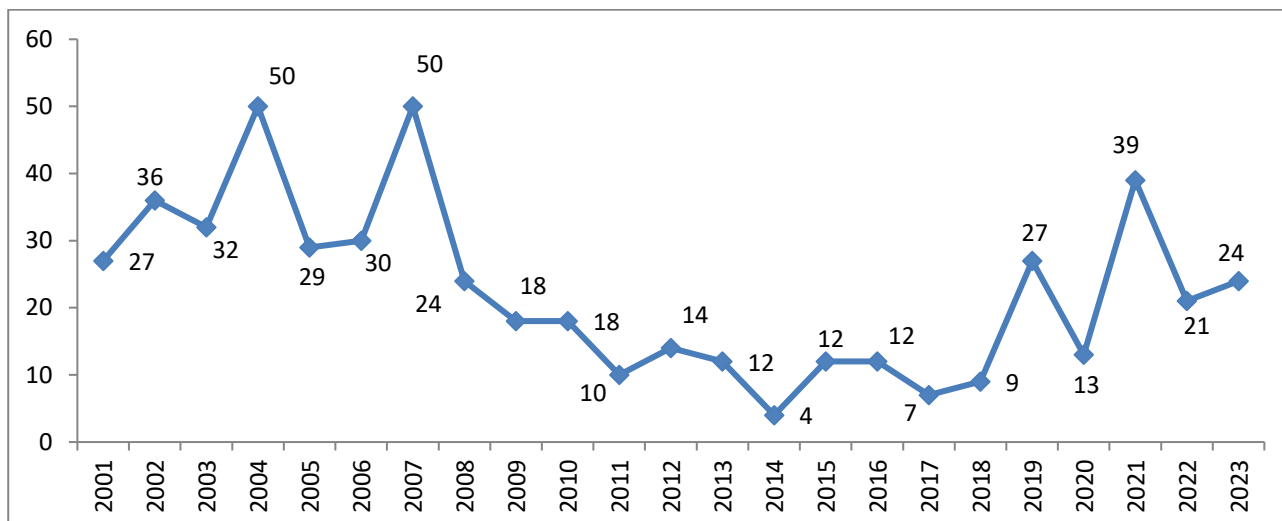


Рис. 1. Обстановка с гибелью людей по причине неисправность производственного оборудования, нарушение технологического процесса производства

В качестве метода выберем линейную экстраполяцию [1]. Имея данные по количеству погибших за 3 года (X) на основе метода наименьших квадратов строим линейную аппроксимацию (X^*)

$$X^* = a * T + b \quad (1)$$

здесь X^* - трендовое количество погибших, T – временной фактор, задается номером года, a , b – коэффициенты, определяемые по методу наименьших квадратов.

Прогнозное значение получим подстановкой в уравнение (1) номера следующего (четвертого) года. Прогнозный интервал получаем на основе расчета стандартного отклонения ST за 3 года.

Нижняя граница L задается формулой\

$$L = X^* - 2 * ST \quad (2)$$

Верхняя граница U задается формулой

$$U = X^* + 2 * ST \quad (3)$$

Расчеты выполним в программе Microsoft Excel (Рис. 2).

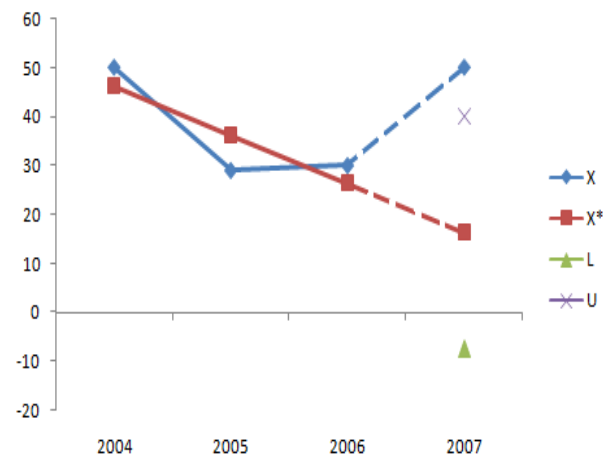
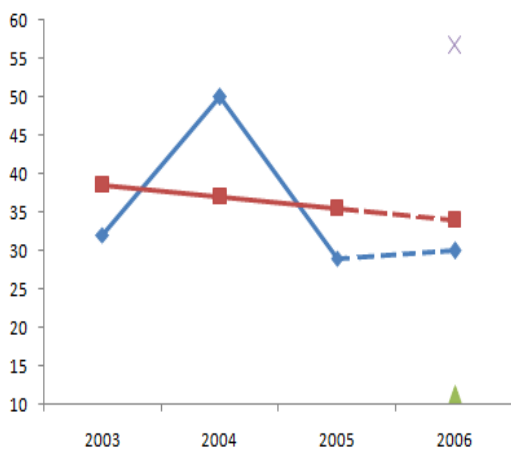
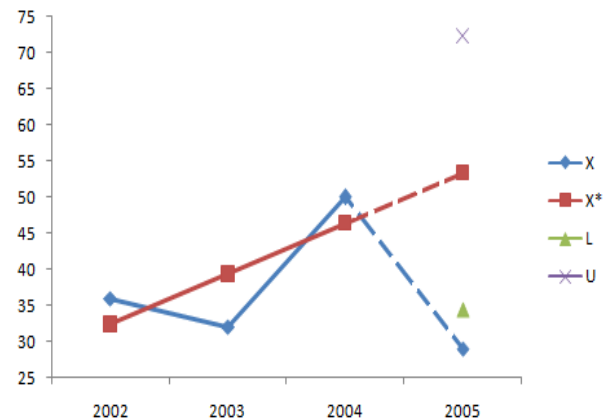
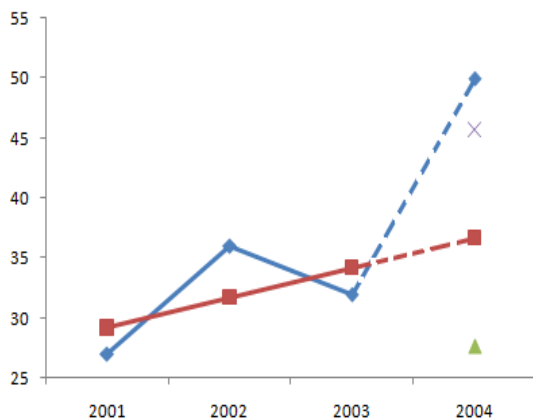
Оценка обстановки выполнена для 20 ситуаций (2004–2023 годов (рис. 3–5). Попадание в прогнозный интервал произошло в 12 случаях (2006, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2016, 2018, 2019, 2021, 2022, 2023 годы). Достоверность составила 60 %.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Год	X	a	b	X*	ST	L	U
2	2001	27	2,5	-4973,33	29	5		
3	2002	36			32			
4	2003	32			34			
5	2004	50			37		28	46
6								
7								
8								
9								
10								

Рис. 2. Расчет прогнозного значения и интервала

Коэффициент линейной корреляции Пирсона между реальными и прогнозными значениями составил 0,378. Коэффициент детерминации равен 0,143. Близость коэффициента детерминации к нулю показывает, что общепринятый в математике метод линейной экстраполяции не всегда дает достоверные результаты. Поэтому точечная оценка прогнозного значения в этом случае не может быть рекомендована для практического использования.

Заметным недостатком метода линейной экстраполяции является получение отрицательных значений, которые в случае оценки возможного количества погибших при пожарах людей должны быть только положительными числами.



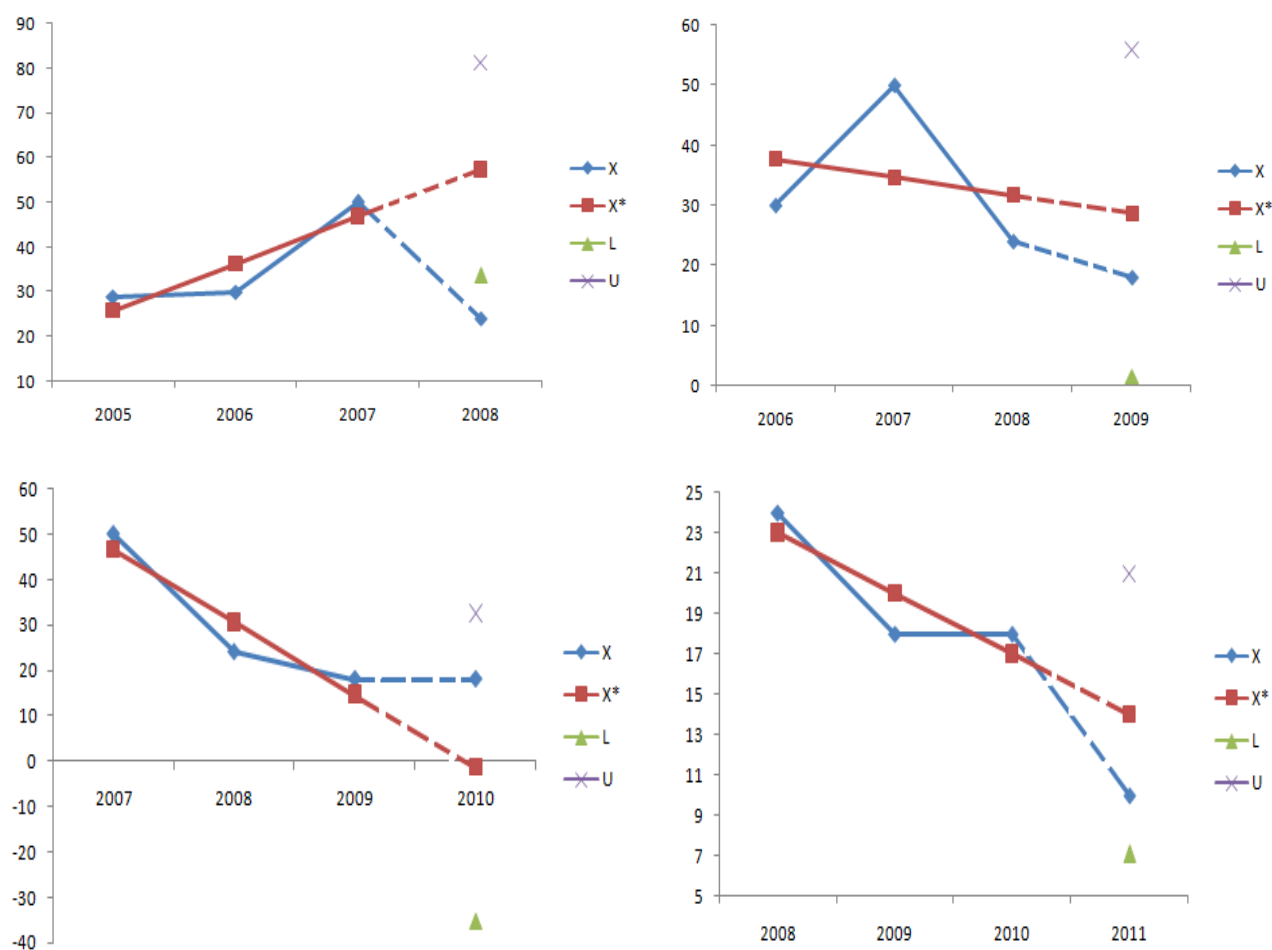
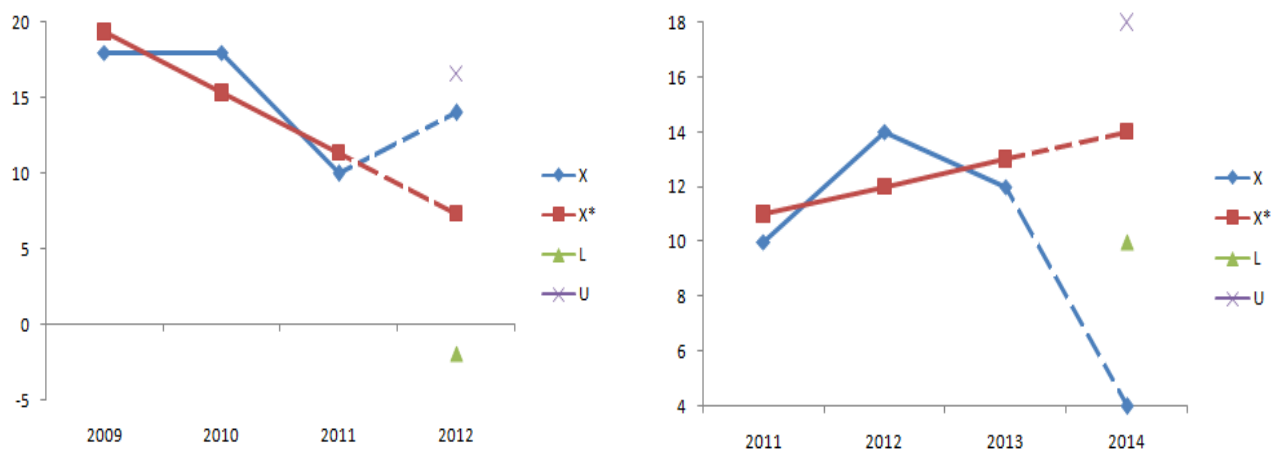


Рис. 3. Оценка обстановки для 2004–2011 годов



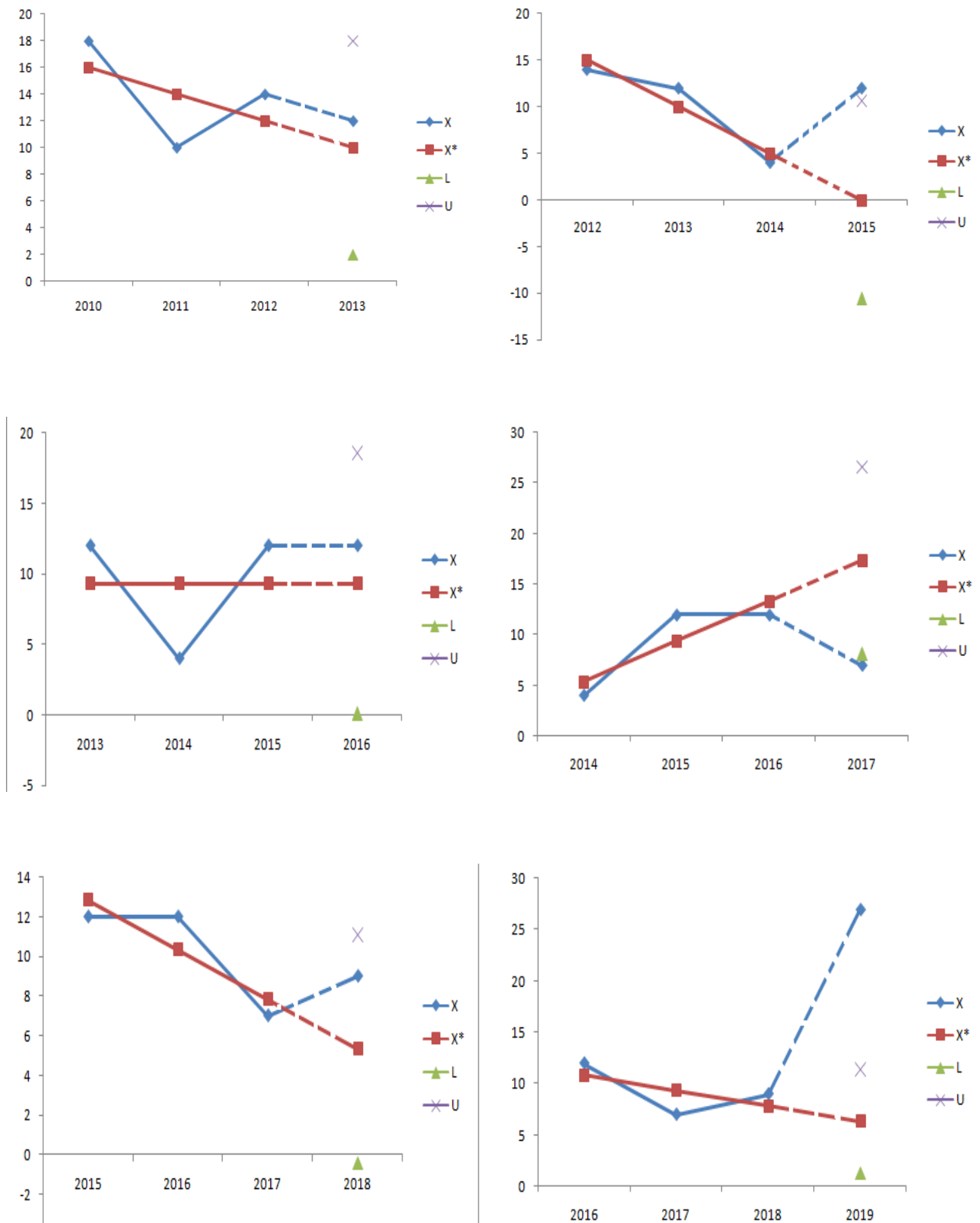


Рис. 4. Оценка обстановки для 2012 -2019 годов

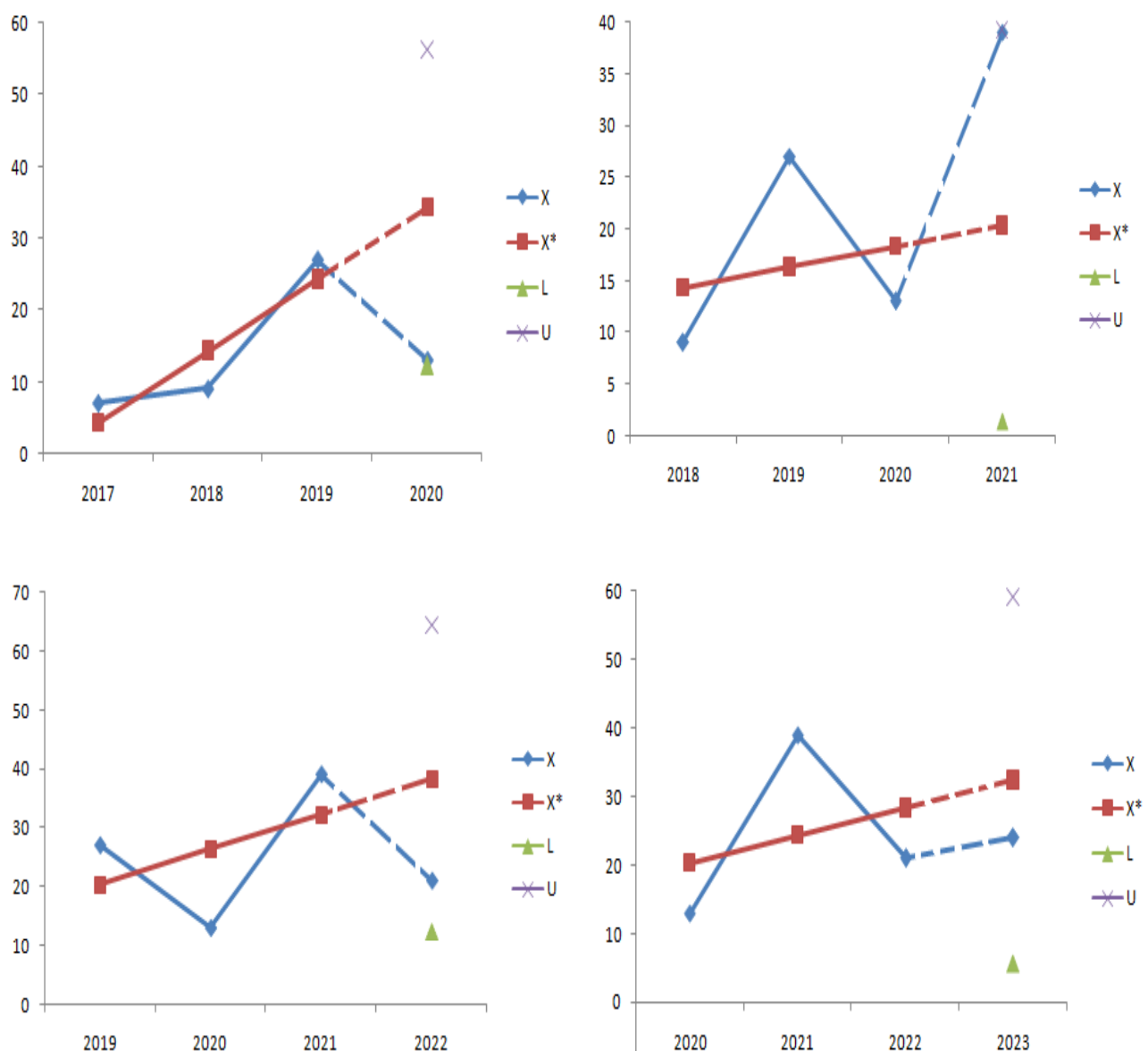


Рис. 5. Оценка обстановки для 2020 -2023 годов

В целом метод линейной экстраполяции при оценке обстановки с количеством погибших при пожарах, связанных с неисправностью промышленного оборудования, нарушением технологического процесса производства, дал пользу при интервальной оценке. Достоверность составила 60 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линейная экстраполяция – Википедия. -[https://ru.wikipedia.org/wiki/ Линейная_экстраполяция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Линейная_экстраполяция).

УДК 614.84

Е.А. Крашенинникова, И.А. Легкова, Б.А. Коклданов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ПОЖАРНОГО ОТ ТЕПЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Аннотация: Рассмотрены специальные костюмы для защиты пожарных от тепловых и других опасных воздействий при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, приведен анализ данных средств по степени защиты и области их применения, рассмотрены направления разработки новых огнестойких материалов.

Ключевые слова: безопасность пожарного, огнеупорная пропитка, боевая одежда пожарного, теплоотражающий костюм.

E.A. Krasheninnikova, I.A. Legkova, B.A. Kokldanov

ANALYSIS OF PROTECTION MEANS OF A FIRE FROM THERMAL EXPOSURE

Abstract: Special suits for the protection of firefighters from thermal and other dangerous influences during fire extinguishing and rescue operations are considered, an analysis of these means is given by the degree of protection and the scope of their application, and the directions for the development of new fire-resistant materials are considered.

Keywords: firefighter safety, refractory impregnation, firefighter combat clothing, heat-reflecting suit.

Мир меняется каждую минуту, современные технологии становятся все совершеннее и сложнее. Но с развитием научно-технического прогресса, увеличивается и риск возникновения пожаров. Стремление найти что-то новое приводит к созданию таких веществ, горение которых отличается особой токсичностью или высокой температурой теплового излучения пламени. Специалисты пожарной охраны каждый день имеют дело с критическими для всех живых организмов температурами. Во все времена деятельность специалиста пожарной охраны связана с постоянным риском. Но не смотря на опасность, они выполняют свои задачи [1].

Чтобы обеспечить безопасность пожарного в его профессиональной деятельности существует великое множество специальной одежды, различных конструкций и технологий. Защитная одежда пожарного по степени защиты от тепловых воздействий, условиям эксплуатации, техническим параметрам, оперативно-тактическому назначению подразделяется на 3 вида [2]:

- боевую одежду пожарного (БОП);
- специальную одежду для защиты от повышенных тепловых воздействий (СЗО ПТВ);
- специальную защитную одежду изолирующего типа (СЗО ИТ).

В первую очередь используется боевая одежда пожарного, это многослойная защитная одежда, обеспечивающая необходимый уровень безопасности пожарных и их работоспособность [3]. Она обеспечивает защиту тела человека от опасных и вредных воздействий окружающей среды, возникающих при тушении пожаров и проведении связанных с ними аварийно-спасательных работ, а также для защиты от механических воздействий или от неблагоприятных климатических воздействий (рис. 1).



Рис. 1. Боевая одежда пожарного

Данную боевую одежду классифицируют по степени защиты личного состава следующим образом:

- для работы в сложных ситуациях, с высоким уровнем теплового излучения пламени создана боевая одежда пожарных БОП 1;
- для защиты личного состава от относительно серьезных температур и тепловых излучений разработана одежда БОП 2;
- третья степень используется при несерьезных температурах, в основном водителями пожарных машин.

Боевая одежда пожарного состоит из нескольких слоев и является наиболее массовым средством защиты пожарных от контакта с огнем и теплового воздействия и применяется при тушении всех видов пожаров. Высокий уровень защиты в данном случае достигается за счет специальной ткани с особой химической пропиткой.

Говоря об истории создания боевой одежды пожарного, производили ее из шерсти и хлопчатобумажной ткани, которую пропитывали антипиреновыми составами. Термостойкость такого продукта оставляла желать лучшего, так как пропитанный состав со временем терял свои качества. В дальнейшем, качество защитной одежды росло, создание новых технологий позволило разработать материалы и ткани из синтетических волокон различной химической природы. На сегодняшний день активно используют: полиэфир, металапараамид, полиакрилонитрил и т.д. Все современные материалы (терлон, ариимид, фенилон), используемые в защитной одежде, обладают хорошими термостойкими и огнестойкими показателями. Данную синтетику успешно комбинируют, как с искусственными, так и натуральными тканями. Уменьшение пожарной опасности тканей достигается не только с помощью обработки ее антипиренами, но и применяют новые разработанные огнестойкие пропитки, позволяя снизить или полностью ограничить возможность возгорания ткани.

Современные аналоги многократно превосходят прежние модификации и классифицируются в зависимости от задач, которые нужно выполнить. Термостойкость и огнестойкость тканей из синтетических волокон определяются особенностями их молекулярной структуры. В России выпускаются такие синтетические волокна, как фенилон, терлон, ариимид, СВМ, а за рубежом номекс, кевлар, конекс и др. Эти ткани обладают высокими огнезащитными показателями, прочностными свойствами, повышенной стойкостью к агрессивным средам. Их используют в оптимальной смеси с натуральными и искусственными волокнами. Это позволяет улучшить гигиенические

и физико-механические свойства, а также снизить стоимость ткани за счет уменьшения содержания дорогостоящих синтетических волокон. С повышением огнестойкости у материалов и тканей одновременно улучшаются эксплуатационные свойства. Например, терлон и СВМ выдерживают разрывную нагрузку более 1000 Н и имеют кислородный индекс 30 %. Они удобны в носке, изнosoустойчивы. Некоторые ткани имеют антистатические свойства, что исключает опасность образования искры во взрывоопасной атмосфере.

Специальные защитные костюмы СЗО ПТВ изготавливаются из огнестермостойких материалов с металлизированным покрытием. В зависимости от допустимого времени работы при предельных значениях тепловых факторов пожара они подразделяются на 3 типа:

- тяжелый (теплозащитный костюм (ТК));
- полутяжелый (теплоотражательный костюм (ТОК));
- легкий (средства локальной защиты (СЛЗ)).

Рассмотрим СЗО ПТВ на примере теплоотражательного костюма ТОК. Данный вид защиты необходим во время тушения пожара при воздействиях повышенных температур на участников тушения (рис. 2) [4]. Среди прочего ПТВ в каждой пожарной машине имеется вариация этого костюма, самая распространенная его версия ТОК 200. Индекс 200 означает, что костюм способен защитить огнеборца в зоне воздействия открытого пламени температурой 200 °С не менее 10 минут. Он надевается непосредственно на боевую одежду пожарного и имеет вес от 8 до 10 кг. Материал костюма выполнен из теплоотражающей ткани «Термит» или «Alfa metrix» (не исключено использование и других тканей). Внутренняя его часть пропитывается специальным огнеупорным составом.



Рис. 2. Теплоотражающий костюм

В последнее время появились новые металлизированные материалы с применением современных тканевых основ и технологий нанесения покрытий. Например, в качестве основы металлизированных материалов для СЗО ПТВ применяются ткани из арамидных волокон, базальтовые и углеродистые ткани. Они обладают высокими огнестермостойкими и прочностными характеристиками, позволяют обеспечивать необходимую адгезию по отношению к металлизированному слою. Для нанесения покрытия на тканевую основу используются как традиционные способы, так и специальные установки (например, с применением вакуумного или лазерного оборудования). Проводятся исследования, направленные на разработку новых материалов, в том числе с металлизированными покрытиями с применением нанотехнологий.

К СЗО ИТ относятся термоагрессивностойкие костюмы (ТАСК) и радиационно-защитные костюмы (РЗК). На примере СЗО ИТ рассмотрим термоагрессивностойкий костюм ТАСК (рис. 3).

Герметичный изолирующий костюм изготовлен из специального полимерного материала, с ударопрочным панорамным иллюминатором из поликарбоната. Дыхательный аппарат со сжатым воздухом надевается под костюм. Имеет удобное герметичное соединение для сменных защитных сапог и перчаток, специальную герметичную молнию с откидным клапаном из материала скафандра. Предназначен для защиты личного состава противопожарных и аварийно-спасательных служб МЧС России от агрессивных сред, повышенных тепловых воздействий и неблагоприятных климатических условий, возникающих при тушении пожаров, проведении разведки и спасении людей, при авариях на химически опасных объектах.



Рис. 3. Термоагрессивностойкий костюм

Работа пожарного во все времена была одной из самых сложных и опасных профессий во всем мире. Но благодаря научно-техническому прогрессу, а также усовершенствованию огнестойких материалов и разработкам новых огнестойких пропиток [6, 7], на сегодняшний день удастся снизить уровень риска и расширить область профессиональной деятельности сотрудников ГПС МЧС России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://school-science.ru/2/19/29850?ysclid=m8psf5ets0200184817>.
2. ГОСТ Р 53264-2019 Техника пожарная. Одежда пожарного специальная защитная. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. fireman.club/statyi-polzovateley/boevaya-odezhda-pozharnogo.
4. <https://firer.ru/raznoe/teplootrazhayucshij-kostyum-pozharnogo.html>.
5. <https://mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/tehnika/pozharnaya>.
6. Ульева С.Н., Никифоров А.Л., Румянцева В.Е., Легкова И.А., Шарабанова И.Ю. Защита целлюлозных материалов от воздействия высоких температур и открытого пламени. // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2024. № 2. С. 207-212.
7. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г., Сорокин Д.В., Никифоров А.Л. Обоснование актуальных подходов к оценке пожароопасных свойств текстильных материалов и способов огнезащиты тканей различного функционального назначения. // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2 (47). С. 126-133.

УДК: 602.4, 606, 620, 624

Н.А. Молодцова, Н.А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: СВОЙСТВА И ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Аннотация: в статье рассмотрены современные материалы с использованием мицелия грибов, а также обозначены их области применения и свойства. Композитные биоматериалы обладают рядом уникальных свойств, а применяемые для их состава грибные матрицы способны повысить экологичность материала, пожаробезопасность и прочность. Физические свойства грибных материалов, такие как плотность, пористость и теплопроводность, открывают новые горизонты для их использования в строительстве и теплоизоляции. Химические свойства, включая устойчивость к разложению и воздействию различных химических веществ, делают их привлекательными для применения в агрономии и экологии. Механические свойства, такие как прочность на сжатие и растяжение, позволяют использовать грибные материалы в качестве альтернативы традиционным строительным материалам, что может значительно снизить углеродный след и повысить устойчивость к изменениям климата.

Ключевые слова: мицелий грибов; новые материалы; пожарная опасность материалов; судебная экспертиза материалов; материалы из грибов; свойства новых материалов.

N.A. Molodtsova, N.A. Kropotova

ALTERNATIVE MATERIALS IN CONSTRUCTION: PROPERTIES AND FIRE SAFETY

Abstracts: the article discusses modern materials using mycelium of fungi, as well as their fields of application and properties. Composite biomaterials have a number of unique properties, and the mushroom matrices used for their composition can increase the environmental friendliness of the material, fire safety and strength. The physical properties of mushroom materials, such as density, porosity, and thermal conductivity, open up new horizons for their use in construction and thermal insulation. Their chemical properties, including resistance to decomposition and exposure to various chemicals, make them attractive for use in agronomy and ecology. Mechanical properties such as compressive and tensile strength allow mushroom materials to be used as an alternative to traditional building materials, which can significantly reduce the carbon footprint and increase resilience to climate change.

Keywords: mycelium of fungi; new materials; fire hazard of materials; forensic examination of materials; materials from mushrooms; properties of new materials.

В последние десятилетия наблюдается значительный интерес к использованию природных материалов в различных отраслях, что связано с растущей потребностью в устойчивых и экологически чистых решениях. Одним из наиболее перспективных направлений в этой области является использование грибов как источника новых материалов. Грибные биоматериалы, обладающие уникальными физическими, химическими и механическими свойствами, открывают новые горизонты для их применения в строительстве, упаковке, медицине и других сферах. Введение в данную тему тре-

бует глубокого понимания не только самих грибов и их свойств, но и тех вызовов, которые могут возникнуть при их использовании, особенно в контексте пожарной безопасности и судебной экспертизы.

Актуальность данной работы обусловлена недостатком информации о пожарной безопасности и механических свойствах грибных материалов, что может привести к рискам в их использовании. В условиях современного мира, где экологические проблемы становятся все более острыми, важно не только разрабатывать новые материалы, но и обеспечивать их безопасность. Грибные материалы, такие как композитные биоматериалы, способны адаптироваться в процессе роста, что делает их уникальными, но также требует тщательного изучения их свойств и поведения в различных условиях.

Помимо изучения свойств грибных материалов, работа будет посвящена их судебной экспертизе. Грибы-деструкторы, играющие важную роль в разложении органических веществ, могут быть использованы в судебно-биологических экспертизах для определения времени и условий смерти, а также для анализа различных материалов. Это открывает новые возможности для применения грибов в криминалистике и судебной экспертизе.

Не менее важной темой является пожарная безопасность грибных материалов. В условиях, когда безопасность становится приоритетом, необходимо оценить, как грибные материалы ведут себя при воздействии высоких температур и огня. Это включает в себя изучение их горючести, выделения токсичных веществ при горении и других факторов, которые могут повлиять на безопасность их использования.

Современные грибные материалы вызвали интерес благодаря их уникальным физическим свойствам, что позволяет использовать их в различных отраслях, включая строительство и текстиль. Одним из первых параметров, определяющих их характеристики, являются температуры переохлаждения и замораживания. Эти параметры играют важную роль в сохранении стабильности и целостности материалов в процессе хранения и использования. Кроме того, определяющим фактором является модуль упругости, который показывает жесткость материала и его способность к деформации под нагрузкой. Высокие значения этого показателя указывают на то, что материал устойчив к внешним механическим воздействиям, что важно для строительства [1]. Коэффициент вязкости, в свою очередь, дает представление о пластичности и текучести материала. Эти два параметра вместе помогают оценить, как будет вести себя материал при различных условиях эксплуатации, особенно в динамических нагрузках [2].

Влагоотдача грибных материалов также является важным показателем. Она описывает их способность удерживать и отдавать влагу, что критически важно для мицелия, так как эти условия влияют на его рост и развитие. Высокая влагоемкость может быть как преимуществом, так и недостатком, в зависимости от применения, поскольку избыточная влага может привести к гниению или повреждению структуры материала.

Скорость распространения ультразвука характеризует внутреннюю энергию и силу межмолекулярных связей в материале. Это важно для понимания его прочности и однородности, что критично для гарантии качества и безопасности в строительстве и других областях применения [3]. Понимание этих свойств позволяет разработать более надежные и эффективные конструкции на основе грибных материалов, что существенно для их дальнейшего использования.

Разные виды грибов, такие как ганодерма и переннипория, могут обеспечить разнообразие свойств конечного продукта на разных этапах его создания от фазы роста до прессования и постобработки. Структура и химический состав субстратов также играют важную роль в формировании физических свойств грибных материалов, таких как прочность, гибкость и стабильность.

Применение таких материалов находит свое место в текстильной и строительной отраслях, где их экологичность и биоразлагаемость становятся все более актуальными. Особенности их физики, такие как легкость и прочность на растяжение, делают грибные материалы потенциальным заменителем традиционных, менее устойчивых к нагрузкам и экологически чистых полимеров.

В рамках судебной экспертизы пожарной безопасности грибные материалы должны быть оценены на предмет их воспламеняемости и дымообразования [4-5]. Знание физических свойств, таких как температура воспламенения и скорость горения, позволяет экспертам делать выводы о надежности использования таких материалов в условиях повышенного риска возгорания. Это необходимо учитывать, чтобы разработать соответствующие нормы и правила по их применению в строительстве и других отраслях [2]. Но известно одно, что мицелий грибов образует обугливающиеся частицы, которые защищают от термического воздействия, также что, как и любой организм при сгорании образуют воду и углекислый газ, которые абсолютно безопасны для человека в отличие от современных строительных материалов на основе ароматической органики. В том числе и данные полученные при модифицировании мицелия грибов на ткани из стекловолокна, представленные на рис. 1.

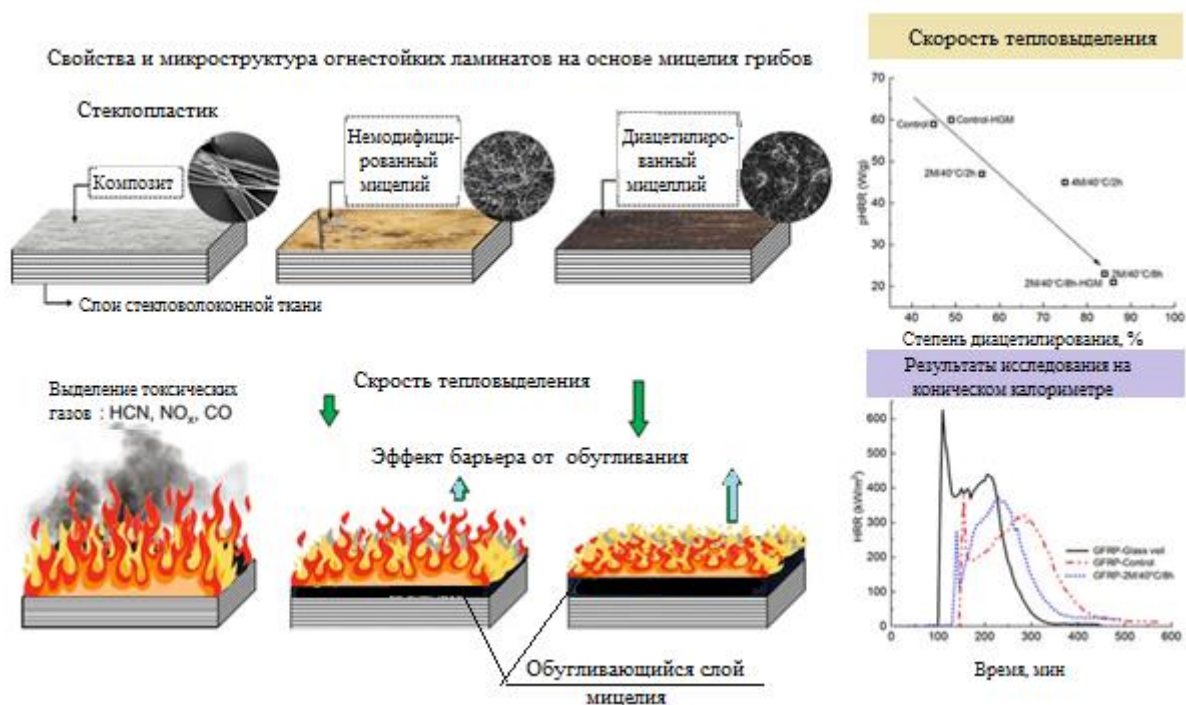


Рис. 1. Пожаробезопасные свойства материала, изготовленного на основе мицелия грибов и стекловолокна [2]

Механические свойства грибных материалов представляют собой важный аспект, определяющий их применение в различных областях. Анализ этих свойств позволяет оценить их надежность и долговечность в условиях эксплуатации. Грибные материалы, полученные из мицелия, обеспечивают уникальные параметры прочности, которые могут быть сопоставимы с традиционными древесными изделиями и пластиковыми материалами. Например, исследование, проведенное в одной из ведущих лабораторий, показало, что мицелий, укрепленный целлюлозой, демонстрирует значительно лучшие механические характеристики по сравнению с аналогами на основе синтетических полимеров.

Кроме того, изучение влияния метаболитов грибов на механические свойства различных лакокрасочных покрытий и пленкообразователей демонстрирует, что определенные грибные метаболиты способны ухудшать прочность лакокрасочного слоя. Это наглядно иллюстрирует важность контроля качества и настройки состава продукции [6]. В случае внедрения грибных материалов в строительстве они могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на механические характеристики, в зависимости от способа их обработки и применения.

При исследовании свежесрубленной древесины под воздействием грибов было отмечено, что развитие белой гнили значительно снижает прочность древесины, делая ее негодной для использования в несущих конструкциях. Это связано с тем, что грибы выделяют ферменты, которые разрушают целлюлозу и лигнин, что в свою очередь приводит к снижению жесткости и прочности материала. Наличие даже небольших участков грибной колонизации может привести к критическим повреждениям, поэтому разработка методов мониторинга и профилактики крайне важна.

Разработка инновационных грибных материалов основывается на использовании вторичных ресурсов, таких как отходы деревообработки и аграрного производства. Включение сертифицированных полимеров и бактериальных материалов в структуру грибных композитов позволяет существенно улучшить их механические характеристики, придавая им устойчивость к внешним факторам и влаге [7]. Технологии, направленные на увеличение прочностных характеристик путем армирования мицелия целлюлозой, находят широкое применение в упаковочной и строительной отраслях.

В условиях современного производства особое внимание уделяется также эстетическим свойствам грибных изоляционных материалов. Появление так называемых заболонных окрасок, вызванных грибной активностью, влечет за собой снижение прочности и ухудшение внешнего вида древесины, что критично для ее использования в архитектурных решениях. Научные исследования направлены на выявление биологических факторов, способствующих появлению этих окрашиваний, и их контролю в процессе производства.

Анализ современных тенденций в области грибных биоматериалов позволяет выделить несколько ключевых направлений, которые будут возникать в ближайшие годы. Интеграция мицелия в промышленные процессы открывает новые горизонты для создания устойчивых и эффективных материалов. Потенциал мицелия признан универсальным решением для переработки биомассы и создания экологически чистых альтернатив пластиковым и синтетическим материалам.

Ученые работают над разработкой «живых» биоматериалов, что предполагает использование мицелия грибов в сочетании с другими органическими компонентами, такими как древесина. Эта комбинированная структура позволяет создавать более прочные и адаптивные материалы, которые можно использовать в архитектуре и строительстве. В будущем такие конструкции могут стать основными элементами экопроектов, обеспечивая необходимый уровень прочности при минимальных затратах на ресурсы и энергию.

Выросший интерес к использованию специфических культур грибов приводит к идее разработки уникальных биоматериалов, обладающих особыми свойствами. Исследования показывают, что разнообразные культуры, такие как «чайный гриб», могут обеспечивать новые метрики функциональности, а также служить основой для инновационных прикладных решений, вплоть до медицинских применений, таких как создание биосенсоров [8].

Значительное внимание уделяется проблеме переработки отходов. Грибы способны разлагать сложные вещества, такие как полиуретаны и другие синтетические полимеры, что открывает интересные перспективы для очистки окружающей среды и утилизации загрязнителей. Эти исследования направлены на применение грибов как «биомасс» для создания новых функциональных материалов, что подчеркивает их роль в устойчивом развитии.

Касаясь конкретных технологий, 3D-печать на основе мицелия стала важной вехой в разработке биоматериалов, что позволяет создавать сложные конструкции всего за несколько дней. Это дает возможность сократить время производства и повысить доступность новых строительных решений для массового использования [9], рис. 2.

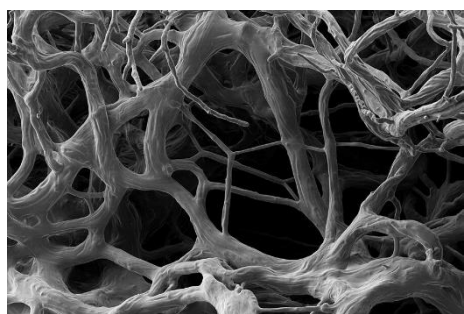


Рис. 2. Микроструктура композита, созданного на основе гидрогеля и мицелия с функцией восстановления [9]



Рис. 3. Сеть *wood-wide web*: связующее между деревом и грибами – микориза [10]

Кроме того, такие материалы могут использоваться в качестве «умных» строительных элементов, обладающих сенсорными свойствами, что придает дополнительную функциональность [10], рис. 3.

Вместе с этим стоит отметить, что развитие данных технологий должно сопровождаться активной работой по стандартам качества и методам испытаний, что позволит оценивать биоматериалы на сравнимость с традиционными строительными материалами. Основные структурные особенности увязывания мицелия грибов и компонент строительного материала реализуется по схеме, представленной на рис. 4.

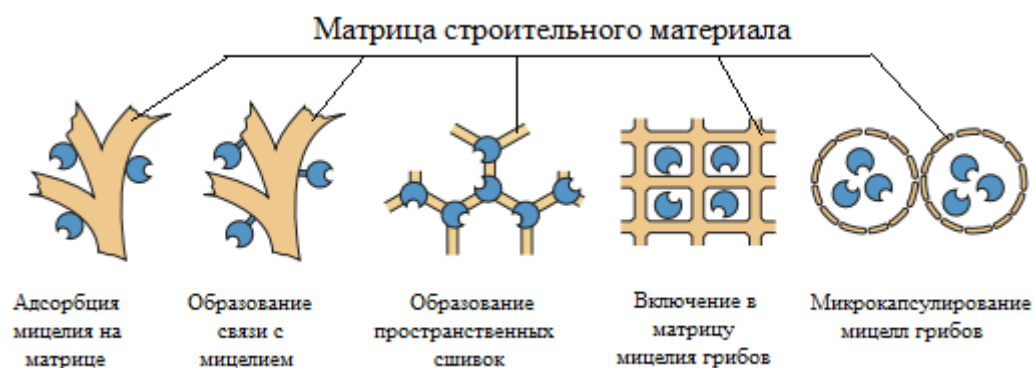


Рис. 4. Структурные особенности связей между мицелием грибов и строительным материалом

Актуальность таких исследований является неоспоримой, особенно в условиях загрязнения окружающей среды и необходимости перехода на устойчивые альтернативы. Дальнейшие исследования в этой области откроют новые возможности для применения грибных материалов в самых различных сферах: от упаковки до медицинской технологии.

Поэтому представим вам результаты нашего еще не завершенного исследования по использованию мицелия грибов для создания теплоизоляционного материала (рис. 5).

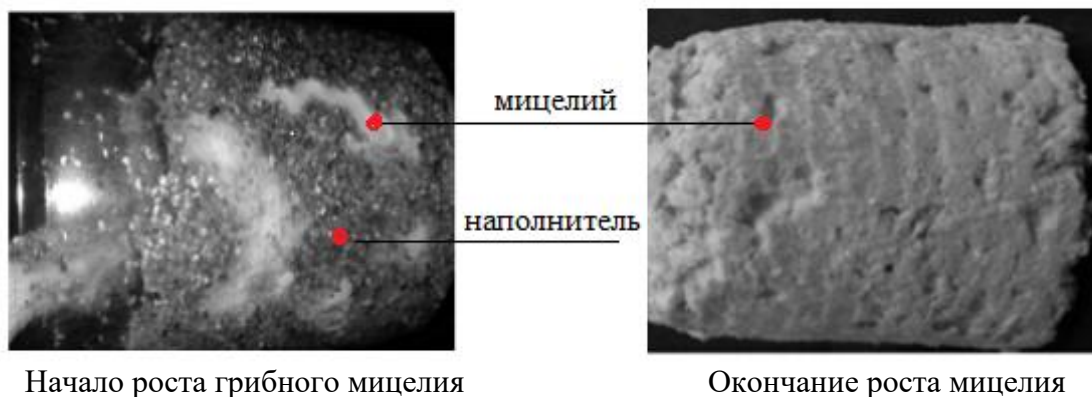


Рис. 5. Внешний вид теплоизоляционного материала, содержащего наполнитель из отходов легкой промышленности и мицелия грибов

Основным условием для роста мицелия является темнота, питательный субстрат – 12 % и постоянное поддержание влажности – до 15 %. Споры грибов подсаживаются на наполнитель (отходы легкой промышленности и старая ветошь, в основном трикотаж), пропитанный (осуществлялась через пульверизатор и ручное перемешивание) водным питательным раствором, содержащем аминокислоты и янтарную кислоту. При выборе спор грибов, основное внимание уделялось легкой технологичности при большой результативности выращивания посевов, поэтому выбрана *Pleurotus*, который приобретали в обычном цветочном магазине города. В качестве помещения для выращивания выбор сделан в пользу подвального помещения гаража,

где поддерживается постоянная температура около 13°C и есть возможность контроля уровня разрастания мицелия. Говорить о прочностных и теплоизоляционных свойствах материала пока еще рано, но надеемся, что идея имеет место быть. Дальнейшая работа будет включать подбор технологии сушки материалов, для которой будем применять электрическую печь и изучение свойств полученных материалов.

В качестве заключения подведем итоги:

- разнообразие физико-химических свойств грибных материалов способствует их использованию в разных условиях, подчеркивая их потенциал в качестве экологически чистой и безопасной альтернативы традиционным материалам;
- качественный анализ механических свойств грибных материалов становится ключевым элементом в выборе оптимальных решений для их применения в строительстве и производстве;
- пожарная безопасность грибных материалов требует специализированного подхода в оценке их свойств: при правильной обработке мицелия возможно создание огнеупорных материалов, которые наделены необходимыми свойствами для использования в строительных конструкциях;
- проведение судебной экспертизы позволяет установить причины появления деформаций и утрат эксплуатационных характеристик, что крайне важно для обеспечения безопасности и долговечности объектов, построенных с использованием таких материалов;
- судебная экспертиза в этой сфере также должна учитывать высокую вариативность характеристик между различными видами грибов и методами их обработки, что требует разработки четких стандартов для оценки таких материалов.

Учитывая растущее внимание к экологически чистым и возобновляемым ресурсам, грибные материалы представляют собой перспективное направление, требующее дальнейших исследований и разработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haneef M., Ceseracciu L., Canale C. et al. Advanced materials from fungal mycelium: fabrication and tuning of physical properties, *Scientific Reports*, 2017, v. 7, an 41292.
2. Ветролесов В.А. Создан огнеупорный материал из грибов, предотвращающий пожары // Интересное «Наука и технологии», 2023. URL: <https://www.ridus.ru/sozdan-ogneupornyj-material-iz-gribov-predotvrashayushij-pozhary-412192.html> (дата обращения: 05.02.2025).
3. Нудьга Л.А., Петрова В.А., Кевер Е.Е. Изучение гидролиза хитин-глюканового комплекса гриба *aspergillus niger* фосфорной кислотой // *Журнал прикладной химии*. 2002. Т. 75. №11. С. 1901-1903.
4. Thompson B.B. This clever material made from fungi could save your home in a fire // *New Atlas*, 2023. [Электронный ресурс] URL: <https://newatlas.com/materials/fungi-material-save-home-fire/> (дата обращения: 05.02.2025).
5. Jones M.P., Lawrie A.C., Huynh T.T. et al. Agricultural by-product suitability for the production of chitinous composites and nanofibers utilising *Trametes versicolor* and *Polyporus brumalis* mycelial growth. *Process Biochemistry*, 2019, v. 80, pp. 95–102.
6. Сабадаха Е.Н. Влияние метаболитов грибов на физико-механические свойства лакокрасочных покрытий / Е.Н. Сабадаха, Н.Р. Прокопчук, И.А. Гончарова // *Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология*. 2010. №4. С. 306-309.

7. Капитонов А.М. Физико-механические свойства композиционных материалов. Упругие свойства: монография / А.М. Капитонов, В.Е. Редькин. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 533 с. Библиогр.: с. 505-531 (504 назв.). URL: <https://rucont.ru/efd/245640> (дата обращения: 05.02.2025).

8. Как мицелий становится материалом будущего // Ecosphere, 2024. URL: <https://ecosphere.press/2023/07/17/vsya-nadezhda-na-griby-zashhitit-li-planetu-miczelij/> (дата обращения 05.02.2025, доступ свободный).

9. Новиков А. Ученые разработали «живой» биоматериал на основе грибов для авиации и космоса / А. Новиков // www.gazeta.ru, 2024. URL: <https://www.gazeta.ru/science/news/2024/07/27/23551255.shtml> (дата обращения: 28.12.2024).

10. Жилинская Н. Недооцененный потенциал грибов // Биомолекула, 2013. URL: <https://biomolecula.ru/articles/nedootsenennyi-potentsial-gribov> (дата обращения: 05.02.2025).

УДК 378.147

А.Ю. Никитин, М.А. Федяшина, Л.В. Гулева

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ «КОМПАС-3D» И «NANOCAD» ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ

Аннотация: В статье представлен сравнительный анализ двух отечественных систем автоматизированного проектирования - КОМПАС-3D и nanoCAD с точки зрения их применения в образовательном процессе высших учебных заведений. Рассмотрены функциональные возможности программ, особенности интерфейса, преимущества и недостатки каждого продукта для обучения студентов инженерным специальностям.

Ключевые слова: САПР, КОМПАС-3D, nanoCAD, инженерная графика, высшее образование, CAD-системы.

A.Y. Nikitin, M.A. Fedyashina, L.V. Guleva

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE SOFTWARE COMPLEXES «COMPASS-3D» AND «NANOCAD» FOR USE IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

Abstract: The article presents a comparative analysis of two domestic computer-aided design systems - COMPASS-3D and nanoCAD in terms of their application in the educational process of higher education institutions. The functional capabilities of the programs, interface features, advantages and disadvantages of each product for teaching engineering students are considered.

Keywords: CAD, COMPASS-3D, nanoCAD, engineering graphics, higher education, CAD systems.

В современных условиях развития инженерного образования особую актуальность приобретает выбор программного обеспечения для обучения студентов основам компьютерного проектирования. Отечественные разработки КОМПАС-3D и nanoCAD представляют собой перспективные решения для образовательных учреждений. «В настоящее время компьютерные технологии становятся важнейшим инструментом образовательной деятельности и приобретают особое значение в таких дисциплинах, как «Начертательная геометрия», «Инженерная графика» и «Основы конструирования и САПР», «Системы автоматизированного проектирования». Для студентов первого курса, которые только окончили школу и обладают слабым пространственным мышлением, использование компьютера в учебном процессе становится особенно важным» [7, с. 357].

Около 20 лет назад в Академии ГПС МЧС России было принято решение ввести в образовательный процесс для наших обучающихся темы по изучению систем автоматизированного проектирования (САПР). Исполнение этой задачи было поручено профессорско-преподавательскому составу кафедры механики и инженерной графики. Из всего многообразия существовавших на тот момент САПР для вышеуказанных целей был выбран AutoCAD от американской компании Autodesk как наиболее продвинутая и широко распространенная во всем мире CAD-система.

Но в 2022 году после начала специальной военной операции на Украине компания Autodesk, следуя санкционной политике ряда недружественных государств, приняла решение покинуть российский рынок и ввела полный запрет на использование своих программных продуктов на территории нашей страны [1]. Данное событие побудило преподавателей кафедры механики и инженерной графики приступить к поиску альтернативной САПР от отечественных разработчиков, и в результате в 2023 году выбор был сделан в пользу системы КОМПАС-3D от российской компании Аскон. Значительную роль в данном случае сыграло то, что КОМПАС-3D является наиболее известной отечественной САПР, первая версия которой появилась еще в 1989 году.

Занимаясь подбором нового программного обеспечения взамен ушедшего AutoCAD, преподаватели нашей кафедры ознакомились с рядом САПР, с которыми до этого времени не приходилось сталкиваться в своей практической деятельности. Следует отметить, что в нашей стране кроме КОМПАС-3D разработано достаточное количество различных CAD-систем. В качестве примера можно привести nanoCAD, T-FLEX CAD, Model Studio CS, ABViewer, PlanTracer и т.д. Особый интерес со стороны профессорско-преподавательского состава вызвала программа nanoCAD от компании Нанософт. Причем интерес настолько сильный, что было принято решение внести одним из пунктов перспективного плана развития нашей кафедры на 2025 год внедрение nanoCAD в учебный процесс.

Проведем краткое сравнение возможностей КОМПАС-3D и nanoCAD. Оба продукта поддерживают:

- создание 2D-чертежей;
- соответствие стандартам ЕСКД;
- наличие библиотек стандартных элементов;
- возможность создания пользовательских библиотек;
- твердотельное моделирование;
- поверхностное моделирование;
- прямая и обратная инженерия;
- поддержка параметризации;

- автоматическое формирование спецификаций;
- создание ведомостей и таблиц.

Кроме определенного сходства у этих САПР есть и довольно серьезные различия.

В настоящий момент КОМПАС-3D из операционных систем поддерживает только Microsoft Windows. Выход версии под Linux запланирован в 2025 году, но пока еще она не выпущена [2]. У nanoCAD уже имеется мультиплатформенная версия с поддержкой Microsoft Windows; Astra Linux Special Edition; Альт рабочая станция 10, К 10; РЕД ОС 7.3, 8; AlterOS 7.5; РОСА Хром 12 [6].

Принимая во внимание происходящую сейчас в рамках импортозамещения и обеспечения кибербезопасности процедуру перехода с использования в госучреждениях импортных операционных систем на отечественные, наличие поддержки различных ОС у nanoCAD делает эту САПР более подходящей для использования.

Компанией Аскон для подготовки к занятиям и разработки методических пособий на домашних компьютерах преподавателям предоставляются персональные лицензии системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D и САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ с возможностью бесплатного обновления на новую версию КОМПАС-3D к следующему учебному году. Студентам и школьникам предлагается «КОМПАС-3D Учебная версия» - полнофункциональная версия системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D. Позволяет создавать трехмерные модели деталей и сборок, чертежи и спецификации любой сложности. Поможет в выполнении домашних заданий по техническим дисциплинам, творческих, курсовых, дипломных и прочих учебных работ. Использование вышеуказанных версий в образовательном процессе в учебных заведениях не предусмотрено [5].

Существует еще бесплатная версия под наименованием «КОМПАС-3D LT» — простейшая система трехмерного моделирования для домашнего использования и учебных целей, облегченная версия профессиональной системы КОМПАС-3D, которую разрешено устанавливать в школах [3].

От компании Нанософт можно получить учебную лицензию nanoCAD — полнофункциональную версию продукта, бесплатно предоставляемую для образовательных целей. Получатели учебных лицензий: школы, лицеи, гимназии, колледжи, университеты и другие образовательные организации общего, среднего и профессионального образования, реализующие основные образовательные программы [4].

В целях исполнения плана перспективного развития кафедры механики и инженерной графики на 2025 год Академия ГПС МЧС России осенью 2024 года обратилась к представителям компании Нанософт и получила учебную лицензию nanoCAD на 50 компьютерных мест. Так же ряду наших преподавателей после регистрации на официальном сайте Нанософт была предоставлена индивидуальная версия nanoCAD. Аналогичным образом и наши обучающиеся могут получить в свое пользование данное ПО. Все эти лицензии выдаются сроком на 1 год с возможностью последующего бесплатного продления.

Следует отметить, что оформление интерфейса у nanoCAD почти полностью повторяет таковое у AutoCAD, что является дополнительным плюсом для пользователей, имеющих многолетний опыт работы с продуктом от Autodesk. Еще одним положительным моментом можно назвать полную поддержку файлов с расширением .dwg (формат чертежей AutoCAD).

В заключение хотелось бы сказать, что оба программных комплекса обладают значительным потенциалом для использования в образовательном процессе. КОМПАС-3D зарекомендовал себя как надежный инструмент с развитой инфраструктурой поддержки, но требует значительных финансовых вложений. NanoCAD представляет собой перспективное решение с современным интерфейсом, бесплатными учебными версиями, поддержкой различных операционных систем, особенно привлекательное для пользователей, работавших ранее с AutoCAD.

Выбор конкретного программного обеспечения должен осуществляться с учетом специфики учебного заведения, материально-технической базы и возможностей финансирования. Рекомендуется также учитывать наличие квалифицированных преподавателей и возможность получения технической поддержки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Американская Autodesk приостанавливает работу в России / РИА Новости. – Режим доступа: <https://ria.ru/20220304/autodesk-1776438958.html> (дата обращения: 20.03.2025).
2. КОМПАС-3D: о программе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d/about>. - Заглавие с экрана.– (Дата обращения: 19.03.2025).
3. КОМПАС-3D LT: о программе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kompas.ru/kompas-3d-lt/about>. - Заглавие с экрана.– (Дата обращения: 19.03.2025).
4. Лицензии nanoCAD для образовательных и научных целей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://academy.nanocad.ru/education>. – Заглавие с экрана.– (Дата обращения: 20.03.2025).
5. ПО для преподавателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edu.ascon.ru/main/download/software>. - Заглавие с экрана.– (Дата обращения: 19.03.2025).
6. Системные требования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nanocad.ru/products/platforma/download/#system-requirements>. - Заглавие с экрана.– (Дата обращения: 20.03.2025).
7. Якунин, Б. О. Использование САПР в образовании: возможности и преимущества / Б. О. Якунин // Естественные, математические и технические науки. Образование. Технологии. Инновации : Материалы Всероссийской научно-практической студенческой конференции, Липецк, 08–12 апреля 2024 года. – Липецк: Липецкий государственный педагогический университет им. П.П. Семенова-Тян-Шанского, 2024. – С. 354-358. – EDN ОМКJСХ.

УДК 614.849

Д.А. Птюшкин, А.Ю. Никитин

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ В ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЧС

Аннотация: В статье рассматривается применение технологий 3D-моделирования в работе Министерства чрезвычайных ситуаций. Анализируются основные направления использования данных технологий, их преимущества и перспективы развития. Особое внимание уделяется практическим аспектам внедрения.

Ключевые слова: 3D-моделирование, МЧС, виртуальная реальность, спасательные операции, чрезвычайные ситуации.

D.A. Ptyushkin, A.Y. Nikitin

Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia

THE USE OF 3D MODELING IN THE ACTIVITIES OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS

Abstract: The article discusses the use of 3D modeling technologies in the work of the Ministry of Emergency Situations. The main directions of using these technologies, their advantages and development prospects are analyzed. Special attention is paid to the practical aspects of implementation.

Keywords: 3D modeling, Emergency situations, virtual reality, rescue operations, emergencies.

В современном мире стремительное развитие информационных технологий привело к тому, что 3D-моделирование становится все более важным и востребованным инструментом в различных сферах, и деятельность Министерства по чрезвычайным ситуациям не является исключением. Применение возможностей трехмерного моделирования в работе МЧС позволяет в значительной мере повысить эффективность реагирования на чрезвычайные ситуации, улучшить качество подготовки и обучения сотрудников, а также оптимизировать планирование и проведение спасательных операций. Далее рассмотрим несколько направлений профессиональной деятельности МЧС, где 3D-технологии задействуются в настоящий момент или могут быть применены в ближайшем будущем.

1. Подготовка и обучение персонала министерства.

Одним из наиболее важных и перспективных направлений использования 3D-моделирования в МЧС является подготовка и обучение персонала. С помощью виртуальных симуляций можно создать реалистичные сценарии чрезвычайных ситуаций, что позволяет сотрудникам отрабатывать действия в условиях, приближенных к реальным. Это может включать моделирование различных природных катастроф, таких

как наводнения, землетрясения, сходы лавин, а также техногенных аварий, в том числе и пожаров. Виртуальные тренажеры и устройства дополненной реальности помогают развивать навыки быстрого реагирования, принятия решений и взаимодействия в команде.

В качестве примера можно привести одну из новых разработок ученых Ивановской пожарно-спасательной Академии государственной противопожарной службы МЧС России, а именно «...передвижной многофункциональный виртуальный тренажерный комплекс (МВТК) для обучения курсантов ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с радиационной и химической обстановкой. Об этом сообщила в понедельник ТАСС заместитель начальника академии по научной работе Ирина Шарабанова» [2]. Информация от 5 июня 2023 г.

Сюда же можно отнести и практику демонстрации преподавателями 3D-моделей во время учебных занятий по дисциплине «Инженерная графика» в Академии ГПС МЧС России, что помогает обучающимся быстрее разобраться с пониманием вопросов по пересечению поверхностей, построению разрезов, выполнению чертежей деталей и сборочных чертежей и т. д.

2. Планирование и проектирование объектов.

3D-моделирование также играет важную роль в планировании и проектировании объектов. Например, создание трехмерных моделей зданий и сооружений позволяет специалистам МЧС заранее оценить потенциальные риски и разработать эффективные меры по их снижению. Модели могут содержать информацию о конструктивных особенностях и объемно-планировочных решениях в зданиях, а также о наличии возможных препятствий, что значительно упрощает процесс спасения людей в экстренных ситуациях. Особое значение имеет использование 3D-моделей при разработке паспортов территорий, содержащих всю необходимую информацию для координации действий подразделений. «Трехмерная модель объекта предназначена в первую очередь для информационного обеспечения планов действий по предупреждению и ликвидации ЧС, планов повышения защищенности потенциально опасных, а также социально-значимых объектов. В 3D моделях указывается расположение объектов с привязкой местности. Это необходимо для того, чтобы в дальнейшей работе с моделью была возможность быстро и адекватно ситуации рассредоточить силы и средства, привлекаемые к возможной ЧС на территории объекта» [5, с. 208].

3. Анализ и прогнозирование ЧС.

Использование 3D-моделирования позволяет проводить анализ и прогнозирование последствий различных чрезвычайных ситуаций. С помощью специализированного программного обеспечения можно моделировать распространение огня, затопление территорий или перемещение отравляющих и радиоактивных веществ в случае аварий. Это дает возможность в кратчайшие сроки и с достаточной точностью оценить последствия ЧС и выработать необходимые действия для спасения людей и минимизации ущерба. Например, при моделировании распространения огня можно определить наиболее уязвимые участки территории и заранее подготовить меры по их защите. Также при анализе возможных затоплений можно выявить зоны, подверженные наибольшему риску, и организовать меры по защите населения до наступления катастрофы.

Примером данного направления можно назвать работу сотрудников Ивановской пожарно-спасательной Академии ГПС МЧС России (в 2013 г вуз носил название Ивановский институт ГПС МЧС России) по моделированию «...ландшафта озера

Мылка и «Мылкинской дамбы», расположенных в г. Комсомольск-на-Амуре. Созданная 3D модель данной местности позволяет не только детально изучить район чрезвычайной ситуации, возникшей в результате наводнения, но и спрогнозировать различные сценарии событий, возможные при повышении уровня воды или прорыве дамбы, защищавшей жилые районы от затопления» [3, с. 222]. «Летом 2013 года Хабаровский край оказался подвержен страшному наводнению. Наводнение таких масштабов произошло впервые за 115 лет наблюдений. 2 сентября 2013 года уровень воды в реке Амур вблизи города Комсомольска-на-Амуре поднялся до 803 сантиметров, превысив на 102 сантиметра «рекорд» 1959 года. На пике паводка - 12 сентября - уровень реки Амур составил 912 сантиметров» [1]. От состояния Мылкинской дамбы, которая защищает Привокзальный микрорайон и поселок Мылки Комсомольска-на-Амуре от озера Мылки, связанного протокой с рекой Амур, в тот момент практически зависела судьба всего города.

4. Координация действий.

Технологии 3D-моделирования можно эффективно использовать для улучшения координации действий подразделений МЧС между собой, а также для взаимодействия с другими службами. Благодаря применению интерактивных карт и моделей все участники операции могут видеть общую картину происходящего, что позволяет в реальном времени оперативно корректировать планы действий в зависимости от изменяющейся ситуации. В условиях ЧС возможность быстро обмениваться информацией и принимать совместные решения становится критически важной.

5. Оценка ущерба и возможности восстановления объектов.

После ликвидации чрезвычайной ситуации 3D-моделирование может быть использовано для оценки ущерба и планирования восстановительных работ. Отображение полученных повреждений на трехмерных моделях объектов и территорий позволяет не только их визуализировать, но также дополнительно дает возможность более точно и комплексно определить масштабы и характер разрушений. Кроме того можно в кратчайшие сроки выполнить оценку объемов необходимых ремонтных работ и определение стоимости восстановительных мероприятий, что окажет неоценимую помощь людям, лишившимся жилья в результате ЧС. Основой для расчетов могут послужить паспорта территорий, содержащие всю необходимую справочную информацию о географическом положении, социально-экономическом и административном обустройстве.

6. Информирование населения.

В современных условиях повышение эффективности информирования населения о потенциальных угрозах и мерах безопасности является одной из приоритетных задач МЧС. Развитие технологий 3D-моделирования открывает новые возможности для визуализации потенциально опасных объектов и сценариев развития ЧС, что существенно повышает качество подготовки населения к действиям в экстремальных условиях. 3D-технологии позволяют создавать наглядные, интерактивные и доступные материалы, способствующие формированию у граждан четкого понимания возможных угроз и правильных алгоритмов действий при возникновении чрезвычайных ситуаций. Виртуальные экскурсии по моделям опасных зон или потенциально уязвимых объектов могут повысить уровень осведомленности населения и подготовленности к возможным катастрофам. Подача материала в виде обучающих компьютерных

игр, в том числе с трехмерной графикой, позволяет привлечь современное подрастающее поколение к вопросам обеспечения собственной безопасности в условиях ЧС.

Например, сотрудниками Сибирской пожарно-спасательной Академии ГПС МЧС России была представлена функциональная модель виртуального тренажера для формирования навыков самостоятельной эвакуации учащихся из здания школы при пожаре. Трехмерная модель здания в виртуальной среде является цифровым двойником реальной школы, воссоздает для учеников знакомую обстановку с добавлением визуализации опасных факторов пожара и помогает им отработать правильные действия при следовании к местам выхода из опасных зон [4].

Дальнейшее развитие данного направления должно быть направлено на расширение ассортимента обучающих материалов, улучшение качества визуализации и создание новых форматов взаимодействия с населением, что позволит повысить общий уровень готовности граждан к действиям в условиях ЧС.

7. Исследования и разработки.

В современных условиях развития технологий 3D-моделирование становится одним из ключевых инструментов в научно-исследовательской деятельности МЧС. Данная технология открывает новые возможности для проведения комплексных исследований в области пожарной безопасности, прогнозирования ЧС и разработки инновационных методов реагирования на чрезвычайные ситуации. 3D-моделирование позволяет создавать детальные виртуальные копии объектов и процессов различной сложности, что существенно расширяет возможности научной деятельности. С помощью трехмерных моделей можно проводить эксперименты и тестирование разнообразных сценариев, которые бывает невозможно либо затруднительно осуществить в реальности. Технология существенно повышает эффективность исследовательской работы, позволяя разрабатывать новые методики и совершенствовать подходы к обеспечению безопасности населения. Дальнейшее развитие данного направления открывает широкие перспективы для повышения готовности к ЧС и минимизации их последствий.

8. Интеграция с другими технологиями.

В настоящее время особую актуальность приобретает интеграция различных технологических решений в деятельности МЧС России. Трехмерное моделирование выступает как один из ключевых инструментов, который может быть эффективно совмещен с другими инновационными подходами, такими как геоинформационные системы (ГИС), дроновые технологии и искусственный интеллект. Это позволяет создавать более комплексные и точные модели, которые учитывают множество факторов, влияющих на развитие чрезвычайных ситуаций. Например, использование дронов для сбора данных о местности и состоянии объектов может значительно улучшить качество и точность 3D-моделей, предоставляя актуальную информацию о ситуации на месте.

Интеграция 3D-моделирования с ГИС позволяет визуализировать и обрабатывать данные о рисках и угрозах в географическом контексте, что помогает специалистам МЧС принимать более обоснованные решения. С помощью таких систем можно анализировать, как различные факторы, такие как плотность населения, инфраструктура и природные условия, влияют на вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций и их последствия. Это, в свою очередь, способствует оптимальному распределению ресурсов и более эффективному планированию мероприятий по предотвращению и ликвидации последствий катастроф.

Искусственный интеллект может быть использован для автоматизации анализа данных, полученных из 3D-моделей, что позволяет быстрее выявлять потенциальные угрозы и разрабатывать сценарии реагирования. Например, алгоритмы машинного обучения могут анализировать исторические данные о чрезвычайных ситуациях, совмещая их с информацией о текущем состоянии объектов, и на этой основе рассчитывать риски возникновения ЧС и прогнозировать их развитие, что позволяет заранее подготовиться к возможным катастрофам.

Таким образом, 3D-моделирование при грамотном подходе может являться одним из важных инструментов в обеспечении деятельности МЧС, позволяя улучшить подготовку и обучение персонала, оптимизировать планирование и координацию действий, а также проводить анализ возникновения и прогнозирование последствий чрезвычайных ситуаций. Использование трехмерных моделей способствует более быстрой и точной оценке ущерба и стоимости восстановления объектов, пострадавших от ЧС. Применение 3D-моделей в сфере информирования населения о чрезвычайных ситуациях демонстрирует высокую эффективность и открывает новые перспективы в области подготовки населения к действиям в экстремальных условиях. Интеграция с другими технологиями, такими как ГИС и искусственный интеллект, расширяет возможности 3D-моделирования, позволяя создавать более точные и комплексные модели. В настоящее время 3D-моделирование наряду с другими современными технологиями становится ключевым элементом современной системы обеспечения безопасности и реагирования на чрезвычайные ситуации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Живая стена» на Мылkinsкой дамбе / Тихоокеанская звезда. – Режим доступа: https://toz.su/special_issuespodrobnosti/zhivaya_stena_na_mylkinskoy_dambe (дата обращения: 20.03.2025).
2. Ивановская Академия МЧС внедрила виртуальный тренажер обучению ликвидации последствий ЧС / ТАСС. – Режим доступа: <https://tass.ru/obschestvo/17934051> (дата обращения: 19.03.2025).
3. Использование в образовательном процессе 3D виртуальных макетов зданий и сооружений / А.О. Пискунов, В.Е. Иванов, В.П. Зарубин, П.В. Пучков // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 17-18 апреля 2014 года. – Иваново: Ивановский институт Государственной противопожарной службы МЧС РФ, 2014. – С. 221-222.
4. Пожаркова, И. Н. Функциональная модель виртуального тренажера для организации тренировок по эвакуации / И. Н. Пожаркова // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 6(114). – С. 253-263. – EDN FHHMOM.
5. Чернодуб, С. С. Роль и значение 3D моделирования в системе МЧС / С. С. Чернодуб, С. В. Беседина // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2015. – № 1-1(6). – С. 207-209. – EDN VOHPEN.

УДК 377.169.3

А.А. Сидоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

ПРИМЕНЕНИЕ НОВЕЙШИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ ПОЖАРНЫХ

Аннотация: в данной статье рассматриваются последние разработки в области виртуальной реальности и возможность их использования в обучении пожарных. Дается краткая характеристика метода Гауссова напыления для создания 3D сцен.

Ключевые слова: технологии виртуальной реальности, обучение, Гауссово напыление, профессиональная подготовка.

A.A. Sidorov

APPLICATION OF THE LATEST VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES IN FIREFIGHTER TRAINING

Abstract: this article discusses the latest developments in virtual reality and the possibility of using them in firefighter training. It also provides a brief description of the Gaussian splatting method for creating 3D scenes.

Keywords: virtual reality technologies, education, Gaussian splatting, professional training.

Всесторонняя подготовка пожарных является важной предпосылкой для подготовки к опасным ситуациям и умения адекватно реагировать на происходящее. В настоящее время обучающиеся получают широкую практическую и теоретическую подготовку в учебных заведениях. Обучение включает в себя и симуляции, которые воссоздают оперативные сценарии. Тем не менее, затраты высоки, например, на обширные декорации, реальный реквизит, кадровые ресурсы и расходные материалы.

Приложения виртуальной реальности (VR) могут помочь исправить эту ситуацию. Современные и разрабатываемые приложения характеризуются своей способностью обеспечивать более экономичное и безопасное обучение и могут быть использованы для проектирования сложных и разнообразных учебных модулей по сравнению с реальным обучением.

Современные приложения виртуальной реальности для тушения пожаров обеспечивают недостаточный реализм. Одновременное удовлетворение требований к высокому качеству изображения и плавности изображения часто бывает затруднительным, что приводит к ухудшению визуального восприятия и возможному дискомфорту человека при рендеринге VR сцен.

VR технологии предоставляют обучающимся захватывающий пользовательский опыт со сценарием обучения, реализовав полноразмерную и многопользовательскую среду виртуальной реальности. Поскольку некоторые виды обучения могут иметь ограниченную вариативностью и значительные затратами в обычных средах физической подготовки, потребность в обучении с помощью виртуальной реальности

становится все более очевидной. Кроме того, виртуальное обучение дает возможность представлять опасные среды с минимальным риском.

Методы создания 3D моделей с помощью фотограмметрии относительно недавно произвели революцию в представлении виртуальных сцен, снятых с помощью нескольких фотографий или видео. Однако, для высоких показателей и визуального качества по-прежнему требуются значительные компьютерные ресурсы, в то же время современные более быстрые методы неизбежно приносят скорость в жертву качеству. Имеющиеся методы создания 3D сцен и объектов не могут обеспечить скорость отображения в реальном времени.

Качество 3D сцен, созданных с помощью фотограмметрии, очень сильно зависит от качества загруженных фотографий. Низкое разрешение изображения или недостаточное освещение значительно влияют на точность получаемых данных. Фотограмметрия не точно воспроизводит мелкие детали и текстуры сканируемых объектов, в тоже время она недостаточно хорошо работает для крупных и сложных объектов. Для того, чтобы получить качественный результат необходимо соблюдать определенные условия съемки.

Обработки исходных снимков для создания 3D-моделей требует значительных вычислительных ресурсов и времени и может сделать этот метод не пригодным для оперативного использования.

Новейший метод Гауссова напыления (3DGS) позволяет достичь самого высокого визуального качества при сохранении незначительного времени генерации 3D сцены и, что немаловажно, позволяют осуществлять высококачественный синтез новых изображений в реальном времени с разрешением 1080p.

Данный метод имеет существенное отличие от других подобных технологий, с его помощью можно передавать тонкие конструкции, например сетку забора, тонкие стебли растительности, человеческие волосы. Детализация и качество 3D сцен и 3D моделей значительно превосходят все существующие аналоги. Более того, этот метод позволяет создавать динамические сцены.

Названный метод в свою очередь использует последние разработки в области развития Искусственного интеллекта. Этот метод не требует слишком сложного или слишком дорогого оборудования или программного обеспечения, практически любой пользователь может создавать 3D сцены и 3D объекты методом Гауссова напыления.

В настоящее время применение этого метода достаточно широкое. Его применяют для создания виртуальных экскурсий, в игровой индустрии, в образовательной деятельности и в научных исследованиях.

Процесс создания 3DGS файла состоит из нескольких этапов. Вначале производится съемка местности или объекта с помощью камеры или лидара для более детального сканирования. Площадь захвата получается достаточно крупной. Затем в специализированное программное обеспечение импортируются полученные данные (рисунок). Там происходит обработка полученных данных, исправление неточностей и другая корректировка файлов. На следующем этапе происходит экспорт файла для открытия в других приложениях и программах. Экспортированный файл открывается в другой программе, например, UnrealEngine или Unity, где создается интерактивная сцена. На других этапах эта сцена может быть использована в VR приложениях с использованием VR шлемов.

Названный метод, не заменяет реальную подготовку пожарных, а дополняет ее безопасным и экономичным способом.

УДК 372.862

О.В. Токарева, Д.В. Фролов

Академия ГПС МЧС России

ВЫСОКАЯ АБСТРАКТНОСТЬ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА

Аннотация: в данной статье рассмотрены вопросы абстрактности в содержании и преподавании дисциплины инженерной графики. Рассмотрен ряд преимуществ уровня абстракции.

Ключевые слова: инженерная графика, методы преподавания, элементы абстрактности, САПР, компьютерные программы.

O.V. Tokareva, D.V. Frolov

HIGH ABSTRACTNESS OF DISCIPLINE CONTENT ENGINEERING SCHEDULE

Abstracts: this article discusses issues of abstractness in the content and teaching of the discipline of engineering graphics. A number of advantages of the abstraction level are considered.

Keywords: engineering graphics, teaching methods, abstract elements, computer programs.

Инженерная подготовка студентов по различным направлениям и специальностям базируется на знаниях общетехнических и специальных дисциплин. Среди них – инженерно-графические дисциплины [1].

Инженерная графика – дисциплина, которая изучает методы и средства графического представления технических объектов и конструкций с помощью двумерных изображений. Она включает в себя такие области, как черчение, проектирование, моделирование и визуализация инженерных решений. Хотя сама по себе инженерная графика является прикладной наукой, она содержит элементы высокой абстрактности, особенно когда речь идет о сложных концепциях проектирования и моделирования.

Основная цель дисциплины – развитие системного мышления, подготовка к решению прикладных задач геометрического моделирования средствами традиционной и компьютерной технологий, а также обучение основам графического документирования при решении задач разработки конструкторской документации [2].

Подготовка будущих инженеров, в том числе специалистов пожарной и технической безопасности, непосредственно связана с изучением пожарной и спасательной техники, различных средств пожаротушения и самоспасения. Изучение данной техники осуществляется, в частности, по машиностроительным чертежам. Отсюда, главная задача – научить обучающихся читать машиностроительные чертежи, изучить правила и условности, которые устанавливаются государственными стандартами [3].

Преподавание инженерной графики связано с рядом специфичных проблем, обусловленных сложностью восприятия материала, техническими требованиями и изменениями в образовательных подходах. Инженерная графика – дисциплина, кото-

рая требует от обучающихся освоения понятий трехмерного пространства через двумерные чертежи. Это создает сложности восприятия, особенно у тех, у кого не было чертежной подготовки в школе и изучение инженерной графики началось с «чистого листа».

Как правило, чтение чертежей, построение проекций и разрезов требуют развитого пространственного воображения, которое не всегда легко развить. При поступлении в высшее учебное заведение будущий специалист уверен, что его научат всему, что необходимо в его дальнейшей профессиональной деятельности. Но здесь возникают трудности не только у обучающихся, но и у образовательной организации, где одной из главных трудностей является недостаток практических занятий по дисциплине инженерная графика. В условиях нехватки аудиторного времени многим обучающимся сложно представить пространственное расположение объектов на плоскости, и они остаются с поверхностными знаниями, что сказывается на качестве подготовки будущих инженеров.

Абстракция в инженерной графике – это процесс упрощения сложных объектов или явлений до уровня, необходимого для решения конкретных инженерных задач. В инженерной графике абстрагирование помогает сосредоточиться на ключевых аспектах предмета, игнорируя второстепенные детали, чтобы облегчить восприятие и понимание конструкции.

Один из важнейших инструментов инженерной графики – метод проецирования, который позволяет преобразовать трехмерную форму в двухмерное изображение через использование ортогональной или аксонометрической проекции. Например, при создании чертежа детали используются ортогональные проекции, такие как вид спереди и сверху. Эти виды являются абстракциями реального объекта, поскольку показывают лишь его отдельные стороны, но позволяют точно передать размеры и форму (рисунок).

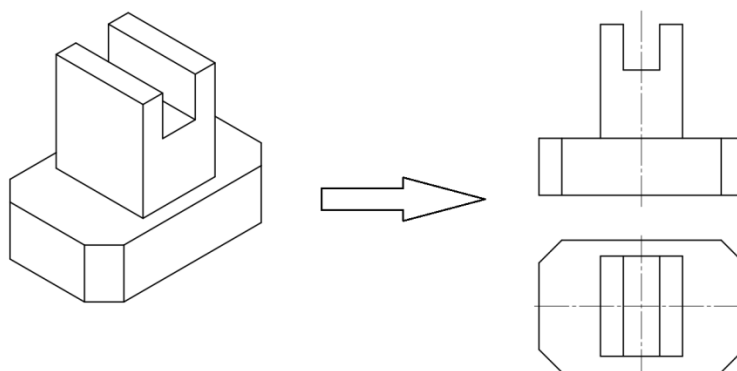


Рисунок. Преобразование трехмерной формы в двухмерное изображение

Высокая абстрактность содержания инженерной графики позволяет обучающимся освоить важные принципы преобразования реальной действительности в формализованные и универсальные изображения, необходимые для успешного изучения дисциплины. Это связано с тем, что обучающиеся изучают методы представления реальных объектов через схематичные, символические и условные изображения, что позволяет представить объект или систему в наиболее обобщенном виде, исключая незначительные детали и акцентируя внимание на ключевых характеристиках и функциях.

В инженерной графике широко применяются стандартные символы и условные обозначения, которые представляют собой абстрактные изображения физических элементов реальных объектов или их свойства. Например, линии различной толщины и типов, стрелки, размеры и допуски, а также стандартные элементы механических узлов (шестеренки, подшипники, резьбы), которые изображаются с использованием упрощённых линий и фигур, электрические схемы, использующие специальные значки для резисторов, конденсаторов и других компонентов и т.д. Эти символы представляют собой абстрактные формы, заменяющие реальные физические изображения объектов. Они позволяют упростить чтение чертежей и обеспечивают единообразие представления информации в разных отраслях и странах.

Для удобства восприятия и анализа деталей используется масштабирование, позволяющее увеличивать или уменьшать изображение объекта относительно его реальных размеров. Основная цель масштабирования заключается в улучшении визуального восприятия объектов и упрощении работы с ними. Абстрактные изображения упрощают понимание общих концепций, тогда как масштабированные чертежи обеспечивают точность и детализацию там, где это необходимо.

АксонOMETрическая проекция так же является формой абстракции, показывая трёхмерный объект на плоской поверхности с сохранением пропорций и перспективных искажений.

Высокий уровень абстрактности в инженерной графике имеет ряд преимуществ:

- универсальность абстрактных изображений легко интерпретируются специалистами в разных областях техники, что способствует международному сотрудничеству и стандартизации;
- эффективное использование общих методов и символов ускоряет процесс выполнения графической документации и уменьшает вероятность ошибок;
- упростив сложное изделие до его основных составляющих, повышается наглядность изображения, при котором обучающиеся могут лучше понять функциональные связи и взаимодействие частей;
- благодаря строгим правилам и стандартам инженерной графики, даже самые сложные проекты могут быть представлены с высокой точностью;
- высокая абстрактность позволяет создавать модели, которые легче изменять и адаптировать под различные условия эксплуатации.

Современные условия производства создают необходимость в использовании систем автоматизированного проектирования (САПР), одного из основных компонентов систем автоматизации разработки и выполнения конструкторской документации, которая удовлетворяет требованиям стандартам ЕСКД.

Переход от традиционной работы карандашом к использованию САПР – это важный этап в эволюции инженерной графики, проектирования и черчения. Этот процесс стал возможен благодаря развитию компьютерных технологий, что значительно улучшило эффективность работы во всех отраслях. Постепенный переход на обучение в работе с системами автоматизированного проектирования позволяет обучающимся логически мыслить, представлять всевозможные сочетания геометрических форм в пространстве и лучше адаптироваться к требованиям современного производства.

Современные компьютерные программы для инженерной графики (САД-системы) предоставляют инструменты для создания цифровых моделей, которые позволяют манипулировать объектами виртуально. Хотя эти модели основаны на реальных объектах, они остаются абстрактными представлениями, используемыми для тестирования и оптимизации проектов перед изготовлением физических прототипов.

Абстрактность в инженерной графике с использованием САПР играет ключевую роль в обеспечении точности, универсальности и эффективности в работе. Она позволяет переходить от конкретной физической реальности к абстрактным моделям и обратно, обеспечивая высокий уровень контроля и предсказуемости в процессе создания и реализации технических проектов. Это требует от обучающегося абстрактного мышления, поскольку он должен мысленно представлять форму объекта в трех измерениях, а затем переводить эту форму в видимые проекции, такие как ортографические (средство представления трёхмерных объектов на двухмерной плоскости), аксонометрические и перспективные виды, служащие абстрактными способами отображения физической реальности. Созданные компьютерные модели объектов, которые могут включать в себя сложные геометрические формы, материалы, нагрузки и прочие факторы являются абстрактными представлениями физических объектов, где каждый элемент выполнен набором данных, включая координаты точек, поверхности, объемы и физические свойства.

Таким образом, хотя инженерная графика связана с практическим применением знаний, она включает в себя значительное количество абстрактных концепций и методов, необходимых для эффективного выполнения инженерных задач. Для того, чтобы улучшить качество образования важно модернизировать учебный процесс, внедрять новые технологии и делать акцент на практической подготовке обучающихся. Высокая абстрактность является важным инструментом в инженерной практике, обеспечивающим эффективное решение комплексных технических проблем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Свичкарева, Г. Н. Оптимизация структуры и содержания дисциплины «Инженерная графика» в техническом вузе / Г. Н. Свичкарева // Омский научный вестник. – 2012. – № 3(109). – С. 205-209. – EDN PCVKXX.
2. Амирджанова, И. Ю. Современное состояние развития геометро-графической культуры и компетентности будущих специалистов / И. Ю. Амирджанова, В. Г. Виткалов // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2015. – № 2-2(32-2). – С. 26-31. – EDN TZJWJP.
3. Токарева, О. В. Чтение и детализирование чертежей общего вида. Выполнение сборочного чертежа / О. В. Токарева, С. М. Червоноокая. – Москва : Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2018. – 62 с. – EDN PAMJJV.

УДК 378.14

О.В. Токарева, Д.В. Фролов, И.А. Пустовалов

Академия ГПС МЧС России

ТЕМАТИЧЕСКИЙ КОНКУРС ПО КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ И 3-D МОДЕЛИРОВАНИЮ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 35-ЛЕТИЮ МЧС РОССИИ

Аннотация: в статье рассмотрены мотивационные аспекты самостоятельной творческой деятельности обучающихся, дан анализ конкурсных работ, выполненных в САПР Компас-3D или nanoCAD, посвященный 35-летию МЧС России.

Ключевые слова: творческая деятельность, компьютерная графика, конкурсная работа.

O.V. Tokareva, D.V. Frolov, I.A. Pustovalov

THEMATIC COMPETITION ON COMPUTER GRAPHICS AND 3-D MODELING DEDICATED TO THE 35-TH ANNIVERSARY OF THE EMERCOM OF RUSSIA

Abstracts: the article considers the motivational aspects of independent creative activities of students, analyzes the competitive works of cadets performed in CAD Compass-3D or nanoCAD, as part of the celebration of the 35th anniversary of the EMERCOM of Russia.

Keywords: creative activity, computer graphics, competitive work.

Тематические конкурсы по компьютерной графике и 3-D моделированию – это отличная возможность для обучающихся продемонстрировать свои навыки и креативность в области компьютерного 3-D моделирования.

В преддверии празднования 35-летия МЧС России в Академии ГПС МЧС России был организован творческий конкурс, посвященный этому событию. В конкурсе приняли участие обучающиеся 4-го курса по направлению подготовки 09.03.02 «Информационные системы и технологии», уровень бакалавриата, ориентированные на самостоятельное моделирование тематических визуализированных объектов.

Активизации работы на кафедре механики и инженерной графики по внедрению в учебный процесс перспективных графических информационных технологий и повышению уровня графической и компьютерной подготовки способствовало успешное проведение олимпиад и конкурсов по инженерной и компьютерной графике [1].

Перед началом прохождения дисциплины «Компьютерная графика и 3-D моделирование» преподаватель, ведущий практические занятия, информировал учебную группу о предстоящих олимпиадах и конкурсах, проводимых на кафедре. Это делается для того, чтобы мотивировать будущих выпускников Академии в расширении своих знаний в области компьютерных технологий и дальнейшего профессионального роста.

Обучающимся 4-го курса, изучавшим дисциплину «Инженерная графика» на предыдущих курсах, позволило выступить в конкурсе не новичками, а знающих предмет участниками.

В условиях конкурса было обозначено, что можно использовать различные средства при выполнении конкурсного задания, наиболее приемлемые для каждого участника в рамках программ САПР Компас-3D или nanoCAD.

Конкурс по компьютерной графике и 3-D моделированию проводился с целью оценки и повышения уровня знаний и навыков обучающихся, а это:

- повышение уровня профессиональных навыков для создания чертежей, 3D-моделей и визуализации инженерных проектов;
- стимулирование использования современных технологий и программного обеспечения для решения инженерных задач;
- развитие креативного мышления и способности к инновациям и нестандартным решениям;
- создание платформы для обмена опытом и знаниями между участниками;
- выявление и поддержка талантливых обучающихся, содействие в их дальнейшем карьерном росте;
- популяризация и повышение интереса к компьютерной графике и 3-D моделированию, а также к смежным дисциплинам;
- мотивация к саморазвитию, создание условий для личного и профессионального роста.

В качестве задания было предложено разработать проект эмблемы, посвященной 35-летию МЧС России, используя в своей работе средства САПР Компас-3D или nanoCAD.

В качестве рекомендаций были предложены следующие установки к выполнению творческого задания:

- конкурсная эмблема разрабатываться индивидуально, представлять можно неограниченное количество конкурсных работ;
- в изображении 3-D модели должна отразиться информация о 35-летию МЧС России;
- цветовая гамма в работе ограничений не имеет, приветствуется использование корпоративных цветов;
- эмблема должна отражать специфику указанной даты;
- возможно использование ресурсов Интернета.

Преподавателями постоянно велась работа по контролю и оптимизации временных и фактических затрат участников. Учитывая ограничения временных ресурсов у обучающихся для самостоятельной, и тем более, творческой работы, посильная помощь преподавателей в выборе тематики, инструментов, масштабы излагаемого материала, дала ожидаемый результат [1].

Компьютерные 3-D модели, которые были представлены на конкурс, имели различные уровни трудозатратности и сложности (рисунок). Перед голосованием преподаватели провели анализ всех работ, с целью выявления сильных и слабых сторон работ.

В результате анализа было отмечено, что с поставленными задачами, которые стояли перед участниками конкурса, многие справились, а это:

- наличие графической грамотности и уверенное пользование инструментами и возможностями САПР Компас-3D и nanoCAD при создании тематического образа эмблемы;
- согласованность действий по выбору корпоративных предпочтений в сфере пожарной безопасности;
- выполнение заданий в установленные сроки с необходимым качеством, а также проявление творческого потенциала и способность к самореализации.



Рисунок. Представленные проекты
эмблем, посвященные
35-летию МЧС России

Отметим, что использование САПР Компас-3D и nanoCAD в процессе обучения компьютерной графике ведет не только к качественному освоению обучающимися учебного материала, но и способствует формированию у них устойчивых навыков применения современных информационных и компьютерных технологий в будущей профессиональной деятельности [2].

Преподавателям, организовавшим творческий конкурс, были получены результаты, которые открывают новые перспективы выбора мотивационных приоритетов в преподавании дисциплины «Компьютерная графика и 3-D моделирование». Во время проведения конкурса была отмечена доброжелательная атмосфера сотрудничества обучающихся и преподавателей. В процессе совместной работы и поиска решений в поставленной задаче, готовность преподавателя оказать помощь в реализации моделирования объектов в САПР Компас-3D и nanoCAD.

После подведения итогов тематического конкурса, которое подводилось путем голосования преподавателями и обучающимися, победители и призеры в торжественной обстановке были награждены грамотами Академии ГПС МЧС.

Организация и проведение тематического конкурса преследовали основную цель, такую как совершенствование восприятия теоретического материала изучаемой дисциплины, а также повышение уровня управляемой самостоятельной работы обучающихся, которая способствует качественному формированию компетенций [3].

Таким образом, тематический конкурс по компьютерной графике и 3-D моделированию, проводимый в образовательной организации, дал возможность проявить заинтересованность у обучающихся к изучению дисциплины, что позволяет в полной мере овладеть теми компетенциями, которые определены образовательной программой и ФГОС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Токарева, О. В. Творчество как один из способов воспитания графической культуры / О. В. Токарева, С. М. Червоноокая // Культура и безопасность. – 2023. – № 2. – С. 33-44.
2. Пустовалов, И. А. Создание библиотек в системе автоматизированного проектирования "Компас-3D" для оформления документации в области пожаротушения / И. А. Пустовалов, Д. В. Фролов, О. В. Токарева // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2024 года. – Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2024. – С. 401-404. – EDN UAGCAI.
3. Токарева, О. В. Создание учебно-методического комплекса дисциплин кафедры механики и инженерной графики средствами AUTOCAD / О. В. Токарева, С. В. Фролов, Д. В. Фролов // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 года. – Иваново: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2023. – С. 298-301.

УДК 623.459.64

В.Д. Чекалов, Т.А. Яковенко

Уральский институт ГПС МЧС России

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЗОД У ПОЖАРНЫХ

Аннотация: В данной работе рассматривается проблема повреждений средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (далее СИЗОД) у пожарных, анализируется их частота и причины. Выявление факторов, способствующих поломке СИЗОД, таких как механические повреждения, воздействие высоких температур и производственные дефекты, играет ключевую роль в повышении уровня безопасности пожарных. Исследуются современные технологии и методы, способствующие развитию более устойчивых материалов и конструкций, а также рассматриваются возможности оптимизации хранения и ухода за оборудованием пожарных.

Ключевые слова: специальная одежда, оборудование, пожарные, повреждения, безопасность, механические повреждения, высокие температуры, материалы, анализ.

V.D. Chekalov, T.A. Yakovenko

PROBLEMS AND PROSPECTS OF OPERATION OF SIZOD FOR FIREFIGHTERS

Abstract: This paper examines the problem of damage to personal protective equipment for respiratory and visual organs (hereinafter referred to as PPE) in firefighters, their frequency and causes are analyzed. The identification of factors contributing to the breakdown of SIZOD, such as mechanical damage, exposure to high temperatures and manufacturing defects, plays a key role in improving the safety of firefighters. Modern technologies and methods that contribute to the development of more sustainable materials and structures are being investigated, as well as the possibilities of optimizing the storage and care of firefighters' equipment.

Keywords: special clothing, equipment, firefighting, damage, safety, mechanical damage, high temperatures, materials, analysis.

В последние годы надежность средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (далее СИЗОД) пожарных стала важным аспектом, определяющим безопасность работников в условиях чрезвычайных ситуаций. Анализ повреждений СИЗОД представляет собой критически важную область исследований, связанной с оценкой их функциональных характеристик и устойчивости к неблагоприятным воздействиям, возникающим при тушении пожаров. Современные технологии и материалы позволяют разрабатывать новые образцы СИЗОД, которые обеспечивают надежную защиту от опасных факторов, таких как токсичные пары, дым и механические воздействия, минимизируя риски для здоровья и жизни пожарных. Рассмотрим самые распространённые причины поломок:

В табл. 1 представлена информация о частоте различных причин поломок средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения.

Таблица 1. Причины поломок СИЗОД у пожарных

Частота поломок	Причина поломки
5 %	Износ из-за частого использования (чаще всего происходит при длительном использовании в условиях высокой нагрузки)
15 %	Неправильное хранение и уход (если СИЗОД не хранится в надлежащих условиях, это может привести к затвердеванию материалов или повреждениям)
10 %	Воздействие высоких температур (некоторые материалы могут терять свои свойства при температурных колебаниях)
20 %	Механические повреждения (могут быть повреждены острыми предметами или в результате падений)
25 %	Производственный брак (СИЗОД могут быть дефектными из-за некачественного контроля качества на производстве)
25 %	Неудовлетворительное качество материалов (использование дешевых или неподходящих материалов влияет на прочность и надежность СИЗОД)

Анализ повреждений СИЗОД позволяет выявить их реальные эксплуатационные характеристики и определить слабые места в конструкции и материалах. Понимание того, как различные факторы, такие как температура, время воздействия и кислородное голодание, влияют на защитные свойства, способствует созданию образцов с улучшенными характеристиками. Это знание имеет большое значение для разработки стандартов безопасности и служит основой для повышения надежности средств защиты.

Исследования повреждений СИЗОД также играют важную роль в обучении и подготовке пожарных. Данные о реальных условиях использования и типах повреждений помогают формировать рекомендации по правильному использованию и обслуживанию средств защиты, что, в свою очередь, повышает уровень безопасности пожарных во время операций. Регулярные тренировки и симуляции позволяют пожарным на практике освоить навыки обращения с СИЗОД и оперативно реагировать на изменения в окружающей среде.

СИЗОД играют критическую роль в обеспечении безопасности пожарных во время операций. Тем не менее, сохранение их устойчивости и надежности в условиях экстремального воздействия остаётся важной задачей. Во-первых, нужно учитывать, что пожарные часто сталкиваются с интенсивными температурами, дымом и агрессивными химическими веществами, что может негативно сказаться на состоянии СИЗОД. Это требует постоянного улучшения материалов и технологий, используемых в их производстве, чтобы обеспечить максимальную защиту и долгий срок службы. Во-вторых, повреждения СИЗОД могут повлиять на их функциональность, что иногда затрудняет оценку состояния устройств в условиях стресса. Необходимы четкие протоколы технического контроля и регулярного обслуживания, чтобы предотвратить использование поврежденных средств.

Кроме того, вопрос стандартизации и сертификации СИЗОД остается актуальным. По мере внедрения новых технологий необходимо создать соответствующие стандарты, чтобы гарантировать, что устройства отвечают современным требованиям безопасности. Исследования, касающиеся устойчивости и надежности СИЗОД, также могут помочь в выяснении, как разные факторы, такие как длительность экспозиции и условия эксплуатации, влияют на эффективность этих средств.

Эффективная защита органов дыхания и зрения играет ключевую роль в безопасности пожарных, особенно в условиях сильного задымления и высоких температур. Новейшие разработки в области СИЗОД включают использование инновационных фильтров, обеспечивающих очистку вдыхаемого воздуха от вредных загрязнителей, а также защитные маски и щитки, которые позволяют сохранять визуальный контроль над ситуацией без риска для здоровья. Такие технологии значительно увеличивают уровень комфорта и безопасности работы пожарных, ведь они могут эффективно выполнять свои задачи в сложных условиях.

Вот таблица, которая представляет новейшие разработки в области средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД)

Табл. № 2 наглядно иллюстрирует ключевые разработки в области СИЗОД, которые способствуют повышению безопасности и комфорта пожарных.

Таблица 2. Ключевые разработки в области СИЗОД у пожарных

Разработка	Описание
Инновационные фильтры	Очищают вдыхаемый воздух от токсичных паров, частиц и газов с помощью технологий, таких как активированный уголь, HEPA-фильтры и ионные очистители
Системы респираторной защиты	Включают интегрированные вентиляторы или системы принудительной подачи воздуха для предотвращения кислородного голодания и повышения эффективности дыхания.
Защитные маски с интегрированными очками	Объединяют защиту органов дыхания и зрения, позволяя сохранять визуальный контроль без снятия маски, с противоударными и противогазовыми характеристиками.
Антифог и устойчивые к запотеванию технологии	Применяются к защитным очкам и маскам для предотвращения запотевания линз, обеспечивая ясность зрения в условиях задымления.

Разработка	Описание
Интеллектуальные системы мониторинга	Внедряют датчики для отслеживания состояния фильтров, уровней кислорода и концентрации вредных веществ, сигнализируя о необходимости замены или покидания зоны.

Эффективное использование современных технологий, таких как датчики состояния и системы мониторинга, может существенно повысить безопасность пожарных. Например, интеграция датчиков в маски и респираторы позволит немедленно определить наличие повреждений и необходимость замены фильтров. Такие действия будут служить надежной гарантией защиты, минимизируя риск для здоровья пожарных и повышая эффективность их работы. Обеспечение устойчивости и надежности СИЗОД является неотъемлемой частью общей системы безопасности при выполнении пожарных операций и позволяет значительно снизить риски, связанные с выполнением их профессиональных обязанностей.

Таким образом, надежность средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения являются основополагающими для обеспечения безопасности пожарных в сложных операциях. При инновационных подходах и постоянном мониторинге их состояния можно значительно повысить защитные характеристики и комфорт во время работы. Эффективное сотрудничество между производителями, исследовательскими учреждениями и пожарными службами является ключом к созданию надежной и устойчивой экипировки, способной защищать здоровье и жизнь пожарных в критических ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалов, И. В. Основы обеспечения безопасности труда пожарных. Москва: Издательство РГУПС, 2020.
2. Астапов, В. Ю. Специальная одежда и средства индивидуальной защиты: современные технологии и материалы. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2019.
3. Белов, С. П. Безопасность на пожарах: Практическое руководство для пожарных. Казань: Издательство Казанского университета, 2021.
4. Семенов, А. Н. Человек и огненное бедствие: Психология и безопасность. Москва: Издательство МГУ, 2018.
5. Жукова, М. С. Теоретические и практические аспекты использования СИЗОД в экстренных ситуациях. Москва: Издательство НТТ, 2022.
6. Фролов, Д. А. Надежность и жесткость защитных материалов. Журнал "Материалы и технологии", 2017, 34(2), 145-152.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ, МЕХАНИЗМОВ, АГРЕГАТОВ, МАШИН

<i>Альбах В.А.</i> Универсальная система впрыска топлива Foxinj 1.3	3
<i>Андреев В.И., Давыдов М.В., Яковенко Т.А.</i> Перспективы использования и проблемы управления мобильной робототехникой при тушении пожаров.....	6
<i>Бараиш А.Л.</i> Прогнозирование показателей надежности механических систем при нетипичных отклонениях их значений	9
<i>Белышев И.А., Покровский А.А.</i> Применение систем встроенного диагностирования для определения неисправностей коробок передач	13
<i>Висаитов А.Р., Покровский А.А.</i> Анализ установок для конвективной сушки пожарных рукавов	17
<i>Волокушин Р.В., Бараиш А.Л.</i> Построение модели множественной регрессии показателей надежности машин и механизмов	20
<i>Гасанов Ш.М., Зарубин В.П.</i> О необходимости применения осушителя сжатого воздуха для работы пневматического инструмента	23
<i>Егоров С.А., Жумай Д.Е.</i> Повышение надежности трубопроводов электростанций	27
<i>Жирнова Е.А., Снежко А.А.</i> Совершенствование надежности технических изделий на основе неразрушающих методов контроля.....	30
<i>Капов Р.Р., Наминов В.А., Иванов В.Е.</i> Современные способы ремонта деталей пожарных автомобилей.....	36
<i>Ковалёв В.В., Зенкевич Д.В., Ермолаев Д.В.</i> Обоснование требований к бензоэлектрическому источнику тока для энергообеспечения в полевых условиях	40
<i>Колобов А.Б., Воробьев П.А., Шумилов К.А., Шпаков Е.С.</i> Разработка лабораторного практикума по технологии вибромониторинга, основам вибродиагностики и виброналадки роторных машин	45
<i>Колобов А.Б., Огурцов Ф.Б., Птицын Д.М.</i> Разработка модели изменения диагностических признаков дефектов в задачах предиктивной аналитики	52
<i>Колобов А.Б., Огурцов Ф.Б.</i> Статистический анализ вибрации подшипника качения с дефектом внутреннего кольца	59
<i>Коломенский А.Б., Шахов С.В., Коломенский Б.А., Емельянов И.И., Кочегаров А.В.</i> Повышение работы по распространению трещин при испытаниях на ударную вязкость титанового сплава высокой прочности.....	65
<i>Куприянов М.Е., Ведерникова И.И.</i> Повышение надёжности конструкции вала путем модернизации конструкции	69
<i>Куртов С.О., Малый В.П., Макаров В.М.</i> Анализ существующих способов повышения надежности насосно-рукавных систем при тушении пожаров в условиях отрицательных температур окружающей среды	71
<i>Менделеев Д.И., Потапов А.А.</i> Анализ режимов работы винтовых компрессоров и их влияние на надежность работы парогазовых установок.....	75
<i>Панченко С.Л.</i> Интенсификация процесса охлаждения воздуха в воздухо-воздушном теплообменнике авиационного турбореактивного двигателя	81

Полоса Б.А., Сараев И.В. К вопросу повышения надёжности напорных пожарных рукавов	85
Рыбаков Н.А., Пучков П.В. К вопросу о модернизации подъемно-транспортных устройств для проведения ремонта и обслуживания пожарной техники.....	88
Салихов И.Ф., Пучков П.В. Анализ надежности автомобильных шин в районах с экстремально-низкими температурами.....	92
Смирнова О.А., Пучков П.В. Сравнительный анализ роторного и поршневого двигателей внутреннего сгорания	96
Сырейщиков Н.А., Иванов В.Е. Восстановление резьбовых соединений, применяемых в пожарных автомобилях	101
Тангатаров И.Ф., Пучков П.В. Ударная вязкость некоторых алюминиевых сплавов, применяемых в пожарно-техническом оборудовании	105
Токарев А.В. Определение критерия технологической пластичности при прокатке режущих инструментов из быстрорежущей стали.....	108
Фомичев Л.Ю., Жарков О.И. Программа для расчета надежности автоматической пожарной сигнализации	112
Широухов А.В. Особенности работы подшипников качения в условиях ударных нагрузок	117

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Белоногов В.Г. Разработка системы управления многофазным синхронным электроприводом с улучшенными виброшумовыми характеристиками	123
Бурлаков А.А. Контроль технического состояния средств связи	130
Волкова М.Ю. Использование САПР для моделирования, автоматизации проектирования и визуализации объектов в учебном процессе	135
Волкова М.Ю., Березина Н.С., Березина С.С. Использование САПР для моделирования, проектирования и визуализации объектов на примере снежинки Коха.....	138
Волкова М.Ю., Николаев А.Д. Актуальные проблемы исследования систем отображения информации в конструировании машин и механизмов	141
Волкова М.Ю., Смирнова С.А. Исследование проблем влияния освещенности при расчетах и в конструировании машин и механизмов	144
Воронова М.Ю., Чекан Г.В. Сравнение надёжности генераторов ТВФ-60-2 и ТЗВ-63-2УЗ в районах Крайнего Севера.....	148
Гарелина С.А., Латышенко К.П., Любкин Р.Н. Обоснование выбора базового шасси для подвижной метрологической лаборатории, используемой в МЧС России.....	153
Гарелина С.А., Латышенко К.П., Любкин Р.Н. Методика выбора базового шасси для подвижной метрологической лаборатории МЧС России	159
Голубева Е.С., Макаров Е.В., Зарубина Е.В., Никифоров А.Л., Шмелева Т.В., Шмелев А.С. К вопросу о создании устройства для изготовления нового отделочного строительного материала	164
Горшков С.В., Ведерникова И.И. Расчет усилий гибки.....	167
Горшков С.В., Ведерникова И.И. Расчет напряжений при пластической деформации металла	172

Грачев И.А., Морозов Н.А. Возможности диагностики эксцентриситета рабочего зазора синхронной машины по коэффициенту смещения поля.....	178
Дадиев И.А., Топоров А.В. Разработка подъемного устройства для ремонта пожарной техники.....	183
Жаков П.Ю., Пучков П.В. Разработка конструкции подъемного устройства для модернизации сушильной башни шахтного типа.....	185
Жерехов Н.Д., Иванов В.Е. Разработка конструкции шестиколесного робота для проведения разведки в условиях чрезвычайных ситуаций	190
Зинченко С.В., Кропотова Н.А. Модернизация ручного ствола пожарного для использования в качестве ствола высокого давления	193
Зылёв Л.И., Сараев И.В. Разработка и проектирование рукавного экрана	198
Иванов Н.Ю., Зарубин В.П., Демин А.Д. Предложения по модернизации катушки ствола-распылителя высокого давления для повышения ее мобильности.....	202
Исраилов А.В., Зарубин В.П. Предложения по модернизации вспомогательного автомобиля для материально-технического обеспечения боевых пожарных подразделений.....	206
Кабанов С.В., Ларина А.И., Натареев С.В. Роторный кавитационный диспергатор для приготовления эмульсий и суспензий	210
Киселев В.В., Суровегин А.В., Кузнецов И.А. Предложение по созданию пожарного транспортного средства для борьбы с ландшафтными пожарами.....	214
Колобов М.Ю., Ротов И.А., Александров Ю.Н. Малогабаритная центробежная мельница для измельчения извести.....	218
Колобов М.Ю., Ялышев Ф.Н. Влияние конусной части корпуса гидроциклона на эффективность очистки суспензии.....	221
Колпаков Д.Э., Макулов Д.М., Топоров А.В. Разработка конструкции модульного многофункционального каремата.....	225
Копосов В.Н., Романов А.В., Левинский Д.А. Обоснование и выбор систем автоматизированного проектирования в машиностроении.....	228
Кузнецова Н.Н., Сафонова Н.Л. Построение модели автоколебаний колес в процессе торможения автомобиля.....	231
Курицын В.Е., Рябиков А.А., Натареев С.В. Разработка ионообменного аппарата с загрузкой целлюлозосодержащим сорбентом.....	234
Ламонов Д.А., Татаринцев В.А. Оценка остаточного ресурса нефтепроводов после диагностики	238
Левинский Д.А., Ведерникова И.И. Разработка компактного пульта управления системы ЧПУ металлорежущего станка	246
Легкова И.А., Алтынбаев И.Н. Модернизация конструкции подъемника для проведения ремонта узлов пожарных автомобилей агрегатным методом	249
Легкова И.А., Зарубин В.П., Лашкин М.Д. Предложения по модернизации механического съёмника	252
Лях Р.В., Хармич Л.Л., Иванов В.Е. Анализ методов и технологий сушки пожарных рукавов	256
Марков А.И., Ларина А.И., Натареев С.В. Методика расчета аппарата с фонтанирующим слоем адсорбента	259

Масляев А.А., Ведерникова И.И. Разработка установки для проверки и регенерации катализатора рекомбинаторов водорода.....	263
Мельничук Д.А., Заболотских М.А., Косицкий С.С. Методы проектирования и изготовления узлов и механизмов, направленные на повышение их технических характеристик.....	267
Мирза С.В., Топоров А.В., Иванов В.Е. Разработка конструкции прицепного устройства для транспортировки неисправного автомобиля.....	269
Михайлишина А.А., Ноздрин М.А. Расчет модели конструкции теплообменного аппарата.....	272
Муратова А.А., Голубева Е.С., Зарубина Е.В., Никифоров А.Л., Шмелев А.С. Научно обоснованный подход к организации производства теплоизолирующего материала из промышленных отходов.....	275
Мухаметов Ю.С., Межидов И.И., Зарубин В.П. Эксплуатация и техническое обслуживание пожарных автомобилей при тушении крупных пожаров в северных регионах.....	278
Нагорнов И.В., Зарубин В.П. Предложения по модернизации смотровой канавы для проведения ремонта пожарных автомобилей	282
Павлюкова Н.Л., Каприльянц А.А. Разработка конструкции машины по переработке пластика	287
Пономарев М.Р., Легкова И.А., Борейко М.В. Анализ устройств для стабилизации аварийного транспортного средства	291
Попов К.Е., Ведерникова И.И. Определение параметров точности изготовления изделия	294
Пустовалов И.А., Пустовалова Н.С., Фролов Д.В., Токарева О.В. Особенности подготовки модели для линейного статического расчета в Компас-3D	299
Романова А.А., Егорычева Е.В. Проектирование помещений с применением 3D-прототипирования и виртуальной реальности.....	304
Романова А.А., Егорычева Е.В. Разработка цифровых макетов по противопожарной безопасности с созданием эффекта огня	307
Рябинин В.В., Терентьев В.В. Колесная муфта свободного хода двухстороннего действия	310
Сайнароев К.Б., Топоров А.В., Данилов С.П. Разработка способа и устройства для перемещения легкового автомобиля одним пожарным.....	314
Сафонова Н.Л. Модель замкнутой емкостной системы акселерометра.....	316
Сафронов В.Е., Кропотова Н.А. Теория и практика использования полезной энергии для повышения эффективности пожаротушения в условиях низких температур	319
Смеян М.А., Чижов Н.В., Косицкий С.С., Узлов А.В. Разработка конструкции быстромонтируемой канатной дороги (БМКД) и описание возможностей ее применения	323
Сопот В.Н., Косицкий С.С., Заболотских М.А. Многокритериальная оценка аэродромных пожарных автомобилей	327
Спирин Б.Л., Токарева О.В. Методики определения динамических комплексных модулей упругости для пористых материалов	332
Спландер П.В., Сайкин М.С. Моделирование магнитного поля магнитожидкостного датчика вибраций в программной среде QUICK FIELD	337
Стюфляев В.Е., Кукушкина В.А. Станки для ювелиров и художественного производства.....	342

Твердынин Н.М., Шарифуллина Л.Р. Сравнительный анализ коррозионно-механической устойчивости силикатных и металлических материалов при разрушении.....	347
Тихомиров А.Р., Ноздрин М.А. Моделирование соединений элементов авиационных конструкций.....	350
Топорова Е.А., Шамров Д.Д. Разработка модернизированной системы получения и записи данных на разрывной машине РМП-500	355
Фишер Е.М., Зарубин В.П. О необходимости проектирования отдельного стационарного поста для оперативного реагирования служб спасения при ДТП.....	358
Червоноокая С.М. Моделирование механических систем в обучении инженеров противопожарного профиля с использованием КОМПАС-График	363
Черивханова А.К., Пучков П.В. Разработка конструкции комбинированного пожарного инструмента для тушения низовых ландшафтных пожаров	368
Шаматов И.И., Киселев В.В. Анализ применения беспилотных авиационных систем при мониторинге и тушении пожаров	371

ПРОБЛЕМЫ ИЗНОСА В МАШИНАХ И МЕХАНИЗМАХ

Абахтимова А.С., Романов А.В., Ведерникова И.И., Егоров С.А. Пленкообразующие смазочные материалы.....	375
Баскакова А.В., Синодеева П.И., Ведерникова И.И., Егоров С.А. Применение смазочно-охлаждающих технологических средств на операциях резания	381
Белова А.А., Терентьев В.В. Очистка загрязненных трансмиссионных масел.....	385
Бойцова В.В., Колобов М.Ю. Порошковый антифрикционный композиционный материал.....	390
Катаев К.А., Топоров А.В. Исследование процесса трения пожарного рукава о поверхность при перетаскивании	393
Колобов М.Ю., Думкина М.Ю., Колобова В.В. Исследование износа конструкционных материалов в условиях абразивного изнашивания	395
Смирнов В.С., Заболотских М.А., Фадеев Ю.К. Влияние низких температур на износ автотранспортных средств.....	398
Смирнова Ю.М. Перспективы использования технологий обработки металлических поверхностей с помощью ускоренных ионов	401
Твердов И.В., Терентьев В.В., Гвоздев А.А. Исследование триботехнических характеристик покрытий, полученных методами химико-термической обработки чугуновой поверхности.....	405
Терентьев В.В., Рузанов В.А., Коньков И.В., Рябинин В.В. Исследование стойкости к условиям абразивного изнашивания упрочненных стальных поверхностей	410
Топоров А.В. Определение количества смазочного материала в структуре образца трения, изготовленного с использованием технологии 3D-печати	414
Филатов А.М., Егоров С.А. Изменение температуры инструмента при лезвийном резании с различными средствами охлаждения.....	417
Хобта Н.Р., Ведерникова И.И., Власов А.М. Применение смазочно-охлаждающих технологических средств на операциях резания.....	420

ПЕДАГОГИКА И МЕТОДОЛОГИЯ ОБЩЕЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПОЖАРНЫХ И СПАСАТЕЛЕЙ

Батенков К.А. Анализ коэффициента потери кадров и классификация сетей Frame Relay на основе статистических данных.....	425
Бубнов А.Г., Сараев И.В. Перспективы оптимизации выбора технических решений для психологической поддержки работников МЧС России.....	428
Кайбичев И.А. Оценка обстановки с гибелью людей на пожарах, связанных с неисправностью производственного оборудования и нарушением технологического процесса производства.....	434
Крашенинникова Е.А., Легкова И.А., Коклданов Б.А. Анализ средств защиты пожарного от тепловых воздействий	440
Молодцова Н.А., Кропотова Н.А. Альтернативные материалы в строительстве: свойства и пожарная безопасность.....	444
Никитин А.Ю., Федяшина М.А., Гулева Л.В. Сравнительный анализ программных комплексов «КОМПАС-3D» и «napoCAD» для использования в учебном процессе высших учебных заведений.....	451
Птюшкин Д.А., Никитин А.Ю. Использование 3D-моделирования в деятельности МЧС.....	455
Сидоров А.А. Применение новейших технологий виртуальной реальности в обучении пожарных	460
Токарева О.В., Фролов Д.В. Высокая абстрактность содержания дисциплины инженерная графика.....	463
Токарева О.В., Фролов Д.В., Пустовалов И.А. Тематический конкурс по компьютерной графике и 3-D моделированию, посвященный 35-летию МЧС России	467
Чекалов В.Д., Яковенко Т.А. Проблемы и перспективы эксплуатации СИЗОД у пожарных	470

НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XVI ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ИВАНОВО, 17 АПРЕЛЯ 2025 г.**

Издается в авторской редакции

Подготовлено к изданию 15.05.2025 г.
Формат 60×90 1/8. Усл. печ. л. 60. Заказ № 323

Отделение координации научной
и редакционно-издательской деятельности
научно-технического отдела
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33

ISBN 978-5-907492-79-0



9 785907 492790 >