



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 XV ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ИВАНОВО, 18 АПРЕЛЯ 2024 г.**

MACHINES AND MECHANISMS RELIABILITY AND DURABILITY

**COLLECTION OF MATERIALS OF THE XVth ALL-RUSSIA
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE IVANOV, APRIL 18, 2024**

Иваново 2024

УДК 621+614.842
ББК 30
Н 17

Надежность и долговечность машин и механизмов : сборник материалов
Н 17 XV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля
2024 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС
МЧС России, 2024. – 500 с. – ISBN 978-5-907492-42-4

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.

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 of conference participants, reflecting the results of scientific research in the following areas: improving the reliability and durability of parts, mechanisms, assemblies, machines; actual problems of calculation and design of machines and mechanisms; modeling, control, automation of the design of mechanical systems; wear problems in cars and mechanisms.

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 978-5-907492-42-4

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 2

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

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

V.A. Albakh

FOXINJ 2 UNIVERSAL FUEL INJECTION SYSTEM

Abstracts: 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 ранее универсальная система электронного впрыска на базе платы Ардуино, под управлением процессора ATMEGA 328P получила новые возможности использования.

В 2020 году разработана универсальная система впрыска FoxInj, позволяющая заменить карбюраторную систему смесеобразования на инжекторную, без внесения изменений в проводку и конструкцию двигателя транспортного средства. В 2021 году были проведены первые тесты, а в 2022 году разработана первая печатная плата FoxInj 1.2 (рис. 1), в возможностях которой было подключение к системе зажигания для определения момента впрыска. Время впрыска формировалось чтением данных с ДПДЗ, ДАД и датчика температуры.



Рис. 1. Плата FoxInj1.2

В 2023 году произведено испытание на работоспособность и выносливость системы поездкой от Тулы до Керчи и Санкт-Петербурга [1], что позволило проверить систему в условиях жары и высокой влажности. Испытания показали:

- высокую надежность
- снижение перегрева двигателя, связанное с обеднением смеси
- равномерный расход топлива
- стабильно высокую мощность
- легкий запуск двигателя.

Также был выявлен и недостаток: после замены датчика положения дроссельной заслонки, система работала не стабильно, связано это с тем что, датчики производятся с большими допусками и не имеют единого сопротивления. Проблема была решена путем добавления автоматической адаптации датчиков при каждом включении, что позволило использовать датчики с разным сопротивлением. Следующим шагом было развитие системы для подключения к различным системам зажигания, например, CDI. Такое зажигание распространено на двигателях мотоциклов, квадроциклов, мотособаках и т.д., эти транспортные средства зачастую эксплуатируются в сложных погодных условиях. где карбюраторная система зажигания не всегда эффективна.

В данном случае основная сложность заключалась в подключении к системе зажигания. Невозможно было считать сигнал с катушки зажигания, система CDI работает иначе, чем транзисторная. Решением стало подключение напрямую к датчику коленчатого вала [2]. Однако, данный датчик работает по индуктивному принципу, а значит появляется необходимость преобразовывать аналоговый сигнал датчика в цифровой.

Для решения данной задачи в блок управления был внедрен аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) (рис. 2).

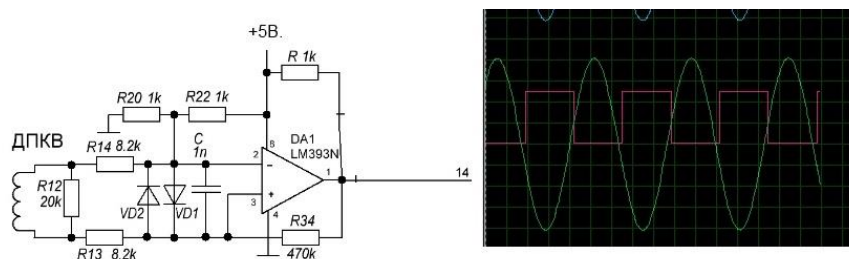


Рис. 2. Схема АЦП

Параллельно этому было организовано чтение датчиков холла, что в отдельных случаях позволяет использовать фазированный впрыск. Все эти три возможности получил ЭБУ FoxInj 2 (рис. 3). Так же сокращено количество проводки за счет питания датчиков единой шиной.

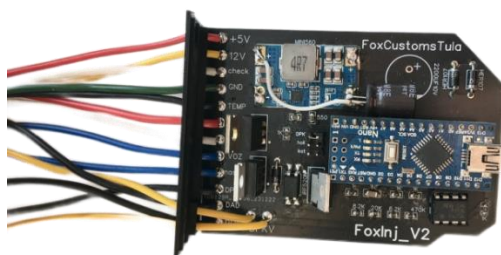


Рис. 3. Плата FoxInj 2

Проверка системы АЦП производилась на кроссовом мотоцикле. Данный тип мотоциклов (по большей части комплектующийся карбюраторной системой питания) испытывает сложности во время преодоления крутых подъемов, из-за изменения уровня топлива в поплавковой камере карбюратора. Использование инжекторной системы позволило сохранять качество смеси в разных положениях транспортного средства. Добавленная функция предпускового впрыска топлива позволяет легче запускать двигатель, путем обогащения смеси, перед запуском транспортного средства [2].

Дальнейший план работ направлен на расширение области применения системы. В частности, адаптация для работы дизельными двигателями, что позволит не только упростить их настройку и запуск, но и заменять вышедшие из строя импортные блоки управления, так как на данный момент остро стоит проблема импортозамещения. Параллельно этому разрабатывается более компактная версия платы для использования в технике, где требуются малые размеры компонентов. Несмотря на доработки и расширение функционала, система сохранила возможность корректировки всех функций без покупки и использования специализированного софта, это позволяет малозатратно использовать ее как в практических, так и учебных целях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Монк С. Профессиональная работа со скетчами // Питер, 2017. №3. С. 251.
2. Гирявец А.К. Теория управления автомобильным бензиновым двигателем // Стройиздат, 2018. №1. С. 67-68.
3. Datasheet atmega 328/P, №2 [Электронный ресурс] URL: www.static.chipdip.ru/lib/549/DOC001549488.pdf

УДК 621.8

М.С. Андрюшенко, В.П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ УСТРОЙСТВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ДЛЯ СКАТКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ, И СБОРА РУКАВНЫХ ЛИНИЙ

Аннотация: материал статьи посвящен вопросу сбора пожарных рукавных линий после завершения работ по ликвидации чрезвычайных ситуаций; сделан акцент на механизации процесса скатки рукавов, снижении физической нагрузки на пожарных, уменьшении времени сбора пожарно-технического вооружения; особое внимание уделяется конструкциям и приспособлениям, которые можно рекомендовать для использования в большинстве пожарно-спасательных частях с минимальными экономическими затратами.

Ключевые слова: пожарный рукав, рукавная линия, пожарный автомобиль, скатка пожарных рукавов.

M.S. Andryushenko, V.P. Zarubin

RECOMMENDATIONS ON THE SELECTION OF DEVICES AND DEVICES FOR ROLLING FIRE HOSES AND COLLECTING HOSE LINES

Abstract: the material of the article is devoted to the issue of collecting fire hose lines after the completion of emergency response; emphasis is placed on the mechanization of the sleeve rolling process, reducing physical exertion on firefighters, reducing the time for collecting fire-technical weapons; special attention is paid to structures and devices that can be recommended for use in most fire and rescue units with minimal economic costs.

Keywords: fire hose, sleeve line, fire truck, rolling fire hoses.

Пожарные автомобили укомплектованы в зависимости от назначения различным пожарно-техническим вооружением. Спецоборудование для обнаружения людей, оборудование для защиты органов дыхания, механическое и ручное оборудование, а также оборудование для перекачивания жидкости и ее сбора необходимо пожарным-спасателям для выполнения поставленных задач при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций и тушении пожаров. Каждое устройство и оборудование предназначено для выполнения конкретной задачи и применяется по мере необходимости. Однако стоит отметить, что чаще всего, при тушении пожаров, используют пожарные рукава [1, 2]. Без них провести работы по тушению пожара, практически, невозможно. Всасывающими, напорно-всасывающими и напорными рукавами укомплектованы пожарные автоцистерны и рукавные пожарные автомобили.

В зависимости от сложности выполнения боевой задачи по тушению пожара вид рукавов и их количество может быть разное. При тушении масштабных пожаров, или при перекачки огнетушащего вещества на большие расстояния прокладываются рукавные линии на сотни метров состоящие из большого количества рукавов. Много физических сил и мастерства требуется от пожарных при выполнении такой работы. От скорости разворачивания зависит результат работы, спасение людей и имущества. Но не только на разворачивание сил и средств затрачиваются силы и время, но и на сбор пожарно-технического вооружения. Уставшим от работы пожарным требуется приложить еще усилие чтобы собрать рукава и другое оборудование. Нормативная документация не содержит перечня конкретных действий при сборе оборудования и рукавов поэтому этот вид работы каждое подразделение и каждый пожарный выполняет в зависимости от сложившейся ситуации, особенностей территории, погодных условий и других обстоятельств.

Из всего пожарно-технического вооружения наибольших усилий при сборке после пожара требуют рукавные линии. Самым простым и распространенным способом сбора рукавов после их использования является скатка или сбор рукавов «восьмеркой».



Рис. 1. Способы сбора рукавов после пожара:
а — сбор рукава в двойную скатку; *б* — сбор рукава «восьмеркой»

Линии большой протяженности, частично заполненные водой или другим огнетушащим веществом, тяжелые, очень часто загрязненные требуют от пожарных значительных физических затрат. Поэтому для облегчения труда пожарных разрабатываются различные приспособления, помогающие в скатке рукавов и сборе рукавных линий. Разработками в этом направлении занимаются не только конструкторские бюро, но и сами пожарные. Существует несколько основных типов конструкций скатывающих приспособлений с приводом от физических усилий пожарного. Самым простым по конструкторской компоновке является ручной коловорот (рис. 2).



Рис. 2. Ручной коловорот для сбора рукавов в двойную скатку

Простое по конструкции приспособление предназначено для скатки рукава в двойную скатку. Для этого пожарному необходимо середину рукава вставить в вилку коловорота и привести его во вращение мускульной силой относительно вертикальной оси. При этом рукав начнет закручиваться вокруг стержня коловорота образуя скатку. Завершив скручивание рукава коловорот вынимается из скатки рукава, а скатка переносится к пожарному автомобилю. Простота конструкции, легкость, надежность, небольшие габаритные размеры являются преимуществом данного приспособления, но значительная физическая нагрузка при выполнении работ накладывает определенные ограничения на скатку большого количества рукавов. Кроме этого, для скатки рукавов с помощью коловорота необходимо разобрать рукавную линию и скатывать рукав по отдельности проходя вдоль линии.

Следующие приспособления для скатки рукавов можно объединить в одну группу. Объединяющим их является то, что принцип их работы заключается в наматывании рукава на ось или барабан в горизонтальном положении. Приведение в движение таких приспособлений осуществляется приложением мускульного усилия (рис. 3).



Рис. 3. Приспособления для скатки рукавов барабанного тапа

Компактные по размерам, простые по конструкции приспособления для скатки рукавов могут крепиться к переносным лестницам или лестницам на пожарных автомобилях. Принцип работы таких устройств заключается в том, что рукава подтягиваются к приспособлению серединой крепятся в зажим и скручиваются в двойную скатку при вращении ручки устройства. Такими приспособлениями можно скатывать напорные рукава различных диаметров прикладывая минимальное количество усилий на удержание приспособления. За счет крепления к лестницам оно возможности горизонтального перемещения при скатке.

Переносные установки для скатки рукавов чаще используют на рукавных базах при скатке рукавов после сушки или перекачивании на новое ребро при длительном хранении [3], рис. 4.



Рис. 4. Переносные приспособления для скатки рукавов барабанного типа

Использование таких приспособлений для сбора рукавных линий после пожара не обосновано большими габаритами устройств и неудобством транспортировки на пожарных автомобилях.

В отдельную группу стоит выделить устройства для скатки рукавов с возможностью транспортировки скаток к автомобилю (рис. 5).



Рис. 5. Мобильное приспособления для скатки и транспортировки пожарных рукавов

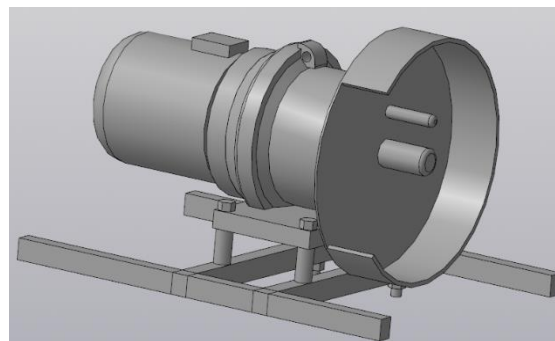


Рис. 6. Приспособление для скатки пожарных рукавов с электроприводом

Преимуществом такого устройства является возможность снизить нагрузку на пожарного при сборе рукавных линий, за счет исключения необходимости переноски рукава. Кроме этого, расположенная внутри рамы цепная передача от ручки к вилке для крепления рукава повышает крутящий момент снижая усилие на рукоятке.

В настоящее время, для скатки рукавов после пожара, разрабатываются специальные устройства барабанного типа с электроприводом, устанавливаемые в отсеках пожарных автомобилей. Модель такого устройства представлена на рис. 6.

Использование в конструкции устройства мотор-редуктора позволяет создавать большие крутящие моменты на рабочем барабане [4]. Это дает возможность собирать рукавную линию, проложенную от автоцистерны не разъединяя рукава, а подтягивать линию к автомобилю. Первый от автомобиля рукав закрепляется на барабане установки и скатывается в одинарную скатку подтягивая следующие рукава за собой. После скатки одного рукава порядок действий повторяется для скатки последующих. Таким образом устройство для скатки рукавов с электрическим приводом позволяет значительно снизить нагрузку на пожарных при сборе пожарнотехнического вооружения после пожара.

Изучение материала по вопросу скатки пожарных рукавов и сбору рукавных линий указывает на проблемные моменты при выполнении этой необходимой операции. Основная сложность, возникающая при сборе пожарнотехнического вооружения, заключается в затрате большого количества сил пожарных и затратах времени на сбор. Поэтому вопрос облегчения труда при сборе рукавных линий актуален и стоит достаточно остро. Существующие приспособления и механизмы частично решают проблемные вопросы скатки рукавов, но не решают их полностью. Ручные приспособления лишь частично снижают нагрузку, а автоматизированные приспособления имеют большие габаритные размеры и требуют финансовых затрат на установку и эксплуатацию. Таким образом, оснащение пожарных автомобилей тем или иным оборудованием должно иметь четкое обоснование. Так, например, при работе с небольшим количеством рукавов автоцистерны достаточно укомплектовать ручными приспособлениями для скатки, а в случае необходимости прокладки рукавных линий большой протяженности, укомплектовать пожарную автоцистерну устройствами для скатки рукавов с электроприводом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на полезную модель № 220671 U1 Российская Федерация, МПК В25В 25/00. Устройство для навязки проволоочных хомутов: № 2023117311: заявл. 29.06.2023: опубл. 28.09.2023 / И. А. Малый, И. Ю. Шарбанова, П. В. Пучков [и др.]; заявитель ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России.
2. Пучков, П. В. Разработка конструкции устройства для создания проволоочного хомута на соединительной арматуре / П. В. Пучков, В. Е. Иванов, В. П. Зарубин // Современные проблемы гражданской защиты. 2023. № 2(47). С. 107-113.
3. 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: ФГБОУ ВО ИПСА ГПС МЧС России, 2022. С. 303-307.
4. Зарубин, В. П. Принципиальная конструкция механизированного устройства для скатки рукавных линий / В. П. Зарубин // Пожарная и аварийная безопасность: Сборник материалов XV международной научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России, Иваново, 17–18 ноября 2020 года. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2020. С. 185-187.

УДК 656.135

Е.С. Бабенко, Д.Х. Муллоянов

Дальневосточная пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ТОРМОЗНОЙ КАМЕРЫ

Аннотация: в данной работе отражены способы совершенствования тормозной системы и решение проблемы, а именно уменьшение тормозного пути и повышение надежности тормозной системы грузового автомобиля КАМАЗ.

Ключевые слова: транспорт, энергоаккумулятор, пневмопривод, тормозные системы.

E.S. Babenko, D.Kh. Mulloyanov

MODERNIZATION OF THE BRAKE SYSTEM OF THE KAMAZ TRUCK BY DEVELOPING AN IMPROVED BRAKE CHAMBER

Abstracts: this paper reflects the ways to improve the braking system and solve the problem, namely, reducing the braking distance and increasing the reliability of the braking system of a KAMAZ truck.

Keywords: transport, energy storage, pneumatic drive, brake systems.

Различные виды транспорта — одна из отраслей народного хозяйства. Включает в себя различные виды транспорта, такие как автомобильный, железнодорожный, водный, воздушный. Транспорт не производит какой-либо никакой продукции, но без него невозможно функционирование всех других отраслей народного хозяйства, поэтому материальным продуктом транспортного процесса следует считать вещественное перемещение грузов.

Постоянный процесс усложнения конструкции автомобиля не мог не отразиться и на тормозной системе. В настоящее время подавляющее большинство грузовых автотранспортных средств выпускается с пневмоприводами «второго» поколения. Это так называемые многоконтурные тормозные системы, удовлетворяющие Правилам № 13 ЕЭК ООН, а также отечественным требованиям по безопасности дорожного движения [1]. Необходимость выполнения многочисленных и жестких требований привела к тому, что привод осложнился многочисленными аппаратами, магистральями и органами управления».

«При имеющихся положительных качествах многоконтурных тормозных приводов автомобилей семейства КамАЗ наиболее частыми неисправностями являются утечки воздуха из-за нарушения герметичности уплотнительных колец, манжет, поломки пневмоприводов, замерзание влаги в приводе при отрицательных температурах. Следует обратить внимание на неисправности стояночного тормозного контура, так как от его работы зависят технико-экономические показатели автомобиля и безопасность движения».

Основным назначением данной статьи, является получение сбалансированной, надежной конструкции пружинного энергоаккумулятора, обеспечивающей длительный срок, безотказной работы тормозной системы и автомобиля в целом [3]. Улучшив и расширив функционал энергоаккумулятора, необходимо внести существенные изменения в действующую конструкцию.

Во время эксплуатации возникает необходимость остановки и стоянки автомобиля на наклонной поверхности дороги, для избегания самопроизвольного скатывания, на крупных автобусах и грузовиках массой более восьми тонн, управляет работой колодок, посредством пружины, энергоаккумулятор. У грузовых автомобилей марки КАМАЗ применена аналогичная тормозная система с пружинным энергоаккумулятором поршневого типа, надежная конструкция пружинного энергоаккумулятора, разработана и внедрена в производство в пятидесятых годах девятнадцатого века (рис. 1).

Изменения функционала энергоаккумулятора, обусловлены вносим необходимостью изменением конструкции, в части добавлены дополнительные элементы, расширяющих возможности энергоаккумулятора. Для ручной разблокировки механизма фиксатора применяется винт ручного отключения тормоза, вкручивающийся по нарезанной резьбе, осевого отверстия в цилиндре энергоаккумулятора, смещая распорный золотник 2, втягивающим сердечником управляющего электромагнита 1 [5]. На стенке направляющего поршня 4, цилиндра, радиально выполнено шесть сферических углублений, равных диаметру упорных шариков 14. В поршень вмонтирован механизм фиксации силовой пружины, состоящий из шести упорных стальных шариков.

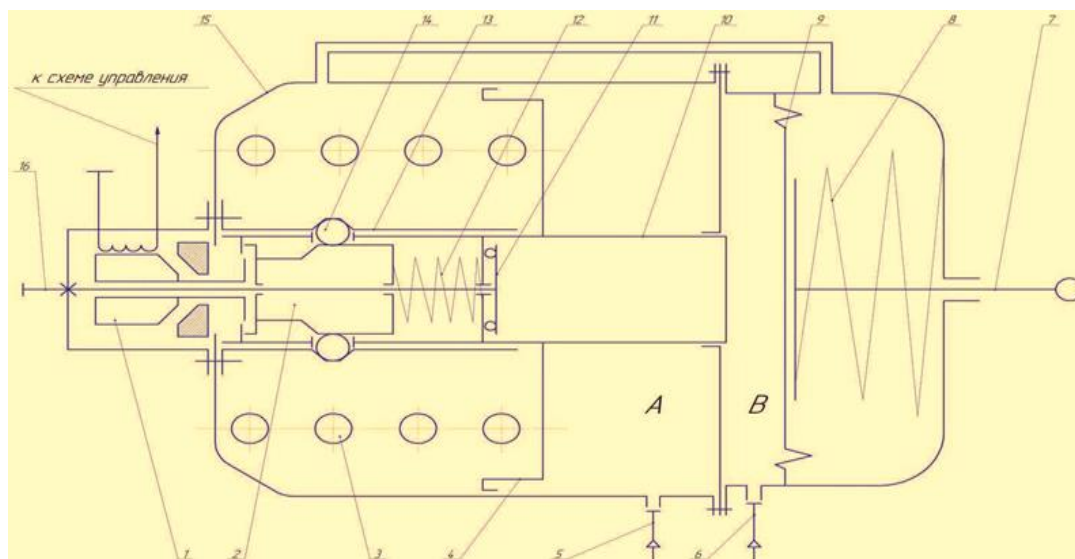


Рис. 1. Энергоаккумулятор: 1 – электромагнит; 2 – распорный золотник; 3 – силовая пружина; 4 – поршень; 5 – поток из стояночного контура; 6 – поток из рабочей тормозной системы; 8 – тормозная диафрагма; 7 – шток; 9 – пружина возвратная; 10 – толкатель; 11 – упорный подшипник; 12 – пружина фиксатора; 13 – втулка фиксатора; 14 – упорные шарики; 15 – сталь корпус

Встроенный электромагнит необходим для дублирования действий по сжатию силовой пружины давлением воздуха, или полного замещения, в аварийных ситуациях, поломки компрессора или разгерметизации тормозного контура. Утечка воздуха из системы или полная поломка компрессора, приводит к резкому срабатыванию энергоаккумулятора, распрямлению силовой пружины и как следствие, блокировке колес, тормозными колодками, создав неожиданно, аварийную ситуацию на проезжей части. Встроенный электромагнит, во время движения автомобиля, дублируя функциональные обязанности компрессора по поддержанию рабочего давления в тормозной системе и удерживая пружину в сжатом состоянии, предотвратит потенциальное дорожное происшествие [5].

В настоящее время необходим новый подход для проектирования тормозной системы.

Тормозная система грузового автомобиля КАМАЗ с ее элементами и механизмами конструкций тормозных камер требует внесения изменений в энергоаккумулятор пневматического и комбинированного типа.

В ходе усовершенствованная тормозной камеры с пружинным энергоаккумулятором необходимо применение устройства фиксирования поршня, позволяющее снизить в пневмоприводе потери сжатого воздуха, разгрузить компрессор и увеличить его ресурс, снизить расход топлива и повысить безопасность движения транспортного средства.

Относительная простота новой конструкции позволяет изготовить конструкцию усовершенствованного энергоаккумулятора в ремонтных мастерских автотранспортных предприятий.

Для решения проблемы предполагается научный подход к уменьшению тормозного пути и повышению надежности тормозной системы КАМАЗ.

В настоящее время для снижения вероятности риска дорожно-транспортного происшествия, водителю необходимо закрыть кран выхода воздуха из энергоаккумулятора, включить электромагнит, который сжимая силовую пружину поршнем, переместит толкатель влево, освободив место диафрагме со штоком выдавленным пружиной [1]. Вошедший в полость корпуса шток, вернет рычаг с разжимным кулаком, ослабив действие на тормозные колодки, позволяя колесам свободно вращаться. Второй вариант: закрыв кран выхода воздуха из энергоаккумулятора, завести двигатель, компрессор подаст сжатый воздух в полость А, созданное давление, сожмет силовую пружину поршнем, переместит толкатель влево, освободив место диафрагме со штоком выдавленным пружиной [5]. Вошедший в полость корпуса шток, вернет рычаг с разжимным кулаком, ослабив действие на тормозные колодки, позволяя колесам свободно вращаться.

Во время стоянки автомобиля на стояночном тормозе, необходимо выпустить воздух из энергоаккумулятора, выровняв давление с атмосферным, стравив избыточное, открыв специальный кран, предварительно отключив питание электромагнита, в результате чего, силовая пружина должна распрямляется, толкая цилиндр с толкателем, воздействуя на мембрану, выталкивая шток, поворачивающий разжимной кулак блокирующий вращение колес тормозными колодками [4].

При возникновении аварийной ситуации: поломки ресивера, отсутствие давления в одном из основных автономных контуров, для разблокирования колесных тормозов автомобиля, необходимо переключение тройного защитного клапана, который автоматически отключает неисправный, один из двух, воздушный контур, взамен подключая дополнительный, аварийного растормаживания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила ЕЭК ООН № 13 «Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств категорий М, N и О в отношении торможения». [Электронный ресурс] URL: <https://adrnk.ru/f/5166004.pdf>.
2. Перевязкин Ю.Д. Расчет закрытых зубчатых и червячных передач: Методические указания к курсовому проектированию. Архангельск: РИО АГТУ, 1995. 32 с. [Электронный ресурс] URL: https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/20113/1/Котов%20К.В._АТс-16016.pdf.
3. Прокофьев Г.Ф. Валы и оси. Муфты. Шпоночные и шлицевые соединения: Учебное пособие / Г. Ф. Прокофьев. Архангельск: Изд-во Арх. гос. техн. ун-та, 2003. 104 с. [Электронный ресурс] URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01002390073>.
4. Прокофьев Г. Ф. Основы конструирования: учебное пособие / Г. Ф. Прокофьев. Архангельск: АГТУ, 2006. 187 с. [Электронный ресурс] URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01003046588>.
5. Эрдеди А.А. Детали машин: учебник для студентов учреждений среднего профессионального образования. 5-е изд. перераб. и доп. М.: Академия, 2012. 106 с. [Электронный ресурс] URL: <http://www.engamika.ru/data/documents/Erdedi-A.A.-Tehnickeskaya-mehanika.-Uchebnik.pdf>.
6. Ярьсько П.С., Филиппов С.В. Тормозные системы большегрузных автомобилей КамАЗ. Ярославль, учебно-производственная фирма «КамАЗ», 1989. 124 с.: ил. [Электронный ресурс] URL: <https://www.centrmag.ru/catalog/product/tormoznye-sistemy-bolshegruznyh-avtomobilej-kamaz/>.

УДК 614.846.6

Д.А. Большаков, А.Н. Бочкарев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: в данной статье рассматриваются причины и последствия изменения технического состояния пожарного автомобиля. Анализируются факторы, влияющие на изменение состояния пожарного автомобиля, такие как эксплуатационные условия и возможные неисправности. Описываются последствия несоответствия технического состояния автомобиля требованиям безопасности и эффективности пожаротушения.

Ключевые слова: коррозия, усталостные разрушения, пластические деформации, изнашивание, пожарный автомобиль, техническое состояние

D.A. Bolshakov, A.N. Bochkarev

CAUSES AND CONSEQUENCES OF CHANGES IN THE TECHNICAL CONDITION OF A FIRE TRUCK

Abstracts: This article discusses the causes and consequences of changes in the technical condition of a fire truck. The factors influencing the change in the condition of a fire truck, such as operating conditions and possible malfunctions, are analyzed. The consequences of non-compliance of the technical condition of the car with the requirements of safety and fire extinguishing efficiency are described.

Keywords: corrosion, fatigue failure, plastic deformation, wear, fire truck, technical condition

Пожарные автомобили играют важную роль в системе пожарной безопасности. Однако, с течением времени и вследствие эксплуатации, техническое состояние автомобилей может изменяться, что негативно влияет на их функциональность и эффективность в тушении пожаров. Цель данного исследования — проанализировать причины изменения технического состояния пожарного автомобиля и выявить последствия таких изменений.

Основные причины изменения параметров конструкции и технического состояния пожарного автомобиля включают:

- нагрузка на элементы;
- перемещение элементов относительно друг друга;
- воздействие тепла, электричества и химически активных веществ;
- воздействие внешней среды, такой как влага, ветер, температура и солнечная радиация;
- действия водителя и другие факторы.

Во времени конструктивные параметры могут изменяться следующими способами: изнашивание, коррозия, усталостные разрушения, пластические деформации, температурные изменения, старение и другие процессы.

Изнашивание происходит из-за трения, которое зависит от материала, обработки поверхности, смазки, нагрузки, скорости перемещения и теплового режима. Это процесс постепенного разрушения материала поверхности детали и накопления деформации при трении. Изнашивание может привести к изменению размеров и формы деталей. Износ измеряется в линейных, объемных или массовых единицах. Интенсивность изнашивания определяется как отношение износа к показателю работы изделия, например, к пробегу автомобиля или числу циклов.

В практике технической эксплуатации пожарных автомобилей обычно выделяют различные виды изнашивания, такие как абразивное, усталостное, коррозионно-эрозионное, окислительное и электроэрозионное изнашивание, а также изнашивание при заедании, фреттинге и фреттинг-коррозии. Изнашивание при фреттинге, абразивное, эрозионное и усталостное относятся к механическому виду изнашивания, в то время как окислительное и изнашивание при фреттинг-коррозии относятся к коррозионно-механическому типу.

При преимущественно механическом разрушении поверхности, когда химические, тепловые и другие процессы не играют определяющей роли, интенсивность изнашивания определяется группами обобщенных факторов (рис. 1).

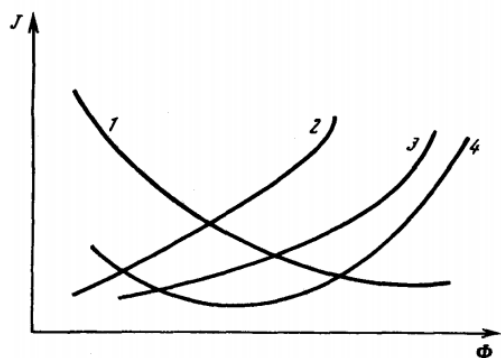


Рис. 1. Зависимость интенсивности изнашивания J от обобщенных безразмерных факторов [3]:

- 1 — $\Phi_{см}$, определяет относительную толщину смазочного слоя;
- 2 — Φ_n , характеризует напряженное состояние контакта, площадь фактического контакта сопряженных пар трения;
- 3 — Φ_u , характеризует усталостную прочность трущихся поверхностей;
- 4 — Φ_p , определяет влияние шероховатости на процесс изнашивания

Абразивное изнашивание возникает при воздействии режущих или царапающих поверхностей трения на твердые частицы между ними. Пыль и песок, попадая между трением деталей (например, тормозных колодок и барабанов) или в смазочные материалы узлов трения (например, шкворневых соединений, рессорных шарниров), ускоряют износ. В некоторых механизмах, например, кривошипно-шатунном, продукты изнашивания могут также действовать как абразивные частицы.

Эрозионное изнашивание происходит под воздействием потока жидкости, газа или твердых частиц на поверхность. На пожарном автомобиле это в первую очередь затрагивает рабочие поверхности выпускных клапанов двигателя и жиклеры карбюратора.

Усталостное изнашивание происходит из-за трения и циклической нагрузки, которые делают поверхностный слой материала хрупким и приводят к его разрушению. Это может привести к появлению трещин и ямок (питтинг) на поверхности.

Изнашивание при заедании возникает из-за схватывания и переноса материала с одной поверхности на другую, что приводит к образованию борозд, наростов, оплавлений и других повреждений. Этот вид изнашивания обусловлен местными

контактами между поверхностями, где под действием высоких нагрузок и скоростей происходит разрыв масляной пленки, нагрев и «сваривание» металлических частиц. При дальнейшем движении поверхностей происходит разрушение связей, что может привести к заклиниванию и разрушению механизмов, например, коленчатого вала при недостаточной смазке.

Окислительное изнашивание происходит в результате воздействия агрессивной среды на поверхности трения, что приводит к образованию непрочных пленок окислов. При механическом трении эти пленки снимаются, и обнаженные поверхности снова подвергаются окислительному воздействию. Этот процесс наблюдается на деталях, таких как цилиндропоршневая группа, гидроусилители, тормозные системы с гидроприводом и другие.

Износ при фреттинге представляет собой изнашивание поверхностей деталей при их возвратно-поступательных движениях с небольшими амплитудами. Если к этому добавляется агрессивное воздействие среды, происходит износ при фреттинг-коррозии. Этот вид износа может возникать в местах контакта вкладыша шеек коленчатого вала с постелью в картере и крышке, в различных соединениях, таких как заклепочные, болтовые, шлицевые и шпоночные, а также на рессорах.

Электроэрозионный износ проявляется в эрозии поверхности в результате воздействия разряда при прохождении электрического тока, например, между электродами свечи зажигания.

Пластические деформации и разрушения связаны с превышением пределов текучести или прочности у вязких (например, стальных) или хрупких (например, чугуновых) материалов. Обычно такие повреждения возникают из-за ошибок в расчетах или нарушений правил эксплуатации (например, перегрузки, неправильного управления пожарным автомобилем, дорожно-транспортных происшествий и т. д.). Иногда пластическим деформациям или разрушениям предшествует механическое износ, приводящее к изменению геометрических размеров и уменьшению запасов прочности детали.

Усталостные разрушения возникают при повторном воздействии нагрузок, превышающих предел выносливости материала детали. В результате накопления и роста усталостных трещин происходит усталостное разрушение деталей после определенного числа циклов нагружения. Улучшение методов расчета и технологии производства пожарных автомобилей, включая повышение качества металла и точности изготовления, а также устранение концентраторов напряжения, значительно снизило случаи усталостного разрушения деталей. Обычно такие разрушения наблюдаются в экстремальных условиях эксплуатации, например, при длительных перегрузках, или при низких и высоких температурах, в рессорах, полуосях и рамах.

Коррозия возникает из-за агрессивного воздействия окружающей среды на металлические детали, что приводит к окислению металла, ухудшению прочности и внешнему виду. Основными причинами коррозии являются соль, химические вещества, используемые на дорогах зимой, а также кислоты в воде и почве, компоненты отработанных газов автомобилей и их соединения. Коррозия обычно поражает детали кузова, кабины и рамы. Например, детали кузова, расположенные низко, подвержены абразивному износу от песка и гравия, которые попадают на поверхность при движении автомобиля. Влажность, особенно под слоем грязи на дороге, способствует коррозии металлических поверхностей, особенно в скрытых полостях и нишах.

Коррозия приводит к усталостному износу и разрушению, так как образует концентраторы напряжения на металлической поверхности в виде коррозионных язв. Этот вид разрушений часто встречается в местах сварки и крепления кронштейнов рессор. В автомобильной отрасли выделяют местную коррозию, которая чаще всего поражает кузовные панели, и общую коррозию, которая также может привести к разрушению несущих конструкций кузова или рамы (рис. 2).

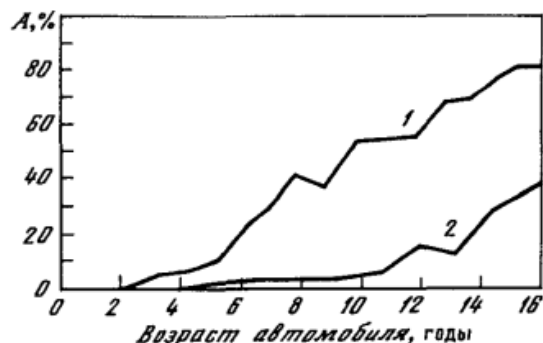


Рис. 2. Тенденции изменения местной (1) и общей (2) коррозии при старении автомобилей
A - количество автомобилей, подверженных коррозии

С возрастом техническое состояние деталей и материалов изменяется под воздействием окружающей среды. Например, резинотехнические изделия теряют свою прочность и эластичность из-за окисления, теплового воздействия, химического воздействия масел, топлива, жидкостей, а также из-за воздействия солнечной радиации и влажности. Свойства смазочных материалов и эксплуатационных жидкостей ухудшаются в процессе эксплуатации из-за накопления продуктов износа, изменения вязкости и потери свойств присадок.

Детали и материалы подвергаются изменениям не только при использовании, но и при хранении: прочность и эластичность, например, резинотехнических изделий, снижаются; топливо, смазочные материалы и жидкости подвержены процессам окисления, что может привести к образованию осадков.

Вопросами технического состояния пожарных автомобилей, а в частности его прогнозирования и управления им занимаются отечественные ученые [1, 2]

Для обеспечения безопасности и эффективности деятельности пожарных служб необходимо уделять пристальное внимание техническому состоянию пожарных автомобилей. Изменение состояния автомобиля может привести к серьезным последствиям, как для пожарных служб, так и для общества в целом. Правильное обслуживание, контроль и обучение персонала являются основными факторами для поддержания надлежащего технического состояния пожарных автомобилей [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов А. Д. Особенности прогнозирования технического состояния пожарной техники / А.Д. Семенов, А.Н. Бочкарев, К.С. Бузлаев. Текст: электронный // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций». Железногорск, 2020. С. 339-343. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42893560> (дата обращения: 19.02.2024). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Семенов А. Д. Принципы и задачи управления техническим состоянием / А.Д. Семенов, А.Н. Бочкарев, И.В. Сараев. Текст: электронный // Труды VI межвузовской

научно-практической конференции «Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях». Санкт-Петербург, 2021. С. 464-468. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46480364> (дата обращения: 19.02.2024). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. - М.: Наука, 2001. С. 535

4. National Fire Protection Association. (NFPA) (2020). NFPA 1901: Standard for Automotive Fire Apparatus. Quincy, MA: NFPA.

УДК 621.879

И.Р. Бондаренко¹, Л.А. Ковалев¹, А.В. Нагорных²

¹ФГБОУ ВО Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, г. Белгород, Россия

² Филиал АО "Концерн Росэнергоатом" "Курская атомная станция", г. Курчатова, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ ПУТЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Аннотация: рассматривается вопрос влияния отложений на процесс преждевременного разрушения теплообменных труб. Представлены преимущества механической очистки труб. Представлены результаты эксперимента по обработке внутренней поверхности труб.

Ключевые слова: теплообменная поверхность, отложения, коррозия, механическая очистка, эксперимент.

I.R. Bondarenko¹, L.A. Kovalev¹, A.V. Nagornykh²

INCREASING THE DURABILITY OF HEAT EXCHANGERS BY RESTORING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF HEAT EXCHANGE SURFACES

Abstract: the issue of the influence of deposits on the process of premature destruction of heat exchange pipes is considered. The advantages of mechanical pipe cleaning are presented. The results of an experiment on processing the inner surface of pipes are presented.

Keywords: heat exchange surface, deposits, corrosion, mechanical cleaning, experiment.

Отложения и загрязнения, возникающие на теплообменных поверхностях котельных агрегатов, затрудняют нагрев теплоносителя и также создают условия для преждевременного разрушения теплообменных труб. В воде, находящейся между поверхностью основного металла трубы и слоем накипи происходит непрерывное образование кислоты и щелочей (рис. 1). Скорость коррозионных процессов при этом резко возрастает и в течение короткого времени теплообменная поверхность получает серьезные повреждения [1, 2].

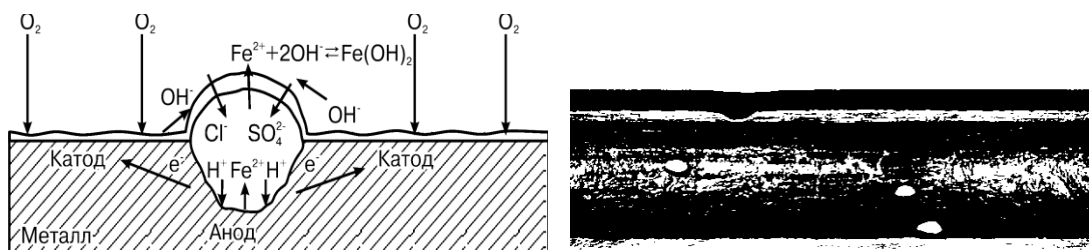


Рис. 1. Коррозия на теплообменной поверхности труб:
а – возможная схема коррозии; б – вид на внутреннюю поверхность трубы

Указанные последствия отложений и загрязнений, делают актуальными применение технологий и методов периодической обработки теплообменных поверхностей энергетических установок с целью удаления слоев накипи и отложений.

В данное время существует и используется широкий спектр технологий и методов обработки, применяемых для решения данной проблемы, их можно разделить на следующие основные группы: химические, физические, механические.

Анализ преимуществ и недостатков указанных методов [3] позволяет сказать, что технология механической обработки с применением механизированного инструмента обладает рядом преимуществ, такими как: очистка любого вида отложений, низкое энергопотребление, малые расходы воздуха и воды, высокая скорость очистки и т.д. Использование инерционного инструмента позволяет получить наиболее качественную обработку внутренней поверхности за счет прижатия рабочих элементов, вследствие возникновения центробежных сил. Однако существенным недостатком является отсутствие методик расчет режимов обработки, в результате чего могут возникать повреждения труб [4]. С учетом вышесказанного, было проведено опытное определение влияния режимов обработки инерционным инструментом [5] на состояние теплообменной поверхности.

При проведении исследований были использованы отрезки труб с искусственно нанесенными отложениями, которые по прочностным характеристикам соответствовали натуральным. Критериями соответствия нанесенных и натуральных отложений были следующие механические характеристики: $\sigma_{сж}$ – прочность на сжатие, σ_a – прочность адгезии к поверхности трубы.

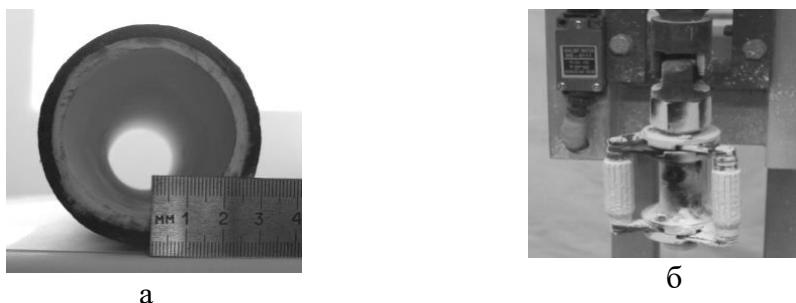


Рис. 2. Инструменты и материалы: а – обрабатываемый исследуемый образец, при толщине отложений 4 мм; б – инерционный инструмент

По результатам эксперимента, в ходе визуального контроля обработанной поверхности было установлено, что при $n = 1500$ об/мин происходит неполное удаление материала отложений (рис. 3, а), при $n = 2000$ об/мин происходит удаление материала осадочного слоя без повреждения поверхности трубы, а при $n = 2500$ об/мин отчетливо наблюдаются локальные пластические деформации поверхности зубцами рабочего элемента.

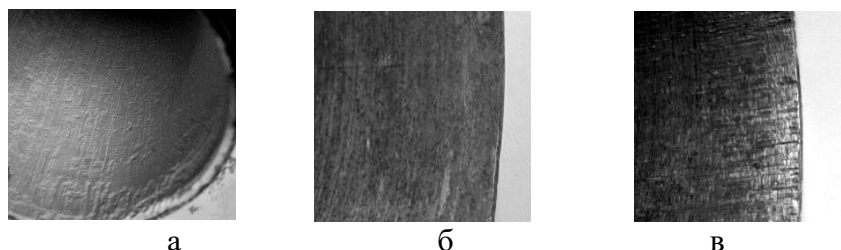


Рис. 3. Вид внутренней поверхности трубы после обработки: а – при $n=1500$ об/мин ; б – при $n=2000$ об/мин; в – с нанесённой шероховатостью при $n=2500$ об/мин

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования позволили определить ограничения режима механической обработки при очистке теплообменных поверхностей труб с целью восстановления рабочих показателей теплообменных аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаев, В. Л. Влияние высокотемпературной коррозии поверхностей теплообмена в топках котлов / В. Л. Исаев, А. А. Корябкин, А. М. Конев // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2019. – № 11-2(38). – С. 183-192.
2. Гаджиев, К. Г. Изучение причин разрушения трубок парогенераторов, выполненных из титановых сплавов / К. Г. Гаджиев, А. Е. Верховский, Д. С. Уртенев, Д. К. Гаджиев // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 11-1(101). – С. 85-91.
3. Методические указания по безреагентным способам очистки теплообменного оборудования от отложений : РД 153-34.1-37.410-00 : утв. Департаментом стратегии развития науч.-техн. политики РАО «ЕЭС России» 18.07.00 : введ. 01.01.01. – М. : ВТИ, 2000. – 22 с.
4. Русских, М. В. Очистка теплообменного оборудования: механика или гидродинамика? / М. В. Русских // Сахар. – 2016. – № 1. – С. 38-39.
5. Чистящая головка : пат. 93311 Рос. Федерация : МПК В08В 9/27 / И. Р. Бондаренко, В. И. Бондаренко, А. С. Чурносков ; патентообладатель Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «БГТУ им. В. Г. Шухова». – № 2009126714/22 ; заявл. 13.07.09 ; опубл. 27.04.10, Бюл. № 12. – 2 с.

УДК 614.846.6

А.Н. Бочкарев, А.О. Борисов, И.П. Шихов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ В ЗОНАХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Аннотация: в данной статье рассматриваются современные технологии управления техническим состоянием мобильных средств пожаротушения. Рассматриваются современные методы и системы диагностики, контроля и прогнозирования состояния МСП и методы принятия решений по обслуживанию и ремонту.

Ключевые слова: мобильные средства пожаротушения, техническое состояние, техническое обслуживание, диагностика.

A.N. Bochkarev, A.O. Borisov, I.P. Shikhov

MODERN TECHNOLOGIES FOR MANAGING THE TECHNICAL CONDITION OF MOBILE FIRE EXTINGUISHING EQUIPMENT IN EMERGENCY ZONES

Abstracts: This article discusses modern technologies for managing the technical condition of mobile fire extinguishing equipment (hereinafter referred to as SMEs). Modern methods and systems of diagnostics, control and forecasting of the state of SMEs and methods of decision-making on maintenance and repair are considered.

Keywords: mobile fire extinguishing equipment, technical condition, maintenance, diagnostics.

Мобильные средства пожаротушения (далее — МСП) играют ключевую роль в обеспечении безопасности в зонах чрезвычайных ситуаций, таких как пожары, аварии и стихийные бедствия. Техническое состояние и надежность МСП имеют важное значение для успешного выполнения сложных задач в экстремальных условиях. Поэтому разработка и применение современных технологий управления техническим состоянием МСП является актуальной задачей.

Под техническим состоянием понимается совокупность подверженных изменению свойств образца, характеризующаяся в определенный момент времени фактическими значениями показателей качества, номенклатура которых установлена в нормативно-технической документации [1].

Техническое состояние в процессе эксплуатации изменяется в сторону ухудшения, в связи с износом узлов и агрегатов. Динамика изменения технического состояния элементов МСП, в зависимости от различных условий, режимов эксплуатации, квалификации оператора, наработки с начала эксплуатации и имеет различную величину, т. е. в зависимости от технического состояния элементы сложной технической системы могут обладать различными индивидуальными особенностями [2].

Одной из основных проблем, с которыми сталкиваются тыловые службы и руководство обеспечивающих подразделений при управлении техническим состоянием МСП, является отсутствие точной информации о текущем состоянии МСП. Для решения этой проблемы требуется внедрение инновационных систем мониторинга и диагностики, а также развитие систем прогнозирования возможных аварий и поломок. Другой проблемой является недостаток квалифицированных специалистов для проведения технического обслуживания и ремонта МСП. Решение этой проблемы требует обучения персонала и привлечения специалистов в данную область.

Теоретическая база управления техническим состоянием МСП. Понятие и задачи управления техническим состоянием. Управление техническим состоянием МСП — это комплекс мероприятий и методов, направленных на поддержание и контроль состояния всех систем и агрегатов МСП, а также на прогнозирование его работоспособности и оставшегося срока службы. Главной задачей управления техническим состоянием является обеспечение надежности, безопасности и оперативности работы МСП.

Основные принципы управления техническим состоянием. Управление техническим состоянием МСП основывается на следующих принципах:

- регулярный контроль и диагностика состояния систем и агрегатов;
- профилактическое обслуживание и предупредительный ремонт;
- использование современных методов анализа данных и диагностики;
- обучение персонала и повышение квалификации технического персонала.

Одним из ключевых аспектов управления техническим состоянием МСП является контроль их состояния в реальном времени. Современные технологии позволяют осуществлять удаленный контроль работы двигателя, систем охлаждения, тормозов, электрических систем и других ключевых компонентов автомобиля. Это позволяет оперативно выявлять любые неисправности и предотвращать возможные поломки в критических ситуациях.

Техническое диагностирование техники проводится специалистами с помощью средств технического диагностирования ремонтных подразделений или сторонних специализированных организаций, в целях определения ее технического состояния и соответствия характеристикам показателям нормативно-технической документации, поиска места и определения причин отказа (неисправности), прогнозирования технического состояния [3]. Для проведения диагностики МСП используются различные методы, такие как визуальный осмотр, испытания на стенде, диагностические сканеры и анализ данных работы МСП автомобиля. Визуальный осмотр позволяет выявлять видимые дефекты и повреждения оборудования. Испытания на стенде позволяют проверить работу двигателя, трансмиссии, тормозной системы и других компонентов МСП. Диагностические сканеры позволяют считывать данные с электронных систем управления МСП и выявлять возможные неисправности. Анализ данных работы МСП позволяет оценить его состояние и предсказать возможные отказы.

По итогам проведения технического диагностирования оформляется диагностическая карта, в которой отражаются параметры и требования, предъявляемые к образцу, и определяется его техническое состояние. Техническое диагностирование может быть составной частью технического обслуживания автомобиля [3].

С целью предотвращения возникновения неисправностей и аварий в экстремальных ситуациях, современные технологии управления техническим состоянием МСП также включают в себя системы профилактического обслуживания. Это может быть, как автоматизированный процесс, так и система напоминаний для оперативного проведения необходимых работ по замене деталей, обслуживанию систем и т. д.

Современные МСП оснащены различными датчиками и системами мониторинга, которые собирают большое количество данных о работе МСП. Для анализа этих данных используются различные методы, такие как машинное обучение, статистический анализ и математическое моделирование. Машинное обучение позволяет выявлять закономерности в данных и предсказывать возможные отказы оборудования. Статистический анализ позволяет оценивать вероятность отказов и определять наиболее критические компоненты МСП. Математическое моделирование позволяет проводить виртуальное тестирование различных сценариев работы МСП и оптимизировать его конструкцию.

Обучение персонала, играет ключевую роль в обеспечении их надежной работы. Для этого используются различные методы обучения, такие как теоретические курсы, практические занятия, тренинги, семинары и мастер-классы. Теоретические курсы позволяют персоналу изучить основы работы и конструкцию МСП, а также ознакомиться с технологиями и методами их обслуживания и ремонта. Практические занятия проводятся на специально оборудованных площадках, где персонал может отработать навыки по обслуживанию и ремонту различных компонентов МСП. Тренинги, семинары и мастер-классы позволяют обмениваться опытом с опытными специалистами и изучать новейшие технологии и методики работы. Так же в обязательном порядке в целях подготовки личного состава к действиям при эксплуатации техники в осенне-зимний (весенне-летний) период проводятся соответствующие занятия с изучением:

- порядка подготовки и правила эксплуатации техники в предстоящий период;
- эксплуатационных материалов и правил их применения;
- особенностей управления техникой в предстоящий период эксплуатации;
- способов и средств повышения проходимости техники и правил их применения;
- мер безопасности при прогреве двигателя и при обращении с ядовитыми техническими жидкостями.

По окончании занятий проверяется знание личным составом особенностей эксплуатации техники в предстоящий период [3].

Повышение квалификации технического персонала, необходимо для освоения новых технологий, методик работы и оборудования. Для этого используются различные методы, такие как профессиональные курсы, сертификационные программы, участие в выставках и конференциях, а также самообразование. Профессиональные курсы позволяют изучить новые методики работы, оборудование и технологии, которые могут быть применены при техническом обслуживании и ремонте МСП. Сертификационные программы подтверждают уровень знаний и навыков персонала в определенной области работы. Участие в выставках и конференциях позволяет быть в курсе последних тенденций и инноваций в отрасли. Самообразование через изучение специализированной литературы, онлайн-курсов и видеоуроков также играет важную роль в повышении квалификации.

Визуальная диагностика основана на внешнем осмотре пожарных автомобилей и их компонентов. Она позволяет выявить видимые дефекты и повреждения, такие как трещины, износ, коррозия и другие. Для более точной и надежной диагностики используется дополнительное оборудование, такое как фото- и видеосъемка, оптические инструменты и т. д.

Контроль параметров и работы систем позволяет выявить отклонения от нормы в работе МСП. Для этого используются различные датчики и измерительные приборы, которые регистрируют значения различных параметров, например, температуры, давления, скорости вращения и других. Полученные данные анализируются компьютерными системами управления техническим состоянием.

Программные системы диагностики основаны на обработке и анализе данных, полученных в результате контроля и измерений. С их помощью можно выявить скрытые дефекты и неисправности, а также предугадать их возможные последствия. Такие системы позволяют эффективно планировать и проводить обслуживание и ремонт МСП.

Прогнозирование технического состояния МСП основывается на анализе данных диагностики и контроля. С его помощью можно предсказать возможные поломки и неисправности, а также оценить оставшийся срок службы различных компонентов и систем МСП. Для этого используются статистические модели и алгоритмы, а также исторические данные и опытных МСП.

Прогнозирование оставшегося срока службы МСП позволяет планировать ремонт и замену различных компонентов и систем. Для этого используются специальные модели и методы, основанные на статистической обработке данных о повреждениях и износе различных элементов МСП. Такие модели учитывают условия эксплуатации, интенсивность использования и другие факторы, влияющие на долговечность МСП.

Анализ данных диагностики позволяет выявить основные причины неисправностей и повреждений, а также определить наиболее эффективные методы обслуживания и ремонта. Для этого используются различные математические методы, такие как корреляционный и регрессионный анализ, дисперсионный анализ и другие. Такие методы позволяют выявить связи между параметрами и компонентами МСП.

Принятие решений по обслуживанию и ремонту МСП основывается на анализе полученных данных, опыте и знаниях специалистов. При этом учитываются риски и последствия принимаемых решений, а также потребности и возможности организации. Для принятия решений используются методы оптимизации и принятия решений, такие как метод анализа иерархий, экспертные системы и другие.

Проблемой создания современных технологий управления техническим состоянием МСП после тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, решение которой позволит эффективно выполнять комплекс мероприятий при восстановлении боеготовности МСП, занимаются отечественные ученые [3, 4, 5].

В данной статье были рассмотрены современные технологии управления техническим состоянием МСП. Была представлена теоретическая база и основные принципы управления техническим состоянием, а также методы и системы диагностики, контроля и прогнозирования состояния МСП, и методы принятия решений по обслуживанию и ремонту. Разработка и применение этих технологий способствует повышению надежности и безопасности при эксплуатации МСП, а также эффективности и оперативности их работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 25.11.2016 № 624 «Об утверждении Положения об организации ремонта, нормах наработки (сроках службы) до ремонта и списания техники, вооружения, агрегатов, специального оборудования и имущества в Министерстве российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий». [Электронный ресурс]: URL: <https://docs.cntd.ru/document/456073474>.
2. Семенов А. Д. Принципы и задачи управления техническим состоянием / А.Д. Семенов, А.Н. Бочкарев, И.В. Сараев. Текст: электронный // Труды VI межвузовской научно-практической конференции «Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях». Санкт-Петербург, 2021. С. 464-468. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46480364> (дата обращения: 05.02.2024). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Приказ МЧС России от 01.10.2020 № 737 «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/566030578>.
4. Бузлаев К.С. Перспективы развития методов и средств управления техническим состоянием пожарных автомобилей / К.С. Бузлаев, А.Н. Бочкарев, А.Д. Семенов. Текст: электронный // Журнал «Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования». Академия гражданской защиты МЧС ДНР, 2020. С. 66-70. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=43947720> (дата обращения: 05.02.2024). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
5. Сараев И.В. Оценка боевой готовности мобильных средств пожаротушения при тушении пожаров на объектах хранения нефти и нефтепродуктов в условиях низких температур / И.В. Сараев, А.Д. Семенов. Текст: электронный // Сборник материалов Всероссийского круглого стола «Совершенствование форм и методов проведения мероприятий, направленных на защиту населения и территорий от возможных ЧС природного и техногенного характера в арктической зоне республики Коми». Иваново, 2023. С. 75-78. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54009190> (дата обращения: 29.11.2023). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

УДК 614.846.6

А.Н. Бочкарев, Д.В. Данилов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: Данная статья посвящена исследованию процесса восстановления технического состояния пожарного автомобиля в процессе его эксплуатации. В работе рассматриваются основные аспекты, связанные с восстановлением технического состояния пожарного автомобиля, а также методы и технологии, используемые для восстановления и поддержания его работоспособности в условиях повышенной нагрузки и экстремальных условий эксплуатации.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, техническое состояние, технические системы, диагностика.

A.N. Bochkarev, D.V. Danilov

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF RESTORING THE TECHNICAL CONDITION OF A FIRE TRUCK

Abstracts: This article is devoted to the study of the process of restoring the technical condition of a fire truck during its operation. The paper considers the main aspects related to the restoration of the technical condition of a fire truck, as well as methods and technologies used to restore and maintain its operability under conditions of increased load and extreme operating conditions.

Keywords: fire truck, technical condition, technical systems, diagnostics.

Пожарные автомобили являются неотъемлемой частью мобильной пожарной техники и играют ключевую роль в тушении пожаров, спасении людей и предотвращении повреждения имущества. Однако из-за эксплуатации в неблагоприятных условиях: запыленности, задымления и, как правило, круглосуточно. А также тяжелых условий работы пожарные автомобили могут подвергаться различным видам повреждений, включая аварии, износ и коррозию. Машины и механизмы перегреваются, не всегда получают надлежащий технический уход, из-за чего возрастает их изнашиваемость и сокращается моторесурс [1]. В таких случаях необходимо провести процесс восстановления, чтобы вернуть пожарный автомобиль в рабочее состояние.

Одним из основных этапов процесса восстановления технического состояния пожарного автомобиля является оценка степени повреждений и определение необходимого объема работ. После этого производится ремонт автомобиля и замена поврежденных деталей. Важно также провести проверку всех систем и убедиться в их надлежащем функционировании.

Закономерности изменения параметров технического состояния пожарных автомобилей по наработке (времени или пробегу) и вариация параметров технического состояния. Эти закономерности достаточно точно характеризуют надежность пожарных автомобилей и их элементов, т.е. позволяют оценить среднюю наработку на отказ, вероятность отказа пожарного автомобиля при определенной наработке, ресурс агрегатов [3] и др.

Динамика изменения технического состояния элементов мобильной техники пожаротушения, в зависимости от различных условий, режимов эксплуатации, квалификации водителя, наработки с начала эксплуатации и имеет различную величину, т. е. в зависимости от технического состояния элементы сложной технической системы могут обладать различными индивидуальными особенностями [2].

Для рациональной организации работы по восстановлению технического состояния пожарного автомобиля необходимо знать, сколько пожарных автомобилей с отказами данного вида будет поступать в зону ремонта в течение часа, смены, недели, месяца, будет ли их количество постоянным или переменным и от каких факторов оно зависит. Значит необходимо иметь информацию о надежности не только конкретного пожарного автомобиля, но и группы пожарных автомобилей, например, пожарных автомобилей на данном базовом шасси, основные или специальные пожарные автомобили. При отсутствии этих сведений нельзя рационально организовать работу по восстановлению технического состояния пожарного автомобиля. И определить необходимое число рабочих, размеры производственных площадей, технологическое оборудование, расход запасных частей и материалов. Взаимосвязи между показателями надежности пожарных автомобилей и суммарным потоком отказов для пожарного автомобиля и группы пожарных автомобилей изучают с помощью закономерностей технической эксплуатации пожарных автомобилей, которые характеризуют процесс восстановления - возникновения и (или) устранения потока отказов и неисправностей изделий по наработке.

Рассмотрим работу пожарного автомобиля в качестве восстанавливаемого изделия (рис. 1).

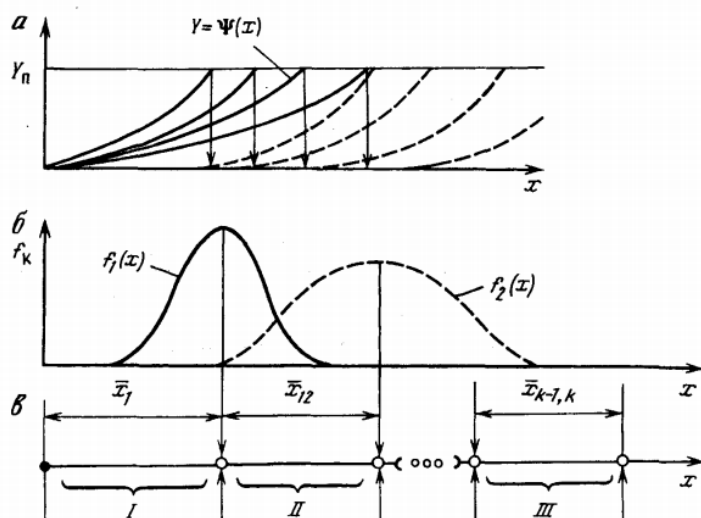


Рис. 1. Схема формирования процесса восстановления в результате взаимодействия закономерностей технического состояния: а — закономерности технической эксплуатации пожарных автомобилей первого, б — второго, в — пятого вида; I — наработки до 1-го отказа и восстановление, II — между 1-м и 2-м, III — между $k-1$ и k -м отказами

В процессе работы пожарного автомобиля происходит постепенное или внезапное изменение технического состояния (закономерности технической эксплуатации пожарных автомобилей первого вида — закономерности изменения технического состояния пожарного автомобиля по его наработке), возникают отказы конкретных элементов, имеющих случайную наработку (закономерности технической эксплуатации пожарных автомобилей второго вида — закономерности вариации случайных величин), со средним значением x_1 плотностью вероятности события $f(x)$ и другими показателями случайных величин. Так как пожарный автомобиль является восстанавливаемым изделием, то после устранения 1-го отказа автомобиль продолжает работу, и по той же схеме возникают и устраняются 2-й, 3-й и последующие отказы, которые, как правило, имеют отличные от 1-го показатели $x_k, f_k(x)$ [3] и др.

Таким образом, процесс восстановления — это возникновение и устранение отказов и неисправностей в течение продолжительной наработки ($x \gg x_1$) восстанавливаемого изделия

Из рис. 1 следует, что процесс восстановления для изделия формируется в результате взаимодействия закономерностей первого и второго вида, т.е. надежность восстанавливаемой системы зависит от надежности ее элементов, а для группы изделий — в результате взаимодействия процессов восстановления отдельных изделий (рис. 2), образующих поток требований $m(x)$ на восстановление работоспособности, который, как правило, рассматривается за определенный интервал наработки Δx изделий или продолжительности работы средств обслуживания.

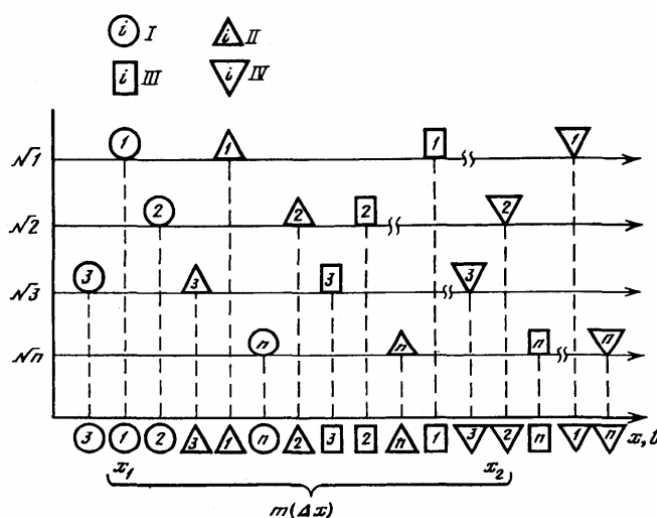


Рис. 2. Схема формирования потока отказов от группы пожарных автомобилей:
 $m(\Delta x)$ — поток требований на ремонт за интервал наработки $\Delta x = x_2 - x_1$; I, II, III, IV — соответственно 1-, 2-, 3- и k-й отказы i-го автомобиля

Для успешного восстановления пожарного автомобиля требуется использование специализированного оборудования и высококвалифицированных специалистов. Также важно учитывать все нормы и требования безопасности при проведении работ.

Таким образом, процесс восстановления пожарного автомобиля и его совокупностей является сложным и ответственным процессом, требующим профессионального подхода и внимания к деталям [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов А. Д. Особенности прогнозирования технического состояния пожарной техники / А.Д. Семёнов, А.Н. Бочкарев, К.С. Бузлаев. Текст: электронный // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций». Железногорск, 2020. С. 339-343. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42893560> (дата обращения: 19.02.2024). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Семенов А. Д. Принципы и задачи управления техническим состоянием / А.Д. Семенов, А.Н. Бочкарев, И.В. Сараев. Текст: электронный // Труды VI межвузовской научно-практической конференции «Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях». Санкт-Петербург, 2021. С. 464-468. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46480364> (дата обращения: 19.02.2024). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Техническая эксплуатация автомобилей: Учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и дополн. / Е.С. Кузнецов, А.П. Болдин, В.М. Власов и др. М.: Наука, 2001. С. 535
4. Johnson, M. (2017). Fire Apparatus Safety Standards and Regulations. International Association of Firefighters.

УДК 614.843

А.Г. Бубнов, Д.А. Пыжов

ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОДБОР ЭФФЕКТИВНОЙ И НАДЁЖНОЙ МОТОПОМПЫ ДЛЯ ОСНАЩЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ВОЛОГОДСКОГО ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ГАРНИЗОНА

Аннотация: для выбора/подбора наиболее надежного пожарно-технического оборудования, имеется множество подходов в том числе, разрабатываемых и в Ивановской пожарно-спасательной академии, и в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России. В данной работе рассмотрено дальнейшее развитие методики И. В. Сараева с учетом показателей надежности для выбора пожарно-технического оборудования на примере мотопомпы для оснащения подразделений Вологодского пожарно-спасательного гарнизона.

Ключевые слова: мотопомпа пожарная, иерархическая процедура оценивания, надёжность, вероятность отказа, общая польза.

A.G. Bubnov, D.A. Pyzhov

SELECTION OF AN EFFECTIVE AND RELIABLE MOTOR PUMP FOR EQUIPPING UNITS OF THE VOLOGDA FIRE AND RESCUE GARRISON

Abstract: to select the most reliable fire-fighting equipment, there are many approaches, including: developed both at the Ivanovo Fire and Rescue Academy and at the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia. This paper examines the further development of the I. V. Saraev methodology, taking into account reliability

indicators for the selection of fire-technical equipment, using the example of a motor pump for equipping units of the Vologda fire and rescue garrison

Keywords: fire engine pump, a hierarchical assessment procedure, reliability, probability of failure, total advantage.

Часто в большинстве удалённых от областных, краевых, районных центров территории нашей страны содержание автоцистерн и насосно-рукавных автомобилей невозможно или экономически нецелесообразно. Единственным средством пожаротушения (в отсутствии пожарных автомобилей, имеющих насос), созданным для борьбы с огнем является мотопомпа пожарная. Мотопомпа пожарная — это насосный агрегат с двигателем внутреннего сгорания, укомплектованный пожарно-техническим оборудованием¹. Чаще всего мотопомпы предназначены для забора воды из естественных и искусственных водоисточников с дальнейшей подачей огне-тушащих веществ под давлением, на тушение пожара, для подачи воды от гидрантов наружной сети противопожарного водоснабжения, а также для перекачки воды и заполнения ёмкостей.

Выбор пожарной техники довольно сложная задача, так как сложно найти такой агрегат, который соответствовал бы тому множеству требований, которые необходимы для качественного тушения пожаров. Мотопомпа не является исключением. В большей степени, трудность выбора, конкретно мотопомпы, связана с особенностями территории, на которой будет использоваться данная техника, так как степень загрязнённости воды, возможность быстрой установки агрегата и удобство его использования существенно сужает круг, возможных вариантов оборудования. Вологодский район, а именно населенные пункты вблизи города Вологда, которые входят в подрайон выезда, почти каждой пожарно-спасательной части населённого пункта, имеет болотистую местность, дороги с малой проходимостью и достаточно загрязнённые водоёмы. Это в свою очередь, в очередной раз, даёт понять, что очень трудно выбрать необходимую пожарную технику, в условиях Вологодского района.

Поэтому, исходя из всего выше сказанного, первоначальный выбор в данной работе, производился с помощью хорошо апробированной иерархической процедуры оценивания (ИПО) – метода анализа иерархий Томаса Саати [1]. ИПО представляет собой трёхуровневую иерархию с использованием метода парных сравнений. ИПО позволяет определить оценки выбранных свойств и нормализованный вектор приоритетов (весомость критерия). Далее каждая альтернатива проходит соответствие с каждым критерием, из чего делается вывод – какое решение лучше (в нашем случае – для выбора модели/марки мотопомпы). Достоверность полученных результатов подтверждалась расчётом обобщённого отношения согласованности [1].

Первоначально отбирались сходные по тактико-техническим характеристикам (ТТХ) модели мотопомп, предназначенные для перекачки и подачи не только чистой воды, но и для воды средней загрязнённости, так как на территории населенных пунктов Вологодского района достаточно болот и загрязнённых водоёмов. Варианты (альтернативы) выбора: МП 10/70 «Гейзер» (B_1), Вепрь МП-800 (B_2), Honda WB30XT (B_3), Daishin SST 100-YD (B_4). В качестве критериев, предъявляемых к мотопомпам (для Вологодской области) были выбраны: частота отказов (K_1), цена (K_2), производительность (K_3), расход топлива (K_4), удобство использования (K_5), высота

¹ ГОСТ Р 53332-2009 Техника пожарная. Мотопомпы пожарные. Основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний.

всасывания (K_6), напор (K_7), возможность ремонта (K_8). Таким образом, выбор производился из четырех альтернатив по восьми критериям (рис. 1).

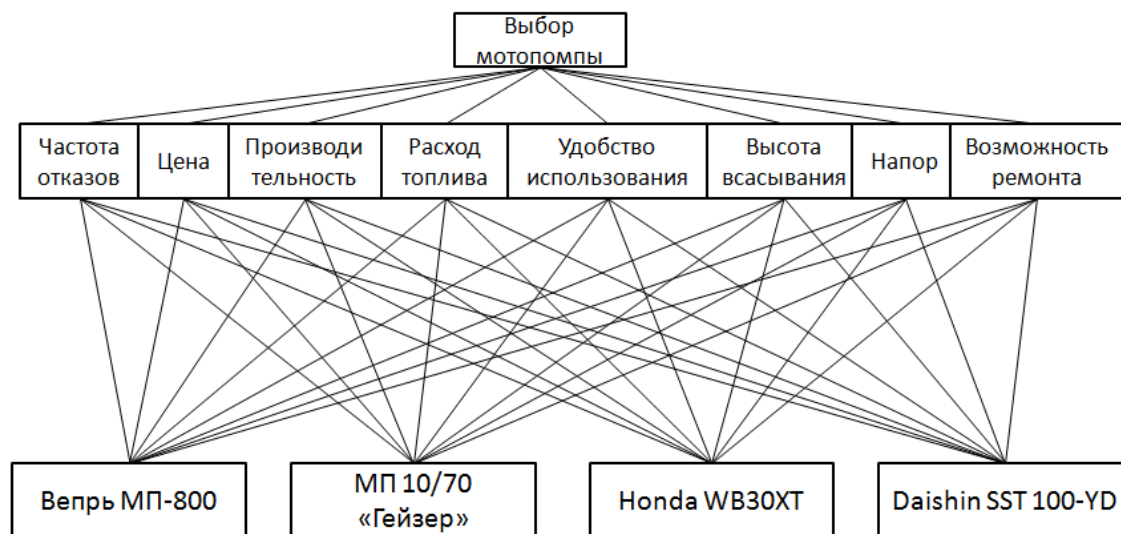


Рис. 1. Иерархия выбора пожарной мотопомпы

В ходе исследования был проведен очный анкетный опрос респондентов (сотрудников СПСЧ ФПС ГПС ГУ МЧС России по Вологодской области). Его результатом явились матрицы иерархий для Вологодского пожарно-спасательного гарнизона (ПСГ). В табл. 1 представлено попарное сравнение критериев, предъявляемых к мотопомпам.

Таблица 1. Попарное сравнение критериев, предъявляемых к мотопомпам (для Вологодской области)

Критерии выбора	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	Среднее геометрическое	Нормализованный вектор приоритетов (весомость критерия)
K_1	1	5	9	9	4	9	9	3	6,125	0,39
K_2	0,2	1	2	2	0,5	3	3	0,5	1,525	0,099
K_3	0,11	0,5	1	1	2	2	2	0,25	1,107	0,07
K_4	0,11	0,5	1	1	0,5	1	2	0,2	0,788	0,05
K_5	0,25	2	0,5	2	1	3	3	0,5	1,531	0,099
K_6	0,11	0,33	0,5	1	0,33	1	1	0,14	0,551	0,036
K_7	0,11	0,33	0,5	0,5	0,33	1	1	0,14	0,488	0,031
K_8	0,33	2	4	4	2	7	7	1	3,416	0,22
Сумма	2,22	11,66	18,5	20,5	10,66	27	28	5,73	15,533	1
$\lambda_{\max}$	8,53									
ИС*	0,075									
ОС*	0,1									

*Примечание: ИС - индекс согласованности; ОС - отношение согласованности [1]

Заметим, один критерий преобладает над другим, т.е. насколько он важен, относительно другого. Оценены соотношения каждого критерия с каждым, их среднее геометрическое значение и весомость критерия в численном выражении.

Ниже представлена в качестве примера табл. 2, в которой произведено попарное сравнение и оценка, выбранных респондентами альтернатив, относительно каждого критерия (частоты отказов мотопомп). В данной таблицах также, в численном выражении можно заметить, какой агрегат преобладает в части надёжности над другими.

Таблица 2. Оценка частоты отказов мотопомп (для Вологодской области)

K₁	B₁	B₂	B₃	B₄	Среднее геометрическое	Нормализованный вектор приоритетов (весомость критерия)
B ₁	1	2	3	0,5	1,625	0,290
B ₂	0,5	1	2	0,33	0,9575	0,170
B ₃	0,33	0,5	1	0,25	0,52	0,093
B ₄	2	3	4	1	2,5	0,447
Сумма	3,83	6,5	10	2,08	5,6025	1
$\lambda_{\max 1}$	4,22					
ИС ₁	0,07					
ОС ₁	0,08					

Аналогичные оценки были осуществлены по другим критериям. Подводя промежуточные итоги, представленные в табл. 3, можно констатировать, что при выборе мотопомпы для тушения пожаров МЧС России Вологодской области рекомендуется принять во внимание вариант B₂, то есть мотопомпу Вепрь МП-800, а как альтернатива может быть рассмотрен вариант B₃, то есть мотопомпа Honda WB30XT.

Таблица 3. Итоговые значения приоритетов выбора мотопомпы (для Вологодской области)

	K₁	K₂	K₃	K₄	K₅	K₆	K₇	K₈	Итоговое значение приоритета при выборе мотопомпы
B ₁	0,29	0,05	0,04	0,08	0,12	0,14	0,72	0,25	0,211
B ₂	0,17	0,28	0,18	0,25	0,41	0,28	0,14	0,25	0,490
B ₃	0,09	0,55	0,29	0,51	0,23	0,28	0,07	0,25	0,283
B ₄	0,45	0,14	0,49	0,16	0,23	0,28	0,07	0,25	0,260
ОИС*	0,040								
ООС*	0,043								

*Примечание: ОИС – общий индекс согласованности, ООС - общее отношение согласованности [1]

Обе из выбранных, с помощью применения метода анализа иерархий, моделей мотопомп являются высококачественным пожарно-техническим оборудованием (однако последняя — иностранного производства). Благоприятные отзывы, о данных моделях оставляют не только сотрудники данного подразделения, но и большинство сотрудников, когда-либо имеющих дело с использованием мотопомп. Достоверность полученных данных применения метода анализа иерархий подкреплена расчётом обобщённого индекса согласования (для Вологодской области он равен 4,0 %) и обобщённого отношения согласованности (4,3 %), которые не превышают порог 10 % значения. Что подтверждает адекватность полученных векторов приоритетности.

В рамках реализации Федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий ЧС природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 г.»² Сараевым И. В. была разработана методика обоснования выбора и совершенствования технического оснащения подразделений МЧС России при ликвидации ЧС на транспорте, основывающаяся на концепции «польза — вред» («оправданность деятельности»), учитывающая особенности субъекта РФ на территории которого расположено ПСП [2] - [4].

Отметим, что использованный нами методический подход [2]–[4] к расчету показателя относительной общей пользы (W) основывается на использовании на данных заявленных производителем, при эксплуатации пожарно-технического оборудования (ПТО) для расчёта вероятностей безотказной работы ($P(t)$) и отказа оборудования ($Q(t)$). Зная эксплуатационные затраты на техническое обслуживание, ремонт ПТО (G), а также показатели его работоспособности, можно без особого труда оценить техногенный риск отказа оборудования (B) и выбрать наиболее подходящие ПТО производимое как в России, так и за рубежом; импортируемое в Россию, с учётом специфики любого субъекта РФ.

Полученную по результатам расчетов информацию по определению относительной общей пользы применения двух ранее выбранных пожарных мотопомп привели в табл. 4.

Таблица 4. Показатели относительной общей пользы пожарных мотопомп (по наработке на отказ, установленной заводом-изготовителем и с использованием данных о стоимости жизни в Вологодской области в 2021 г., полученных страховой компанией РОСГОССТРАХ)

Показатель	Пожарная мотопомпа	
	HONDA WB30XT	БЕПРЬ МП 800
$P(t)$	0.98511194	0.98412732
$Q(t)$	0.0188806	0.01587268
B , руб./год	73 079	61 917
G , руб./год	7985	7985
Стоимость, руб.	70 600	100 900
W , руб.	47.7	55.1
Место	2	1

² Федеральная целевая программа «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2015 года»: утв. Постановлением Правительства РФ от 07 июля 2011 г. № 555.

Опираясь на данные, представленные в табл. 4, и Военную доктрину Российской Федерации³ рекомендуется при оснащении новыми образцами вооружения и специальной техники ориентироваться на продукцию отечественного производства. Следовательно, из этого вытекает то, что оснащение Вологодского ПСГ дополнительными мотопомпами стоит производить моделью Вепрь МП-800. Отметим, что согласно № 44-ФЗ⁴ следует в первую очередь обращать внимание на продукцию отечественных производителей. Из вышесказанного можно заключить, что для закупок должна быть рекомендована именно пожарная мотопомпа модели ВЕПРЬ МП 800 занявшая 1 место (Табл. 4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
2. Сараев И.В., Бубнов А.Г., Курочкин В.Ю., Моисеев Ю.Н., Семенов А.Д. Относительная общая польза – дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, Ю.Н. Моисеев, А.Д. Семенов // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 4. С. 66-71.
3. Сараев И.В. Ранжирование предпочтительности выбора различного пожарнотехнического оборудования для оснащения подразделений МЧС России на основе комплексного критерия относительной общей пользы / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2018. № 3. С. 9-16.
4. Сараев И.В. Комплексный критерий для выбора пожарнотехнического оборудования при оснащении подразделений МЧС России / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3(47). С. 86-93.

УДК 623.355.6

А.А. Бурлаков, О.В. Озеров, В.В. Ковалев

ФГБОУ ВО Военная академия связи им. Маршала Советского Союза С. М. Буденного

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО РЕМОНТУ ТЕХНИКИ СВЯЗИ

Аннотация: Предложения по построению системы подготовки специалистов по ремонту техники связи.

Ключевые слова: система технического обслуживания и ремонта, техника связи, подготовка специалистов по ремонту.

³ Военная доктрина Российской Федерации утв. Президентом Российской Федерации 25.12.2014 № Пр-2976

⁴ Федеральный закон № 44-ФЗ от 05.04.2013 «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».

A.A. Burlakov, O.V. Ozerov, V.V. Kovalev

TRAINING OF SPECIALISTS IN THE REPAIR OF COMMUNICATION EQUIPMENT

Abstracts: Proposals for the construction of a training system for specialists in the repair of communication equipment.

Keywords: maintenance and repair system, communication technology, training of repair specialists.

Поддержание боевой готовности системы связи является сложной задачей со множеством показателей, важнейшим из которых является постоянное наличие в войсках работоспособной техники связи и АСУ.

Целью системы технического обеспечения связи и АСУ (ТОС и АСУ) является поддержание максимально возможного уровня обеспеченности войск работоспособной техникой связи и АСУ.

В реализации мероприятий ТОС и АСУ решающая роль принадлежит человеческому фактору, а именно уровню подготовленности специалистов ТОС и АСУ.

Для подготовки специалистов ТОС и АСУ существует определенная система, включающая учебные центры войск связи в военных округах и военно-учебные заведения. Однако существующая система не в полной мере соответствует современным требованиям. Основными недостатками существующей системы являются:

1) ориентация на подготовку специалистов по военно-учетным специальностям (ВУС), количество ВУС специалистов ТОС и АСУ достигает 17, что затрудняет подготовку специалистов и комплектование ими подразделений технического обеспечения;

2) отсутствие уровня подготовки специалистов с высшим военно-специальным образованием для родов войск и видов Вооруженных Сил для замещения должностей: командир взвода, заместитель командира роты, командир роты, заместитель командира батальона (центра) по технической части и им равных;

3) отсутствие системности и непрерывности в обучении специалистов ТОС и АСУ в течение всего периода службы, а также передвижение на более высокую должность без переподготовки, приводящая к тому, что выходные характеристики специалистов не соответствуют входным требованиям (характеристикам) последующей должности;

4) недостаточно глубокая практическая направленность обучения, для рядового, сержантского состава и прапорщиков по профилю основной подготовки учебными планами выделено не более 15-20 % учебного времени;

Необходимость повышения уровня обеспеченности войск работоспособной техникой связи и АСУ требует реформирования системы подготовки специалистов ТОС и АСУ [1].

Подготовка специалистов ТОС и АСУ должна основываться на следующих положениях:

1) для подготовки специалистов ТОС и АСУ необходимо сформировать систему подготовки, удовлетворяющую потребностям войск в этих специалистах;

2) система подготовки должна базироваться на основе единых принципов, свойственных аналогичным системам подготовки других специалистов;

3) система подготовки должна включать 4 уровня подготовки специалистов от рядовых механиков до руководящего состава;

4) особое внимание в системе должно быть уделено уровню подготовки офицеров для звена взвод-рота-батальон;

5) система подготовки специалистов рядового и сержантского состава, прапорщиков должна быть ориентирована не на ВУС, а на универсализацию и специализацию по видам ремонта техники связи и АСУ.

Система подготовки специалистов ТОС и АСУ должна включать:

- учебные подразделения в учебных центрах войск связи военных округов;
- учебные заведения, осуществляющие первичную подготовку офицеров войск связи.

Военную академию связи, осуществляющую первичную подготовку офицеров с высшим военно-специальным образованием и вторичную подготовку офицеров с высшим военным образованием.

Для подготовки специалистов ТОС и АСУ необходимо сформировать систему подготовки, функционирующую на основе единых взглядов и принципов, основными из которых являются: многоуровневость, плановость, непрерывность, гибкость, преемственность, универсализация подготовки со специализацией по видам ремонта.

Многоуровневость заключается в распределении задач, возложенных на систему подготовки специалистов, по различным образовательным учреждениям, находящимся на нескольких уровнях.

Под плановостью понимается определение потребности в подготовке специалистов с учетом совершенствования структуры войск, распределение заказа на специалистов между образовательными заведениями и упреждающую их подготовку.

Непрерывность предусматривает стройную систему подготовки специалистов в течение всего периода службы. Занятие каждой вышестоящей должности должно сопровождаться подготовкой (переподготовкой) на соответствующем уровне этой системы.

Гибкость позволяет системе адаптивно перестраиваться в соответствии с изменением военно-технической политики и совершенствованием системы технического обеспечения войск и сетей связи.

Развитие и совершенствование системы подготовки специалистов должно быть максимально консервативно и обеспечивать преемственность программ и положительного опыта, накопленного ранее.

Система подготовки специалистов должна ориентироваться не на существующие ВУС (по образцам техники связи), а реформироваться в сторону универсализации и специализироваться по видам ремонта.

Для реализации этих принципов должна быть реформирована существующая система подготовки специалистов, которая должна включать четыре уровня подготовки:

- первый уровень — подготовка специалистов-ремонтников для частей и подразделений технического обеспечения войск связи (солдаты, сержанты);
- второй уровень — подготовка прапорщиков (начальников мастерских связи, аппаратных технического обеспечения, командиров взводов, начальников складов);
- третий уровень — подготовка специалистов в области ТОС и АСУ с высшим военно-специальным образованием для родов войск и видов Вооруженных Сил.

- четвертый уровень — подготовка офицеров с высшим военным образованием по специальности «Управление техническим обеспечением войск связи».

С целью обеспечения непрерывности процесса обучения специалистов программы подготовки должны предусматривать следующее.

1. Подготовка специалистов-ремонтников (солдат, сержантов) должна проводиться в учебном центре, при воинских частях или при базах ремонта средств связи. Наиболее приемлемым является подготовка в учебных центрах войск связи военных округов. Основными задачами обучения являются повышение теоретических и военно-технических знаний специалистов в области ТОС и АСУ, совершенствование умений и навыков при выполнении технологических операций ремонта техники связи и АСУ. Обучение по общевоенным дисциплинам должно проводиться по единым планам и программам подготовки специалистов для войск связи. Цикл подготовки специалистов-ремонтников, как и других специалистов войск связи должен заканчиваться полевым выходом и выпускными экзаменами.

2. Подготовка прапорщиков должна проводиться в учебном центре военного округа по дисциплинам технической, тактико-специальной и специальной подготовки. Основной задачей обучения является повышение теоретических и военно-технических знаний прапорщиков, совершенствование умений и навыков при организации технического обеспечения в подразделениях и частях, в обучении и воспитании подчиненного личного состава. Цикл подготовки прапорщиков специалистов в области технического обеспечения, как и других специалистов войск связи, должен заканчиваться полевым выходом и выпускными экзаменами.

3. Подготовку специалистов в области ТОС и АСУ с высшим военно-специальным образованием для родов войск и видов Вооруженных Сил целесообразно осуществлять в высших учебных заведениях и Военной академии связи.

4. Подготовку специалистов в области ТОС и АСУ с высшим военным образованием целесообразно осуществлять в Военной академии связи по существующим учебным планам и программам [2].

Реформируемая система подготовки специалистов ТОС и АСУ должна удовлетворять потребностям ВС РФ и других заинтересованных организаций.

Расчеты показывают, что в течение каждого периода обучения учебные подразделения военных округов должны готовить не менее 50 специалистов рядового и сержантского состава, 20–25 прапорщиков.

Потребность в выпускниках высших учебных заведений по специальности ТОС и АСУ могут ежегодно составлять 50 и более с уровнем первичной подготовки и 10–20 с уровнем вторичной подготовки.

Так как в существующей системе подготовки специалистов ТОС и АСУ отсутствует третий уровень подготовки, ему должно быть уделено особое внимание в ходе реформирования системы, необходимо в высших военно-учебных заведениях организовать подготовку специалистов ТОС и АСУ для видов и родов войск.

На первом этапе целесообразно организовать в высших военно-учебных заведениях подготовку специалистов по ТОС и АСУ в одной учебной группе для изучения и обобщения опыта и проведения педагогического эксперимента. В последующем необходимо готовить необходимое количество специалистов ежегодно.

Для реализации этого положения необходимо:

1) провести работу по внесению изменений в перечень специальностей подготовки специалистов с высшим военно-специальным образованием и добавить специальность «специалист организации войскового ремонта техники связи и АСУ»;

2) директивно закрепить учебное время, выделяемое для подготовки специалистов ТОС и АСУ и ввести в учебный план изучения дисциплин: «Метрология, стандартизация и сертификация», «Измерительная техника», «Информационно-измерительные системы», «Теория эксплуатации и основы надежности средств связи и АСУ», «Техническое диагностирование и ремонт средств связи и АСУ», «Техническое обеспечение средств связи и АСУ»;

3) развернуть на кафедрах учебные классы для проведения занятий по текущему (среднему) ремонту и техническому обслуживанию базовых образцов техники связи и АСУ, а также развернуть в учебных классах аппаратные технического обеспечения;

4) разработать необходимую учебно-методическую документацию и учебные пособия для обеспечения учебного процесса.

Реализация предлагаемых мероприятий позволит укомплектовать войска необходимым количеством специалистов по ремонту техники связи и АСУ, что даст возможность реализовать требование по обеспечению войск максимальным количеством работоспособной техники связи и АСУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Предложения по организационно-техническому построению системы технического обеспечения связи и АСУ / Алифиренко А. А., Боговик А. В., Хайруллин М. Ф. // Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. V Межвузовская научно-техническая конференция: труды конференции. СПб.: ВАС. 2020. С. 59-62.

2. Постановка задачи на моделирование системы ремонта техники связи и автоматизированных систем управления при выполнении специальных задач / 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.

3. Васильева А.М., Прошкин А. А., Чихачёв А. В. Направления совершенствования системы технического обеспечения связи и АСУ // Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. III Межвузовская научно-практическая конференция. 2018. С. 10-14.

УДК 542.22

С.В. Воробьев, И.В. Постникова, М.Ю. Колобов

Ивановский государственный химико-технологический университет

ИЗБИРАТЕЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: разработан каскадный струйный измельчитель в псевдооживленном слое. Измельчитель способствует снижению энергозатрат, повышению эффективности тонкого измельчения, исключению загрязнения готового тонкодисперсного материала продуктами помола, «раскрытию» поликомпонентных материалов по границам связи отдельных компонентов и более полному извлечению целевого компонента.

Ключевые слова: каскадный струйный измельчитель, избирательное измельчение, апатит-нефелиновая руда.

S.V. Vorobyov, I.V. Postnikova, M.Yu. Kolobov

SELECTIVE GRINDING OF POLYCOMPONENT MATERIALS

Abstract: A cascade fluidized bed jet grinder has been developed. The grinder helps reduce energy consumption, increase the efficiency of fine grinding, eliminate contamination of the finished finely dispersed material with grinding products, «open» multicomponent materials along the boundaries of the connection of individual components and more complete extraction of the target component.

Keywords: cascade jet grinder, selective grinding, apatite-nepheline ore.

В настоящее время для тонкого измельчения твердых материалов применяют различные типы измельчителей: шаровые, вибрационные, пневматические, ударные, кавитационные и т.д. Такое большое разнообразие используемых мельниц обусловлено различием физико-механических свойств измельчаемых материалов, требованием к дисперсности и чистоте готового продукта, особенностям технологии последующей переработки порошков [1–6].

В связи с возросшими требованиями к чистоте измельчаемого материала, долговечности и простоте конструкции все более широкое применение находят струйные мельницы, в том числе и комбинированного типа. Это связано с тем, что в струйных мельницах комбинированного типа время пребывания измельчаемого материала увеличивается по сравнению с обычными струйными мельницами. Очень важным является то, что возникает возможность проведения нескольких процессов в одном аппарате, что снижает энергоемкость процессов. Преимущества струйных мельниц по сравнению с другими типами измельчителей [7]: возможность получать тонкодисперсный материал с низким, или даже нулевым содержанием продуктов износа, ввиду отсутствия мелющих тел и рабочих органов; высокая дисперсность продуктов измельчения, размер которых может регулироваться в широком диапазоне (от 50 мкм до менее 1 мкм); относительная простота конструкций, малые габариты.

Для проведения процесса избирательного измельчения разработан струйный измельчитель каскадного типа, в котором измельчение компонентов осуществляется в различных ступенях соответственно их прочности (рис. 1) [8, 9]. Исходный материал, состоящий из многокомпонентной смеси твердых частиц, из бункера 1 шнековым питателем 2 непрерывно подается в аппарат 3, где подхватывается и разгоняется во встречных потоках энергоносителя, истекающего из четырех сопел 7.

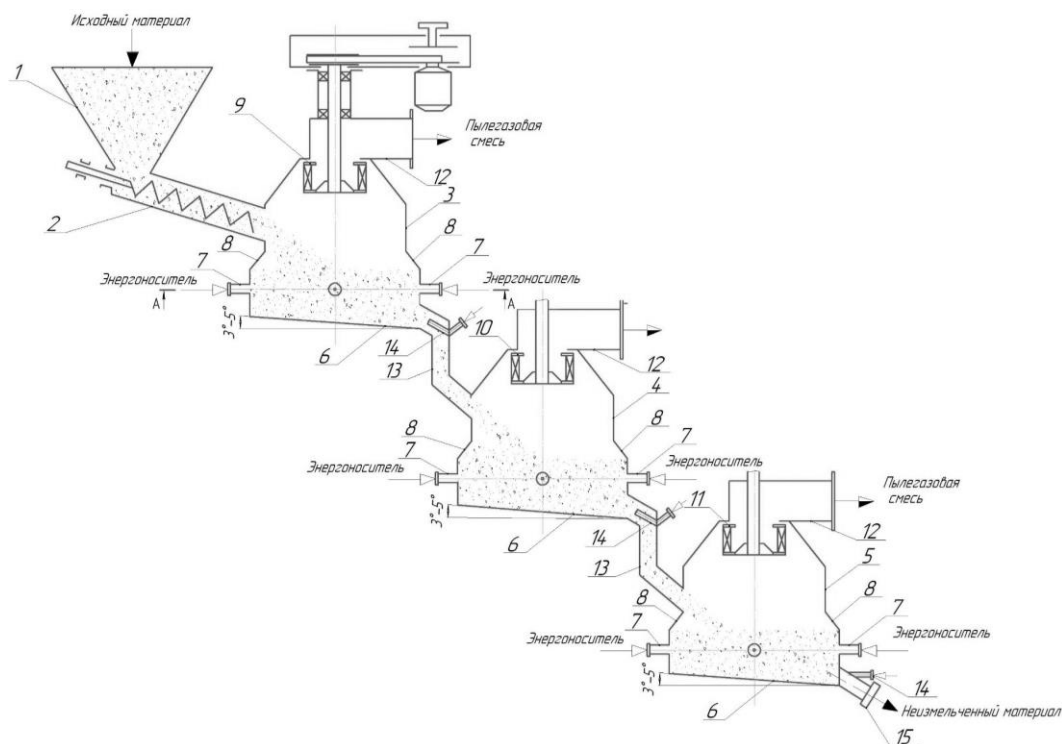


Рис. 1. Каскадный струйный измельчитель для осуществления процесса избирательного измельчения: 1 – бункер исходного материала, 2 – шнековый питатель, 3, 4, 5 – струйные измельчители, 6 – днище, 7 – сопла, 8 – накопительные карманы, 9, 10, 11 – центробежные классификаторы, 12 – патрубки выхода неизмельченного продукта, 13 – патрубки перетока неизмельченных материалов, 14 – патрубки для дополнительной подачи энергоносителя, 15 – патрубков выгрузки неизмельченных материалов

При соударении в зонах струйного ударного измельчения материал измельчается и выбрасывается фонтаном энергоносителя в псевдоожиженный слой. Измельчается наименее прочный компонент смеси, для чего рассчитывают скорость подачи энергоносителя v_1 в первом аппарате 3 каскада. Измельчённые частицы поступают в центробежный классификатор 9. Тонкодисперсный материал удаляют через патрубок выхода 12. Неизмельченные частицы возвращаются в накопительные карманы 8 секции измельчения, где снова подхватываются потоком энергоносителя для повторного столкновения во встречных потоках. Использование накопительных карманов 8 позволяет увеличить концентрацию измельчаемых частиц во встречных струях энергоносителя и повысить вероятность измельчения при столкновении. Более прочные компоненты смеси не измельчаются в первом аппарате 3 каскада, и направляются по наклонному под углом 3^0-5^0 к вертикальной оси аппарата плоскому днищу 6 через патрубок перетока 13 в аппарат 4. Для предотвращения зависания материала в патрубке перетока 13 установлен патрубок 14 для дополнительной

подачи энергоносителя. Процессы измельчения и классификации происходят аналогично процессам в первом аппарате 3. Во втором аппарате 4 будет избирательно измельчаться следующий по прочности компонент смеси. Более прочные компоненты смеси не измельчают во втором аппарате каскада и направляют по наклонному под углом 3^0-5^0 к вертикальной оси аппарата плоскому днищу 6 через патрубок перетока 13 в аппарат 5. Процессы измельчения и классификации происходят аналогично процессам в первом и втором аппаратах 3, 4. Неизмельченные частицы удаляют через выгрузочный патрубок 15.

Процесс избирательного измельчения целевого компонента поликомпонентной смеси исследован на примере апатит-нефелиновой руды путем ударного нагружения в противоточных струях и мягкого избирательного истирания в псевдоожиженном слое.

Важно отметить, что струйный измельчитель каскадного типа с псевдоожиженным слоем позволяет получать продукты измельчения апатит-нефелиновой руды заданной дисперсности путем регулирования подачи воздуха.

Данная конструкция способствует снижению энергозатрат, повышению эффективности тонкого измельчения, исключению загрязнения готового тонкодисперсного материала продуктами намола, «раскрытию» поликомпонентных материалов по границам связи отдельных компонентов и более полному извлечению целевого компонента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. Высшая школа, 1986. 286 с.
2. Колобов М.Ю., Колобова В.В. Дезинтеграторная обработка фосфорсодержащих руд / Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2023. № 1. С. 42-46.
3. Постникова И.В., Блиничев В.Н., Кравчик Я. Струйные мельницы / Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2015. № 2(42). С. 144-151.
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. 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. 2023. Т. 67, № 1. С. 64-69.
6. Колобов М.Ю., Афонин С.Б., Гаврилин В.М. Шаровая мельница / Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 15 апреля 2021. С. 252-255.
7. Уваров В.А., Шарапов Р.Р. Струйные мельницы. Белгород: БГТУ. 2012. 144 с.
8. Воробьев С.В., Колобов М.Ю., Постникова И.В., Козлов А.М. Разработка технологии разрушения поликомпонентных материалов / Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва). 2023. Т. LXVII. No 3. С. 45-50.
9. Блиничев В.Н., Постникова И.В., Воробьев С.В., Колобов М.Ю., Зуева Г.А. Интенсификация процесса разрушения поликомпонентных материалов. Изв. вузов. Химия и химическая технология. Иваново, 2022. Том 65. Вып. 1. С. 109-115.

УДК 662.066

В.М. Гаврилин, С.Б. Афонин, Ф.Н. Ялышев, М.Ю. Колобов

Ивановский государственный химико-технологический университет

ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА НАСАДКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СУСПЕНЗИИ В ГИДРОЦИКЛОНЕ

Аннотация: Для изучения влияния конструктивных факторов гидроциклона на процесс разделения фаз разработана экспериментальная установка. Получены зависимости эффективности очистки суспензии от диаметра нижней (песковой) насадки. Максимальная степень очистки была получена при диаметре отверстия в насадке 4 мм.

Ключевые слова: гидроциклон, эффективность очистки, нижняя (песковая) насадка.

V.M. Gavrilin, S.B. Afonin, F.N. Yalyshev, M.Yu. Kolobov

INFLUENCE OF NOZZLE DIAMETER ON THE EFFICIENCY OF SUSPENSION CLEANING IN A HYDROCYCLONE

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 cleaning the suspension on the diameter of the lower (sand) nozzle were obtained. The maximum degree of cleaning was obtained with a hole diameter in the nozzle of 4 mm.

Keywords: hydrocyclone, cleaning efficiency, lower (sand) nozzle.

При проведении различных технологических процессов в химической, металлургической, горнорудной промышленности, а также в технологическом процессе очистки природных и производственных сточных вод, зачастую приходится проводить обработку двухкомпонентных и многокомпонентных разбавленных и концентрированных суспензий и несмешивающихся жидкостей [1].

Использование вращательного движения, при котором (под действием центробежной силы) происходит разделение веществ с различной плотностью, является основой гидродинамического метода разделения неоднородных, нерастворимых систем. Для процессов гидродинамического разделения неоднородных, нерастворимых систем, основными методами являются центробежное фильтрование и центробежное осаждение [2].

Второй метод разъединения дисперсной фазы от дисперсионной среды обусловлен действием на более плотные частицы центробежной силы инерции. Используются гидроциклоны.

Гидроциклоны обладают рядом, достоинств: малая энергоёмкость, металлоёмкость, незначительные габаритные размеры, большая производительность. Тем не менее, они не лишены нескольких незначительных недостатков: зависимость чистоты разделения дисперсионной системы от колебаний концентрации и состава дисперсной фазы, в питании аппарата; эрозионный износ

внутренних поверхностей при длительной эксплуатации; не способность получения абсолютно чистых продуктов, при разделении тонких суспензий и эмульсий [3-6].

Анализируя результаты промышленной эксплуатации гидроциклонов в нашей стране, можно сказать, что эти аппараты успешно работают в технологических процессах осветления, сгущения и обогащения суспензий и эмульсий, а также в процессах классификации твердой фазы суспензий по крупности.

Конструктивные факторы, влияющие на процесс разделения фаз, следующие:

- 1) конструкция верхней разгрузочной части гидроциклона;
- 2) форма входного отверстия и размеры питающего патрубка;
- 3) диаметр верхнего отводного отверстия;
- 4) размеры цилиндрической части;
- 5) угол конуса гидроциклона;
- 6) диаметр нижней насадки.

Нижние насадки служат для отвода более тяжелой фазы. Их изготавливают в виде сменных насадок с различными выходными отверстиями.

Для изучения влияния конструктивных факторов гидроциклона на процесс разделения фаз разработана экспериментальная установка, общий вид которой показан на рис. 1. Конструкция гидроциклона представлена на рис. 2.

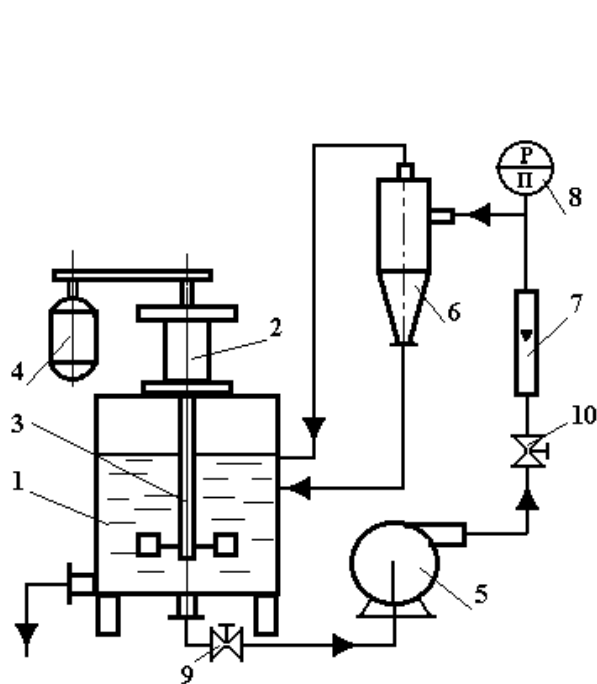


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

- 1 – бак приготовления исходной смеси,
- 2 – корпус подшипников, 3 – турбинная мешалка, 4 – электродвигатель,
- 5 – центробежный насос, 6 – гидроциклон,
- 7 – ротаметр РС-7, 8 – манометр, 9 – кран трехходовой, 10 – кран трехходовой

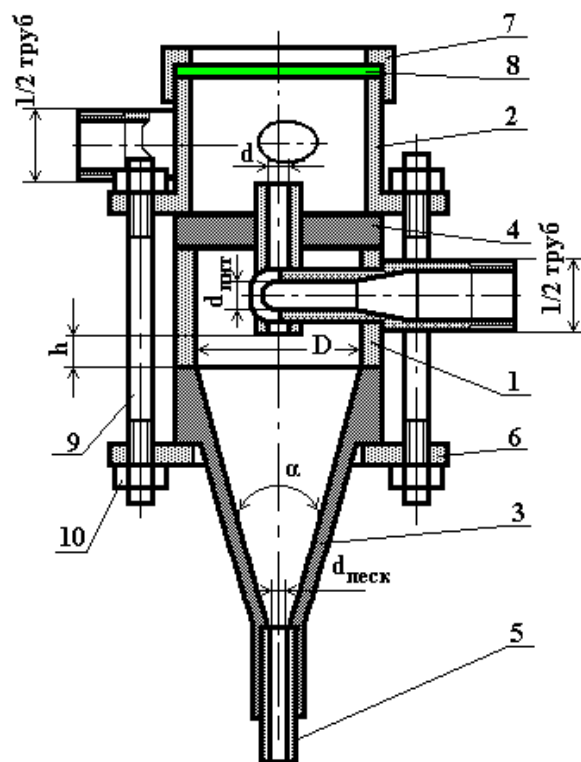


Рис. 2. Экспериментальный гидроциклон:

- 1 – цилиндрический корпус гидроциклона,
- 2 – корпус сливной камеры, 3 – конус сменный, 4 – фланец для закрепления сливного патрубка, 5 – нижняя (песковая) насадка, 6 – фланец, 7 – гайка накладная, 8 – фонарь (стекло), 9 – шпилька, 10 – гайка

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 4; 6; 8; 10 мм. Насадки крепились с помощью резьбовых соединений. Диаметр сливного патрубка равен $d_{\text{п}} = 10\text{ мм}$, угол конуса равен $\alpha = 20^\circ$, диаметр питающего патрубка равен $d_{\text{пит}} = 1/2\text{ дюйма}$. Использовались частицы песка размером 0,25–0,4 мм.

Зависимости эффективности очистки суспензии от диаметра отверстия нижней (песковой) насадки $D_{\text{пес}}$ показаны на рис. 3.

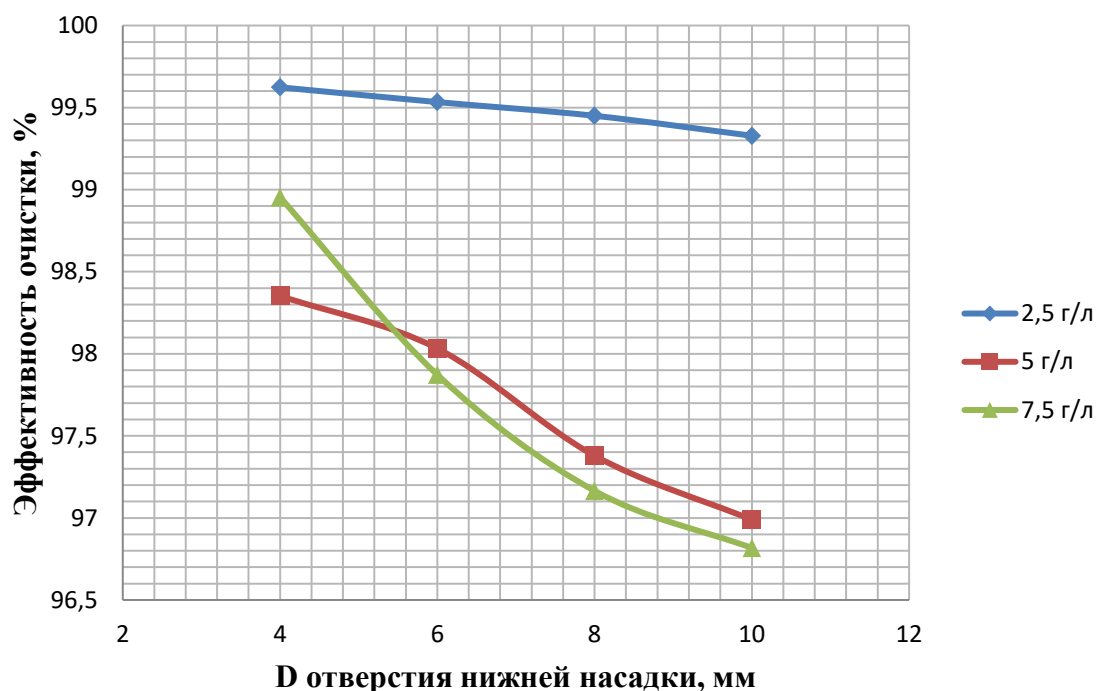


Рис. 3. Зависимость эффективности очистки суспензии от диаметра отверстия нижней (песковой) насадки

Результаты исследований показали высокую степень очистки в гидроциклоне от частиц песка – 96-99%. Максимальная степень очистки была получена при диаметре отверстия в насадке 4 мм. С увеличением диаметра отверстия в песковой насадке степень очистки уменьшалась.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терновский И.Г., Кутепов А.М. Гидроциклонирование. М.: Наука, 1994 г. 350 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия. 1973. 750 с.
3. Кундротас К.Р., Сидоров Е.А. Обоснование параметров устройства для очистки дизельного топлива от эмульсионной воды / Сборник: Молодежь и наука XXI века // Материалы 3-й Международной научно-практической конференции. Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия им. П.А. Столыпина. 2010. С. 52-54.
4. 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.
5. 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.

6. Варнаков В.В., Варнаков Д.В., Кундротас К.Р. Обоснование и расчет рациональных конструкционных параметров гидроциклона для снижения загрязненности дизельного топлива // Международный технико-экономический журнал. 2011. № 2. С. 100-105.

УДК 614.876

С.А. Гарелина, К.П. Латышенко, Р.Н. Любкин

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ЛАБОРАТОРИЙ В СТРУКТУРАХ МЧС РОССИИ

Аннотация: в статье сформулирована проблемная ситуация в системе организации поверки средств измерений, используемых в МЧС России, которая заключается в долгом нахождении средств измерения на поверке, что снижает техническую готовность подразделений МЧС России. Обоснованы направления решения проблемной ситуации, одним из способов решения которой является разработка современной подвижной метрологической лаборатории.

Ключевые слова: средства измерений, поверка, ФКУ «ЦБИТ МЧС России», подвижная метрологическая лаборатория, готовность подразделений, эксплуатация.

S.A. Garelina, K.P. Latyshenko, R.N. Lyubkin

THE RELEVANCE OF THE USE OF MOBILE METROLOGICAL LABORATORIES IN THE STRUCTURES OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

Abstracts: the article formulates a problematic situation in the system of organization of verification of measuring instruments used in the Ministry of Emergency Situations of Russia, which consists in a long time finding measuring instruments for verification, which reduces the technical readiness of units of the EMERCOM of Russia. The directions of solving the problem situation are substantiated, one of the ways to solve which is the development of a modern mobile metrological laboratory.

Keywords: measuring instruments, verification, FКУ «CBIT EMERCOM of Russia», mobile metrological laboratory, readiness of units, operation.

В различных структурных подразделениях МЧС России применяют большое количество разнообразных средств измерений (далее — СИ). Согласно Федеральному закону от 26.06.2008 № 102-ФЗ, все СИ, предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежат первичной, а в процессе эксплуатации — периодической поверке [1]. По этой причине все подразделения, эксплуатирующие СИ, обязаны своевременно представлять их на поверку.

Поверку СИ выполняют для подтверждения их соответствия установленным метрологическим требованиям, в т.ч. для обеспечения единства и требуемой точности измерений [2]. Поверку СИ осуществляют аккредитованные в соответствии с законодательством Российской Федерации метрологические организации, подразделения территориальных органов, учреждения МЧС России [3]. На сегодняшний момент, все СИ, эксплуатируемые в МЧС России, проходят поверку в ФКУ «ЦБИТ МЧС России». В данном подразделении осуществляют поверку различных видов СИ.

В таблице 1 представлена информация о поданных заявках на поверку СИ за 2023 год.

Таблица 1. Заявки на проведение поверки СИ в ФКУ ЦБИТ на 2023 год

Подразделения МЧС России	Гео-мет-ри-че-ских ве-ли-чин	Ме-ха-ни-че-ских ве-ли-чин	Пара-метров пото-ка, ра-схода, уров-ня, объема	Дав-ления и ва-куум	Физи-ко-хи-мич. соста-ва и свойст-в в вещ-еств	Вре-мени и ча-сто-ты	Элек-три-чес-ких и магнит-ных вели-чин	Ра-дио-техн. и ра-дио-элек-трон-ные	Характе-ристик ионизи-рующих излу-чений и ядерных констант	В об-ла-сти ме-ди-ци-ны	Итого за год
Территориальные органы МЧС России Центрального Федерально-го округа	293	5	11	16951	125	145	135	8	1106	26	18805
Территориальные органы МЧС России Приволжского федерально-го округа	30	14	4	3934	86	48	24	0	501	8	4649
Северо-Западный федеральный округ	164	17	240	5541	117	31	80	0	674	61	6925
Южный федеральный округ	84	10	41	2320	27	7	23	1	85	27	2625
Северо-Кавказского федеральный округ	7	4	0	855	4	8	0	0	151	1	1030
Уральский федеральный округ	17	302	8	4850	65	24	34	0	568	146	6014
Сибирский федеральный округ	0	4	45	1792	28	90	20	1	426	41	2447
Дальневосточный федеральный округ	50	7	10	1720	119	53	62	0	168	3	2192
Поисково-спасательные учрежде-ния МЧС России	1	10	0	771	35	9	5	5	373	31	1240
Учреждения федеральной проти-вопожарной службы ГПС	0	0	0	0	0	0	11	0	3	0	14
Учреждения ФПС ГПС, созданные в целях профилактики и тушения пожаров, проведения аварийно-спасательных работ в ЗАТО, особо важных и режимных организациях (СУ)	10	35	9	6228	38	234	78	0	265	8	6905
Спасательные воинские формиро-вания	11	35	20	906	79	3	259	0	1723	54	3090
Военизированные горноспасатель-ные части	0	0	0	132	0	1	0	0	0	3	136
Научные учреждения	9	15	0	56	6	16	13	3	0	0	118
Образовательные учреждения	6	88	0	1643	10	54	0	0	25	12	1838
Медицинские учреждения МЧС России	9	10	59	0	0	12	0	0	6	456	552
Учреждения федеральной проти-вопожарной службы ГПС	27	12	0	57	10	9	16	0	3	2	136
Договорные подразделения феде-ральной противопожарной службы ГПС	0	0	64	21	0	3	0	0	0	0	88
Иные учреждения	5	13	0	154	11	1	18	0	2	0	204
Итого:	723	581	511	47931	760	748	778	18	6079	879	59008

Анализируя данные ФКУ «ЦБИТ МЧС России», можно сделать вывод, что за последние пять лет произошел значительный рост (почти в два раза) количества по-верок СИ (рис. 1), которое было возложено на данное подразделение.

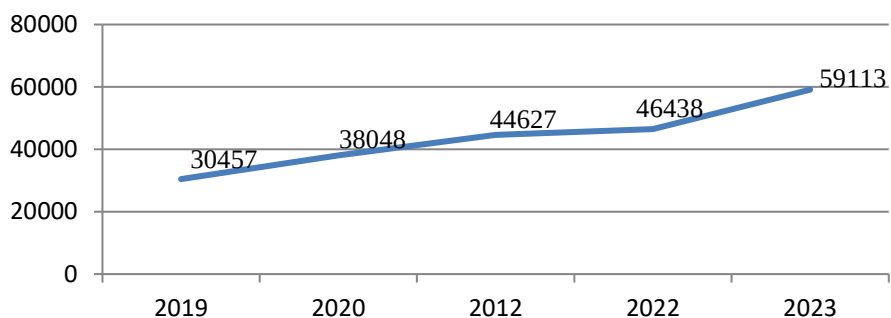


Рис. 1. Динамика количества СИ, подлежащей поверке

В ФКУ «ЦБИТ МЧС России» помимо головного подразделения, находящегося в г. Химки Московской области, имеет еще шесть филиалов. Но не все они осуществляют поверку всех видов СИ, например, Сибирский филиал ФКУ «ЦБИТ МЧС России» проводит поверку СИ давления и вакуума, а также СИ массы. В результате этого на головное подразделение приходится большая нагрузка по проведению поверки СИ.

У каждого СИ установлен межповерочный интервал, по истечении которого СИ изымают и направляют в поверяющий орган. В этот период времени, если в подразделении не имеется подменного фонда СИ или он не способен покрыть тот объем СИ, которое направляется на поверку, оборудование не способно выполнять поставленную задачу. Как уже было сказано, в подразделениях МЧС России применяют большое количество оборудования, которое содержит СИ. Из всех видов СИ, наибольшее количество занимают СИ давления и вакуума, что составляет более 80 % от общего количества. Данные СИ в основном применяют в оборудовании газодымозащитной службы (как пример, манометры в индивидуальных средствах дыхания и пожарных насосах). Вторыми по количеству являются СИ характеристик ионизирующих излучений, которые составляют около 10 % от общего количества. Таким образом, львиную долю всех поверок СИ в ФКУ «ЦБИТ МЧС России» занимают данные виды СИ. В различных подразделениях МЧС России имеется малый подменный фонд СИ, либо, как в случае с СИ излучений и ядерных констант, его практически нет. Для проведения поверки СИ подразделениям МЧС России приходится изымать из эксплуатации СИ и направлять их в ФКУ «ЦБИТ МЧС России» или на коммерческой основе обращаться в иные близлежащие поверяющие органы. В результате этого много времени тратится на транспортировку в ФКУ «ЦБИТ МЧС России», т.к. не всегда возможна быстрая доставка СИ в ФКУ «ЦБИТ МЧС России» и обратно, либо возрастают денежные затраты при обращении в сторонние поверяющие органы. Таким образом, возникает проблемная ситуация, заключающаяся в низкой эффективности системы организации поверки СИ в МЧС России при возрастании числа поверяемых СИ, из-за чего техническая готовность подразделений МЧС России на период проведения поверки, падает, т.к. оборудование в этот период времени не способно выполнять поставленные задачи.

Для облегчения и сокращения времени поверки СИ в 2006 году в ФКУ «ЦБИТ МЧС России» была разработана и внедрена в эксплуатацию подвижная метрологическая лаборатория (далее – ПМЛ) на базе автомобиля ГАЗ 2705 (рис. 2) для выполнения задач метрологической службы в местах постоянного базирования оборудования.



Рис. 2. Подвижная метрологическая лаборатория ФКУ «ЦБИТ МЧС России» на базе автомобиля ГАЗ 2705

Для проведения поверки СИ в данной ПМЛ имеются поверочные установки УПИД-2, УПГ-П, УПДП-1-5 и др.

Данную ПМЛ применяют в области проведения поверки, регулировки и ремонта СИ работ по радиационному контролю объектов и испытаний средств индивидуальной защиты органов дыхания на местах их постоянного использования и эксплуатации и др. Актуальность применения ПМЛ возрастает в период крупномасштабных ЧС, а также в военное время для решения задач гражданской обороны [4].

ПМЛ позволяет проводить поверку СИ в местах их дислокации рабочими эталонами, входящими в комплект ПМЛ при их мобильной доставке в места дислокации поверяемых СИ, что создает условия для поверки и регулировки СИ в местах их расположения.

К основным преимуществам использования ПМЛ для нужд МЧС России можно отнести:

- снижение время нахождения СИ в поверке, что позволяет не выводить на длительное время специальную технику и оборудование из эксплуатации;
- осуществление регулировки, ремонта и настройки СИ непосредственно в подразделении, которое их эксплуатирует;
- оказание метрологической помощи должностным лицам, эксплуатирующим СИ.

Данная ПМЛ способна проводить поверку восьми видов СИ из десяти, используемых в настоящее время.

Таким образом, применение ПМЛ значительно повышает техническую готовность подразделений МЧС России, в которых эксплуатируют СИ, т.к. снижает время нахождения СИ в поверке и уменьшает время отсутствия СИ на своих штатных местах.

Благодаря эксплуатации данной ПМЛ, удалось снять большую нагрузку с ФКУ ЦБИТ «МЧС России», т.к. практически все поверки СИ давления и вакуума ПМЛ осуществляет в местах их дислокации, что также снимает вопрос по их доставке в поверяющие органы.

В результате опроса специалистов ФКУ «ЦБИТ МЧС России», был выявлен ряд недостатков ПМЛ:

- плохая эргономика рабочего места поверителя;
- сложность создания требуемых значений температуры и влажности в салоне лаборатории, особенно в зимний период;
- колебания и скачки напряжения бортового питания лаборатории;
- малое время работы бензогенератора для обеспечения энергией электроприборов поверки;
- большая вибрация в лабораторном отсеке при движении автомобиля по грунтовым дорогам.

ПМЛ позволяет проводить поверку СИ радиационного контроля по второму разряду и ниже по диапазону: поглощенной дозы $5 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{10}$ мГр, мощность поглощенной дозы $5 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^5$ мГр/с, экспозиционной дозы $1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^7$ мЗв, мощность экспозиционной дозы $5 \cdot 10^{-6} \div 1 \cdot 10^3$ мЗв/с, что в свою очередь недостаточно для поверки большего количества СИ, применяемых в МЧС России.

На сегодняшний момент времени, в ФКУ «ЦБИТ МЧС России» эксплуатируют ПМЛ на базе «Ford transit». Данная ПМЛ выполняет те же задачи, что ПМЛ на базе ГАЗ 2705, но обладает более удобной эргономикой и комфортом эксплуатации.

ПМЛ позволяет осуществлять поверку следующих видов СИ: давление и вакуум; механические величины; геометрические величины; параметры потока, расхода, уровня и объема веществ; время и частота; электрические и магнитные величины; показатели медицинского назначения; ионизирующих излучений и ядерных констант.

На данную ПМЛ имеется санитарно-эпидемиологическое заключение в соответствии с НРБ-99/2009, ОСПОРБ 99/2010 на право транспортировки и хранения радионуклидных источников, входящих в состав дозиметрических установок УПДП-1-5, УПГ-П, УПИД-2.

ПМЛ способна осуществить подготовку к работе не более, чем за 15 минут. Время автономной работы от бензогенератора составляет около восьми часов.

В настоящий момент все больше возрастают требования к точности измерений, что предъявляет более высокие требования к ПМЛ, в результате чего, возникла необходимость разработки новой передвижной лаборатории для обеспечения повышения технической готовности подразделений МЧС России.

Сформулирована и проанализирована проблемная ситуация, которая заключается в недостаточной эффективности системы организации поверки СИ в условиях возрастания потребности в этих СИ для нужд МЧС России, что приводит к существенному снижению технической готовности подразделений МЧС России. вследствие необходимости выполнения периодической поверки всех СИ, находящихся в их эксплуатации, в условиях возрастания потребности в этих СИ для нужд МЧС России.

Для решения проблемной ситуации одним из способов предлагается разработка модернизированной ПМЛ, в которой будут учтены и ликвидированы недостатки и использован многолетний опыт эксплуатации ПМЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-ФЗ. Текст: электронный // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс] URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (дата обращения: 11.02.2024).
2. Приказ МЧС России от 30.11.2021 № 833 «Об утверждении Руководства по обеспечению единства измерений в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий». Текст: электронный // КонсультантПлюс. [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (дата обращения: 11.02.2024).
3. Постановление Правительства РФ от 29.06.2011 № 523 (ред. от 25.05.2016) «О федеральной целевой программе «Преодоление последствий радиационных аварий на период до 2015 года». [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_77904/ (дата обращения: 11.02.2024).
4. Приказ МЧС России от 06.02.2013 № 1-III «Концепция создания комплексной системы мониторинга за состоянием защиты населения (КСМ ЗН), в том числе на радиоактивно загрязненных территориях» [Электронный ресурс]. URL: <https://mchs.gov.ru/dokumenty/1845> (дата обращения: 11.02.2024).

УДК 614.876

С.А. Гарелина, К.П. Латышенко, Р.Н. Любкин

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ, МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ ПОДВИЖНОЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ДЛЯ НУЖД МЧС РОССИИ

Аннотация: в данной работе проведен анализ и выявлены недостатки подвижной метрологической лаборатории, применяемой в настоящее время в МЧС России. Для повышения качества проведения поверки средств измерений, было предложено разработать модернизированную подвижную метрологическую лабораторию на базе автомобиля отечественного производства.

Ключевые слова: подвижная метрологическая лаборатория, средства измерений, поверка, готовность подразделений МЧС России, базовое шасси, поверочное оборудование.

A PROPOSAL FOR THE DEVELOPMENT OF A MODERNIZED MOBILE METROLOGICAL LABORATORY FOR THE NEEDS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

Abstracts: this paper analyzes and identifies the shortcomings of the mobile metrological laboratory currently used in the EMERCOM of Russia. To improve the quality of verification of measuring instruments, it was proposed to develop a modernized mobile metrological laboratory based on a domestically produced car.

Keywords: mobile metrological laboratory, measuring instruments, verification, readiness of units of the EMERCOM of Russia, basic chassis, verification equipment.

Согласно приказа МЧС России от 01.10.2020 № 737 «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», метрологическое обеспечение (обеспечение единства измерений) является видом технического обеспечения [1]. Таким образом, качественное метрологическое обеспечение влияет на техническую готовность подразделений МЧС России. т.к. они эксплуатируют большое количество средств измерений (далее — СИ), из которых более 80 % составляют СИ давления и вакуума. Данные СИ применяют в основном в газобаллонном оборудовании пожарно-спасательных подразделений, поэтому без исправных СИ оборудование не работоспособно и не может выполнять поставленные задачи, в результате чего снижается техническая готовность подразделения МЧС России, в котором оно эксплуатируется.

В МЧС России поверку СИ осуществляет ФКУ «ЦБИТ МЧС России», которое находится в мкр. Новогорск г. Химки московской области. Данное подразделение проводит поверку всех видов СИ, применяемых в МЧС России. Помимо самого ФКУ «ЦБИТ МЧС России», имеется еще и филиал в г. Красноярске, проводящий поверку СИ давления и вакуума и др. Таким образом, данные организации обеспечивают метрологическое обеспечение подразделений МЧС России.

В связи с тем, что многие подразделения МЧС России имеют затруднение с доставкой СИ в ФКУ «ЦБИТ МЧС России», им приходится обращаться к иным аккредитованным в соответствии с законодательством Российской Федерации метрологическим организациям на коммерческой основе, что в свою очередь влечет дополнительные финансовые расходы

Для улучшения метрологического обеспечения подразделений, МЧС России в 2006 году в ФКУ «ЦБИТ МЧС России» была разработана и внедрена в эксплуатацию подвижная метрологическая лаборатория (далее — ПМЛ) на базе автомобиля ГАЗ 2705 (рис. 1 а). Данная ПМЛ позволила осуществлять на месте поверку, регулировку и ремонт в течение суток и без вывоза СИ из подразделения, в котором оно находится и эксплуатируется.

На сегодняшний момент в ФГУ «ЦБИТ МЧС России» состоит на вооружении ПМЛ на базе автомобиля «Ford transit» (рис. 1 б).



Рис. 1. Подвижная метрологическая лаборатория ФКУ «ЦБИТ МЧС России»
а – на базе автомобиля ГАЗ 2705; б – на базе автомобиля «Ford transit»

Анализ эксплуатации данных ПМЛ позволил выявить следующие основные недостатки:

- ПМЛ позволяет проводить поверку восьми из десяти видов СИ (например, поверку дозиметрических установок фотонного излучения ионизирующих излуче-

ний можно осуществлять по второму разряду и ниже, а в подразделениях МЧС России применяют СИ третьего разряда);

- неудовлетворительная эргономика рабочих мест поверителей;
- отсутствует возможность размещения двух рабочих мест одновременно;
- сложно создать комфортные значения температуры и влажности в фургоне-лаборатории, особенно в зимний период;
- номенклатура рабочих эталонов и вспомогательного оборудования не в полной мере удовлетворяет потребностям поверки;
- колебания и скачки питания напряжения в розетках для питания поверочного оборудования при подключении питания от преобразователя и бензогенератора;
- малое время непрерывной работы от бензогенератора;
- повышенная вибрация в лабораторном отсеке, возникающая при движении автомобиля по грунтовым дорогам [2].

Таким образом, на сегодняшний день имеется необходимость разработки новой подвижной ПМЛ, которая будет лучше удовлетворять потребности по осуществлению метрологического обеспечения в МЧС России.

В связи с тем, что ПМЛ в основном эксплуатируют на дорогах общего пользования, то и для базового шасси ПМЛ не требуется высокой проходимости. В то же время предъявляют более высокие требования к подвеске, чтобы избежать тряски, негативно влияющей на рабочее оборудование лаборатории. Также по сравнению с ныне эксплуатируемой ПМЛ, для нового автомобиля предложена колесная база 4×2, рекомендована удлиненная база для более рационального размещения рабочих мест поверителя.

Оптимальным вариантом будет автомобиль, имеющий пятиместный салон с хорошим освещением, кондиционер системы рециркуляции воздуха, высокую крышу, подкрылки и резиновые брызговики, антикоррозионное покрытие кузова.

Оптимальные габаритные размеры автомобиля — 7910×2960×2347 мм. В связи с тем, что данная ПМЛ будет обслуживать подразделения МЧС России, находящиеся на значительном удалении от ФГУ «ЦБИТ МЧС России», желательно иметь более экономичную силовую установку и двигатель, работающий на дизельном топливе. Также для удобства и экономии топлива количество передач в трансмиссии должны быть не менее шести вперед и одна — назад. Для уменьшения тряски при транспортировке подвеска должна быть независимая.

Для рабочего места поверителя и рабочего оборудования автомобиль должен иметь объемный монокузов. Структура — каркасно-металлическая основа с толщиной металла не менее 2 мм, прошедшая антикоррозионную обработку, пенополиуретановая термоизоляция по периметру фургона толщиной не менее 40 мм.

Наружные панели — из композиционных материалов, обладающих коррозионной и биологической стойкостью поверхностей, высокой степенью негорючести и стойкостью к УФ-излучению (стеклопластик).

Предлагается внутренне усиление для крепления на стенах дополнительного оборудования внутри фургона.

Внутренняя обшивка фургона — из композитного материала алюкобонд, устойчивого к обработке моющими и дезинфицирующими средствами.

Профессиональная лабораторная антистатическая мебель, адаптированная под специальное оборудование. Для изготовления мебели должен быть использован термостойкий материал.

Наружный отсек под дизель-генератор должен быть на салазках.

Пол фургона:

– утепленный, толщиной не менее 20 мм, огнеупорный металлический усиливающий каркас с креплениями для дополнительного лабораторного оборудования;

– покрытие пола – полимерная резина холодного отверждения, водонепроницаемая, с ударопрочным эффектом, антибактериальными свойствами, высокой степени шумоизоляции, выдерживающая широкий температурный интервал, устойчивая к воздействию кислот и хлора.

Кабина водителя должна быть совмещена с пассажирским отсеком (общее число пассажирских мест — 5), лабораторный отсек должен быть отделен перегородкой с дверью типа купе.

Цветографическая схема, нанесенная на ПМЛ, должна соответствовать ГОСТ 50574-2002 [4].

ПМЛ должна быть укомплектована следующим дополнительным оборудованием:

1. Охранный противоугонный комплекс (GPS/ГЛОНАСС маяк).
2. Устройство контроля за режимами труда и отдыха водителя (тахограф) «Меркурий ТА-001» или его эквивалент.
3. Оборудование вводного электрического щита 220 В с необходимыми комплектующими.
4. Преобразователь напряжения 220/12 В, обеспечивающий электропитание салона лаборатории и зарядку дополнительного аккумулятора от внешнего источника.
5. Мачта осветительная пневматическая телескопическая: высота мачты 4035–5025 мм; длина колен мачты 1200–1500 мм; количество колен 3–5; высота в сложенном состоянии 1420–1640 мм; мощность источника света 500–4000 Вт; радиус разноса ламп 1,5–1,75 м; освещаемая площадь 300–500 м²; масса не более 10 кг; рабочее напряжение 220 В; степень защиты IP-44.
6. Кондиционер отсека салона лаборатории для поддержания микроклимата, необходим для штатного функционирования оборудования и его хранения.
7. Бензогенератор со следующими параметрами: количество фаз — 1; мощность, не менее 2,6 кВт; напряжение — 220 В; точность стабилизации, не более 1 %; частота сети 50 Гц; время автономной работы не менее 17 час; конструктив — портативный открытый; назначение — мобильный; двигатель бензогенератора: пуск — ручной; вид топлива — бензин 92; емкость топливного бака, не менее 17 л; расход топлива — не более 1 л/ч; габаритные размеры, не более 623×435×491 мм; вес, не более 44 кг; уровень шума — не более 64 дБ;
8. Электроосветитель рабочего места с изменяющимся углом освещения;
9. Дополнительные осветительные приборы салона лаборатории и рабочих мест.

Автомобиль должен быть укомплектован специальным оборудованием. Вот список рекомендуемого оборудования:

1. Мерник образцовый металлический — мерник эталонный 2-го разряда, предназначенный для поверки топливораздаточных колонок и дозаторов нефтепродуктов, 2-й разряд с пеногасителем и со специальной шкалой М2Р-50 СШ.

2. Пресс универсальный малогабаритный ПУМ-60.

3. Многофункциональный измерительный комплекс ПОИСК 600.

4. Автономное, переносное рабочее место быстрого развертывания.

5. Манометры цифровые МО-05.

6. Установка для поверки каналов измерения давления УПКД-3.

7. Эталоны масс.

8. Комплект поверки гирь и весов переносный КПГВП

9. Пресс пневматический малогабаритный переносный ПТ-0,25.

10. Уровень брусковый 150 мм 0,02 мм/м ЧИЗ.

11. Переносный измерительный микроскоп МПБ-100.

12. Лупа измерительная с подсветкой L30.

13. Микрометр цифровой Зубр МКЦ 50 Эксперт (34482-50).

14. Установка для поверки секундомеров УПМС-1.

15. Секундомер механический СОСпр-26-2-000.

16. Универсальный калибратор Fluke- 5502A.

17. Функциональный генератор сигналов Диатест-4.

18. Метеометр ИВА-6А-Д.

19. Термометр стеклянный технический жидкостной прямой (2П), а также угловой (2У).

20. Линейка лекальная с двухсторонним скосом ЛД-200 кл. 00 МИКРОН.

21. Лазерный дальномер Leica Disto D510.

22. Инструменты, необходимые для ремонта метрологических приборов, и один комплект для работы с кислородом.

23. Магнитометр МФ-24ФМ.

24. Плита чугунная, которая предназначена для измерений отклонений от прямолинейности и плоскостности, поверочных и разметочных работ. Размер 500×500 мм, поверочная и разметочная шаброванная, класс точности 1.

25. Ноутбук для ведения информационного фонда и документации при проведении поверки СИ (свидетельств о поверке, извещений о непригодности, протоколов, журналов учета поверочных работ, актов и др.).

Все оборудование должно быть произведено не позднее 2023 года и входить в государственный реестр измерений.

В связи с международной обстановкой автомобиль должен быть отечественной разработки, чтобы в случае неисправности не возникало затруднений с ремонтом и техническим обслуживанием, а также поддержки отечественного производителя.

Предъявленным требованиям отвечает ГАЗ Next City с однообъемным монокузовом (рис. 2) [3].



Рис. 2. ГАЗ Next City с монокузовом

ПМЛ должна удовлетворять следующим условиям: электрооборудование ПМЛ должно быть адаптировано для работы 220/12 В, доступно к его обслуживанию, вентилируемо; оборудована центральным замком; иметь внешний ввод для питания напряжением 220 В; иметь выносной бензогенератор с возможностью подключения к внешнему вводу ПМЛ; над рабочим столом необходимо разместить восемь электророзеток, четыре из которых должны быть подключены к преобразователю напряжения 12/220 В, а четыре другие — к внешнему вводу; в ПМЛ должен быть установлен преобразователь напряжения 220/12 В, обеспечивающий электропитание салона лаборатории.

Анализ опыта работы ПМЛ, используемой в настоящее время, позволил выявить ряд недостатков, ограничивающих применение ПМЛ для решения комплексных задач по выполнению задач ГО. Сформулированы требования к модернизированной ПМЛ, которой предлагается со временем оснастить ФКУ «ЦБИТ МЧС России». Предложено использовать базовое шасси автомобиля ГАЗ Next City, на котором и будет строиться ПМЛ. Сформулированы требования к внутреннему устройству салона лаборатории ПМЛ и ее комплектации технологическим оборудованием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МЧС России. Приказы. Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий: приказы МЧС России от 01.10.2020 № 737 / МЧС России. Приказы. Текст: электронный // КонсультантПлюс.ВерсияПроф.
2. Гарелина С.А. Передвижные метрологические комплексы в системе МЧС России / С.А. Гарелина, Е.С. Дементьев, К.П. Латышенко. Текст: непосредственный // XXVII Межд. н.-практ. конф. «Предупреждение. Спасение. Помощь», посвященной 85-й годовщине создания гражданской обороны и 25-летию со дня образования Академии. Химки: АГЗ МЧС России, 2017. С. 47-49.
3. Автомобиль специального назначения с однообъемным монокузовом. — Текст: электронный // АВтотех: [Электронный ресурс] URL: <https://avt-t.ru/avtomobil-specialnogo-naznachenija-s-odnoobemnym-monokuzovom/> (дата обращения: 13.03.2024).
4. ГОСТ Р 50574–2019 Автомобили, автобусы и мотоциклы оперативных служб. Цветографические схемы, опознавательные знаки, надписи, специальные световые и звуковые сигналы. Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов: [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200162596> (дата обращения: 30.02.2024).

5. Гарелина С.А. Методы и средства измерений в МЧС России. Часть 1. Технические средства мониторинга и контроля чрезвычайных ситуаций / С.А. Гарелина, Е.С. Дементьев, К.П. Латышенко. Химки: АГЗ МЧС России, 2019. 126 с. Текст: непосредственный.

УДК 629.06

А.П. Губанов, А.Д. Семенов, А.Н. Бочкарев, Д.С. Катин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УСТРОЙСТВА ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ БОЕГОТОВНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Аннотация: в статье затрагивается проблема заправки пожарных автомобилей пенообразователем при проведении мероприятий по восстановлению боевой готовности подразделений пожарной охраны, что в свою очередь увеличивает время проводимых мероприятий. Подробно рассмотрены различные варианты заправки пенобаков пенообразователем, а также выявлены их недостатки. Наряду с этим, предложен возможный способ совершенствования способа заполнения пенообразователем пожарный автомобиль.

Ключевые слова: восстановление боевой готовности, пена, пожарный автомобиль, пенобак, пенообразователь.

A.P. Gubanov, A.D. Semenov, A.N. Bochkarev, D.S. Katin

ACTUAL PROBLEMS OF THE DEVICE OF FIRE TRUCKS AFFECTING THE RESTORATION OF COMBAT READINESS OF THE FIRE DEPARTMENT

Abstract: The article deals with the problem of refueling fire trucks with foaming agent during measures to restore the combat readiness of fire protection units, which in turn increases the time of the events. Various options for filling foam blocks with a foaming agent are considered in detail, as well as their disadvantages are revealed. Along with this, a possible way to improve the method of filling a fire truck with a foaming agent is proposed.

Keywords: restoration of combat readiness, foam, fire truck, foam block, foaming agent.

Обеспечение пожарной безопасности и тушение пожаров при интенсивном развитии и функционировании населенных пунктов является одним из приоритетных направлений для реализации важнейших задач органами управления пожарной охраной и местной власти.

Ежедневно подразделения пожарной охраны выезжают на тушение пожаров и загораний, проведение аварийно-спасательных работ и ликвидацию дорожно-транспортных происшествий. При этом к месту вызова привлекается личный состав пожарно-спасательных подразделений на основных пожарных автомобилях общего применения.

В работах [1, 2] был проведен анализ боевых действий по тушению пожаров пожарно-спасательных подразделений одного из местных пожарно-спасательных гарнизонов. Проведенный анализ позволил выделить в качестве объекта исследова-

ния такой качественный показатель, как восстановление боеготовности подразделения пожарной охраны после возвращения с выезда.

Восстановление боеготовности подразделения пожарной охраны осуществляется непосредственно по прибытии в место постоянной дислокации и не должно превышать 40 минут [3]. Одним из составляющих данного вида действий по восстановлению эксплуатационных характеристик пожарных автомобилей является его заправка горюче-смазочными материалами и огнетушащими веществами [3]. В процессе изучения и анализа восстановления боеготовности подразделения была выявлена одна из проблем в устройстве пожарного автомобиля и его компоновке.

Главной проблемой в процессе восстановления боеготовности подразделения пожарной охраны была и остается процесс заполнения пенобака пенообразователем пожарного автомобиля общего применения. Обусловлено это высокой пенообразующей способностью пенообразователя при перемешивании, что требует поиска технических решений, позволяющих уменьшить временные интервалы отдельных мероприятий по восстановлению технической готовности пожарной техники в подразделении. Пена - высококонцентрированная гетерогенная система газ-жидкость, в которой пузырьки газа разделены тонкими плоскими прослойками жидкости, образующими замкнутые соты. От высококонцентрированной эмульсии пены отличаются тем, что жидкость дисперсной фазы заменена газом. Низко концентрированные дисперсии газа в жидкости называются газовыми эмульсиями [6].

Из всех основных пожарных автомобилей основной тактической единицей на пожаре по-прежнему являются пожарные автоцистерны.

Пожарные автоцистерны используются как самостоятельные единицы с подачей воды из собственной цистерны, открытого водоема или водопроводной сети. На ней может использоваться пенообразователь как из бака, так и из постороннего источника.

Для выполнения основных функций пожарные надстройки автоцистерны включают такие элементы, как цистерны для воды и баки для пенообразователя, пожарные насосы с трансмиссиями к ним, водопенные коммуникации и приводы управления механизмами (рис. 1).



Рис. 1. Элементы АЦ: 1 — кабина боевого расчета; 2 — цистерна для воды; 3 — пенобак; 4 — отсеки для ПТВ и оборудования; 5 — насосный отсек; 6 — крупногабаритное ПТВ; 7 — окраска по цветографической схеме

В литературе [4, 5] показано, что при создании пожарных автомобилей современной генерации преобладают такие конструктивные материалы, как сплавы алюминия, нержавеющая сталь, полимерные материалы. В настоящее время емкости под пенообразователь на пожарных автомобилях, применяемых подразделениями пожарной охраны изготовлены из стали марки Ст3, нержавеющей (легированной) стали, полиэтилена.

Анализ технических возможностей по заправке пенобака автоцистерны показал, что на практике реализовано два способа. Первый подразумевает заполнение емкости через горловину. Второй подразумевает использование промежуточного насоса для заполнения пенобака. Этот способ является более универсальным, но требует дополнительных затрат на приобретение промежуточного насоса для перекачки пенообразователя.

Наблюдения по заполнению (способ 1) модельной емкости показали, что требуются значительные временные затраты в виду вспенивания пенообразователя (рис. 2). В литературе [7], описывается процесс пенообразования, который зависит от возникновения турбулентности на границе раздела фаз пенообразователь-воздух при контакте пенообразователя в емкости с его потоком, при переливе.



Рис. 2. Образование пены при заполнении модельной емкости переливом из одной емкости в другую

Напомним, что второй способ заполнения модельной емкости основан на применении дополнительных емкостей (рис. 3) устройств (рис. 4). Процесс заполнения состоит в том, что самотеком или с помощью насоса пенообразователь по гибким шлангам из емкости для хранения направляется в модельную. Вследствие того, что удастся подобрать необходимую скорость подачи пенообразователя, устанавливается ламинарный режим истечения жидкости без образования границы раздела фаз потоков пенообразователя – воздух. В результате установившегося истечения пенообразователя пена не образуется, и емкость заполняется полностью за экспериментально установленные значения времени.

Таким образом, для уменьшения вспенивания пенообразователя при наполнении пенобаков пожарных автомобилей наиболее эффективными и гибкими являются физические методы.

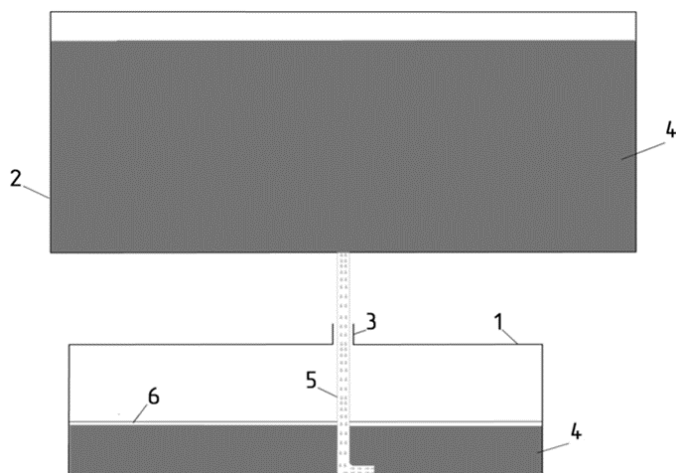


Рис. 3. Заправка пенобака с помощью самодельных технических приспособлений самотеком: 1 — пенобак, 2 — емкость с пенообразователем, 3 — горловина пенобак, 4 — пенообразователь, 5 — патрубок, 6 — слой пены

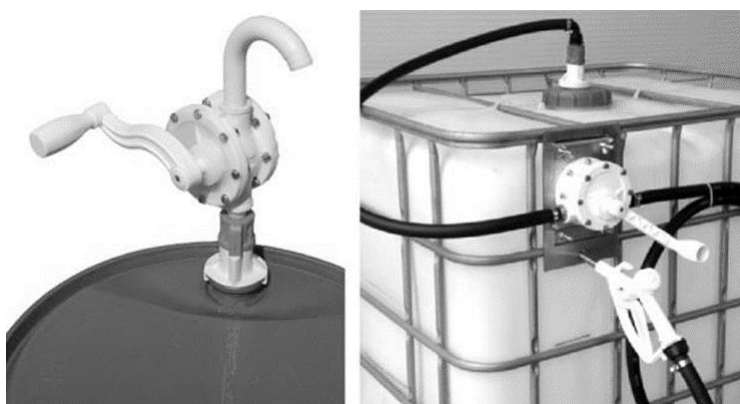


Рис. 4. Заполнение пенобака с использованием промежуточного насоса

В заключении отметим, что эффективность тушения пожара носит вероятностный характер, а временные параметры восстановления боевой готовности техники в подразделении являются определяющими при реагировании на тушение пожара. Определено, что наиболее затратной, по времени, является заправка пожарного автомобиля пенообразователем. Операция по заправке пенобака является самой продолжительной и приводит к увеличению времени восстановления готовности пожарного автомобиля после пожара. Установлено, что при заполнении пенобака пенообразователем происходит пенообразование, которое выражается в снижении использования полезного объема бака, нарушении регламента обслуживания пожарного автомобиля при возвращении в пожарно-спасательную часть, увеличении потерь перекачиваемой жидкости, а также в неблагоприятном воздействии на элементы и оборудования пожарного автомобиля. Исходя из вышеизложенного требуется решение проблемы пенообразования при заполнении пенобака пожарного автомобиля путем включения в надстройку дополнительных устройств, создающих ламинарный поток жидкости при перекачке. К таким агрегатам относятся насосы объемного действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баканов М. О. Влияние количества личного состава дежурного караула подразделений пожарной охраны на эффективность тушения пожаров / М.О. Баканов, А.В. Суровегин, Д.С. Катин // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов III Всерос-

сийской научно-практической конференции, Иваново, 26 мая 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. 3-7. EDN NJOZFB.

2. Прогнозирование размещения пожарных депо на основе применения требований пожарной безопасности / Д.С. Катин, И.А. Кузнецов, А.В. Суровегин, А.А. Люлюкин // 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. 458-464. EDN GZUCTF.

3. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

4. Терещев В.В. Ульянов Н.И., Грачев В.А. Пожарная техника. Кн. 1. Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение. М.: Центр Пропаганды, 2007. 328 с (Дата обращения: 24.04.2022).

5. Пожарная автоцистерна АЦ-3,2-40/4(43253) модель 001-МС. Руководство по эксплуатации. М: ЗАО «ПО «Спецтехника пожаротушения», 2011. 162 с (Дата обращения: 24.04.2022).

6. Шароварников А.Ф., Шароварников С.А. Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав, свойства, применение. М.: Пожнаука, 2005. 335 с

7. Семенов А.Д., Бочкарев А.Н., Кнутов М.С. Влияние способа заправки пенобака на время приведения пожарного автомобиля в готовность после пожара // Современные проблемы гражданской защиты. 2020. №4(37). С. 143-150

УДК614.84

В.К. Гусейбеков, И.В. Багажков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, ГДЕ ПРИСУТСТВУЕТ УГРОЗА ПРИЧИНЕНИЯ ВРЕДА ЖИЗНИ И ЗДОРОВЬЮ УЧАСТНИКАМ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

Аннотация: в статье представлен обзор роботизированных комплексов и систем для обеспечения противопожарной защиты на объектах и производствах со взрывчатыми материалами отечественного производства. Разновидностей данных систем существует огромное количество, каждая роботизированная система пожаротушения по-своему уникальна и отвечает конкретным требованиям. С самыми популярными и актуальными комплексами обеспечения пожарной безопасности вы можете ознакомиться в данной статье.

Ключевые слова: комплекс, роботизированные системы, обзор, отечественное производство, безопасность.

V.K. Gyseibekov, I.V. Bagazhkov

AUTOMATED SYSTEMS TO ENSURE FIRE PROTECTION IN ENTERPRISES WHERE THERE IS A THREAT OF HARM TO THE LIFE AND HEALTH OF PARTICIPANTS IN EXTINGUISHING FIRES

Abstracts: the article presents an overview of robotic complexes and systems for providing fire protection at facilities and industries with explosive materials of domestic production. There are a huge number of varieties of these systems, each robotic fire extinguishing system is unique in its own way and meets specific requirements. You can find the most popular and relevant fire safety complexes in in this article.

Keywords: complex, robotic systems, overview, domestic production, security.

Роботизированные системы пожаротушения — это стационарное автоматическое устройство, которое установлено на неподвижном основании, комплектуется пожарным стволом, имеющим несколько режимов подвижности и оснащенного комплексом приводов, а также устройства программного обеспечения, предназначена для тушения и локализации пожара или охлаждения технического оборудования и строительных конструкций [1].

Мобильная установка пожаротушения роботизированная — предназначена для получения информации и тушения пожара в зонах, представляющих опасность для участников действий по тушению пожаров, в населенных пунктах и на промышленных объектах и служит для:

- 1) передвижения в пораженной зоне по маршруту, дистанционно задаваемому сигналом оператора в режиме реального времени;
- 2) освещения обследуемой территории по траектории движения;
- 3) передачи видеоизображения на монитор оператора по ходу движения;
- 4) сканирования объектов в заданных плоскостях с обнаружением горения;
- 5) подачи в очаг пожара огнетушащих веществ.

Классификация роботизированных комплексов пожаротушения:

- 1) по типу лафетного ствола;
- 2) по типу расположения ЛСД;
- 3) по виду привода пожарных роботов;
- 4) по типу устройства, которое обнаруживает загорание;
- 5) в зависимости от своих функциональных возможностей;
- 6) в зависимости от количества расхода огнетушащих средств;
- 7) в зависимости от места расположения;
- 8) по величине погрешности наведения и отработки траектории.

Роботизированные комплексы обеспечения противопожарной безопасности Российского производства представлены далее

По своему назначению мобильная установка пожаротушения роботизированная МУПР «Прометей» (см. рисунок) предназначена в качестве самостоятельной единицы подразделения пожарной охраны для проведения разведки, обнаружения очагов и скрытых участков горения и тушения пожаров (при подключенной напорной рукавной линии от пожарной автомобиля, насосной станции или гидранта) [2].



«Прометей»



«МРК-РПНИЦ Р»



«РУПР-1»

Рисунок. Роботы пожарные

Основные потребительские качества:

- 1) передвижение и маневрирование осуществляется по ровной, наклонной и пересеченной территории, подъем по лестничным маршам;
- 2) видео и тепловизионная фиксация в обследуемой зоне, дистанционно получая сигналы от оператора по радиоканалу или по проводу управления;
- 3) освещение интересующей зоны риска по ходу движения;
- 4) передача изображения, а также видео на монитор оператора;
- 5) подача в очаг пожара, в заданную оператором точку (зону) ОТВ (воды, компрессионной пены, воздушно-механической пены);
- 6) дистанционное определение внешних предельно допустимых (безопасных) границ радиационного или химического загрязнения с применением специального оборудования (табл. 1).

Таблица 1. Технические характеристики пожарного робота «Прометей»

Скорость передвижения изделия	От 1 до 6 км/ч
Угол разворота на месте	360°
Перемещение лафетного ствола	Электрическое и ручное
Расход воды из ствола	40 л/с
Срок службы	10 лет
Масса изделия в зависимости от комплектации	160 ±35 кг
Габаритные размеры (Д×Ш×В)	1270×660×970
Количество камер	3
Материал корпуса МРК	сталь, 09Г2С

МРК-РПНИЦ Р предназначен для проведения разведки и тушения затяжных пожаров при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, отягощенных химическим и радиационным поражением, сопровождаемыми с рисками гибели и травматизма [3] (рис. 1).

Основные потребительские качества:

- 1) подача в очаг возгорания водопенного раствора от водопенного модуля пожаротушения;

- 2) подача в очаг возгорания порошкового огнетушащего вещества от порошкового модуля пожаротушения;
- 3) подача в очаг возгорания тонко распыленной воды от АБР-РОБОТ через 50-ти метровую катушку по рукаву высокого давления;
- 4) подача в очаг воздушно-механической пены низкой кратности от АБР-РОБОТ через 50-ти метровую катушку по рукаву высокого давления или пены высокой кратности через пожарный рукав и генератор пены высокой кратности (ГВП), закрепленный на манипуляторе, от цистерны;
- 5) ведение предметной разведки в дневное и ночное время суток и в условиях задымленности (табл. 2).

Таблица 2. Характеристики пожарного робота «МРК-РП НИЦ Р»

Максимальная скорость передвижения	1,0 м/с
Грузоподъемность манипулятора	30 (120)кг
Габаритные размеры	1300, 700, 800 мм
Масса в снаряженном состоянии	230÷360 кг
Дальность обнаружения очага пожара	50 м
Высота преодолеваемого порогового препятствия	300 мм

Радиоуправляемый пожарный робот РУПР-1 относится к области пожарной техники, а точнее к роботизированным средствам пожаротушения, мониторинга чрезвычайных ситуаций и проведения аварийно-спасательных работ в зоне чрезвычайной ситуации в особо опасных условиях или в труднодоступных участках местности [4].

Основные потребительские качества:

- 1) малогабаритный мобильный дистанционно-управляемый комплекс систем пожаротушения;
- 2) оснащение вентиляторной установкой;
- 3) подача водопенных огнетушащих составов;
- 4) беспроводной дистанционный блок управления с регулировкой степени и давления распыления (табл. 3) .

Таблица 3. Характеристики пожарного робота «РУПР-1»

Дальность управления по радиоканалу	1 км
Габаритные размеры	1300, 700, 800 мм
Масса в снаряженном состоянии	120 кг
Дальность подачи лафетного ствола	35 м
Высота преодолеваемого порогового препятствия	300 мм

Подводя краткий итог обзору, хотелось бы сказать, что данный ряд научно-технических разработок далеко не весь спектр роботизированных комплексов обеспечения противопожарной защиты. В дальнейшей работе следует провести анализ пожарных роботов зарубежного производства, сравнить тактико-технические харак-

теристики и прийти к общему решению выбора роботизированных систем пожаротушения для защиты зданий с повышенной угрозой взрыва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53326-2009 «Техника пожарная. Установки пожаротушения роботизированные. Общие технические требования. Методы испытаний».
2. Технический паспорт робота пожарного «Прометей».
3. Технический паспорт робота пожарного «МРК-РП НИЦ Р».
4. Технический паспорт робота пожарного «РУПР-1».

УДК 621.3.019.3: 62-784.43: 537.523.9

А.Е. Ефимов¹, А.Г. Бубнов², Г.И. Гусев¹

¹ Ивановский государственный химико-технологический университет,

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕАКТОРА С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ БАРЬЕРОМ НА НАДЁЖНОСТЬ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ФОРМАЛЬДЕГИДА

Аннотация: Оценены показатели надежности газоразрядных ячеек с диэлектрическим барьерным разрядом. Показано, что увеличение диэлектрического барьера в 1,8 раза при очистке воздуха от формальдегида может кратно увеличивать наработку на отказ реактора с диэлектрическим барьером. Последнее позволяет на практике значительно уменьшать кратность резервирования реакторов.

Ключевые слова: показатели надежности, летучие органические соединения, диэлектрический барьерный разряда, формальдегид, степень превращения.

A.E. Efimov, A.G. Bubnov, G.I. Gusev

INFLUENCE OF MATERIAL AND GEOMETRICAL PARAMETERS OF A REACTOR WITH A DIELECTRIC BARRIER ON THE AIR PURIFICATION FROM FORMALDEHYDE

Abstracts: The reliability indicators of gas-discharge cells with a dielectric barrier discharge have been assessed. It has been shown that an increase in the dielectric barrier by 1.8 times when purifying air from formaldehyde can multiply the time between failures of a reactor with a dielectric barrier. The latter makes it possible in practice to significantly reduce the redundancy ratio of reactors.

Keywords: reliability indicators, volatile organic compounds, dielectric barrier discharge, formaldehyde, conversion degree.

Эколого-экономическая эффективность плазменно-химических технологий (ПХТ), в том числе реакторов с диэлектрическим барьерным разрядом (ДБР), зависит от надёжности его элементов. Низкий уровень надёжности элементов, может

приводить не только к снижению производительности систем очистки путем возникновения вынужденных простоев, но и приводит к увеличению стоимости их технического обслуживания и ремонта, из-за необходимости частой замены теряющих свои качества во время эксплуатации элементов реактора. Кроме того, низкие показатели надёжности могут негативным образом отобразиться на предпочтительности системы очистки воздуха при обосновании выбора ПХТ с ДБР. Так как в настоящее время в нормативной и технической документации (в т.ч. информационно-технических справочниках) отсутствуют данные по показателям надёжности газоразрядных очистных устройств, то актуальной задачей является проведение определительных испытаний перспективных ПХТ. Исходя из сказанного выше, целью работы являлось получение реальных данных по надёжностным характеристикам реакторов с ДБР при удалении формальдегида из воздуха при варьировании геометрических параметров диэлектрических барьеров реакторов-ячеек.

Эксперимент проводился на различных реакторах-ячейках ПХТ с ДБР, в которых неизолированный электрод из *Al* располагался коаксиально (рис. 1). Основное отличие реакторов заключалось в составе стеклянной внешней оболочки (молибденовое (№ 1) или боросиликатное (№ 2) стекла), а также геометрических параметрах (т.е. различные значения величины диэлектрического промежутка (табл. 1).

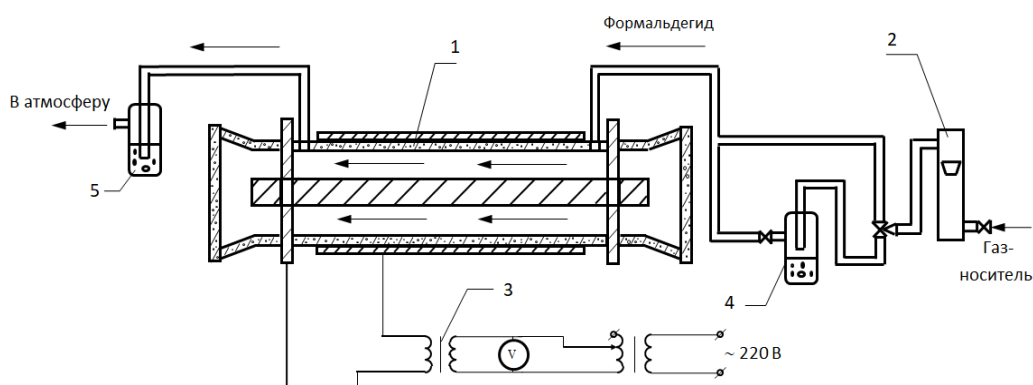


Рис. 1. Схема лабораторной установки [2]:

1 — разрядное устройство, 2 — ротаметр, 3 — высоковольтный источник питания, 4 — сосуд с параформальдегидом, 5 — поглотительный сосуд с дистиллированной водой

Диэлектрический зазор газоразрядной ячейки был неоднородным и состоял из воздуха и стекла, которое являлось изолятором и внешним электродом. Газовый разряд возбуждался от высоковольтного трансформатора, при этом значение переменного тока вторичной цепи было не выше 70 (для № 1) и 600 мкА (для № 2) при промышленной частоте (50 Гц), а действующие значения напряжения между электродами составляло 13,5 (№ 1) и 15,8 кВ (№ 2) (удельная мощность составляла 0,04 (№ 1) и 0,22 Вт/см³ (№ 2), табл. 1).

Таблица 1. Параметры газоразрядных ячеек с барьерным разрядом

Параметры	Ячейка № 1	Ячейка № 2
Длина разрядной зоны, мм	170	170
Толщина воздушного зазора, мм	13,8	14
Толщина диэлектрического барьера, мм	2,7	1,5
Расстояние между электродами, мм	19,2	17
Материал диэлектрического барьера	Молибденовое стекло	Боросиликатное стекло

В качестве модельного поллютанта рассматривался формальдегид (Ф), загрязняющий воздух. Причина выбора Ф заключается в том, что данное соединение относится к категории критериальных летучих органических соединений, кроме того, известны продукты окислительной деструкции Ф в присутствии плазмы барьерного разряда, а сам Ф является экологическим маркером целого ряда производств. Исходные концентрации Ф без использования ДБР составляли 30 (№ 1) и 120 мг/м³ (№ 2). Содержание Ф в воздухе до и после очистки оценивалось фотометрическим методом с применением серной и хромотроповой кислот [1].

Определение и оценка показателей надёжности проводилась на основе [2], в частности, на данном этапе исследований, экспериментально определялись наработка на отказ (снижения степени превращения (T_o)) и среднее время восстановления (T_e). На основе полученных значений рассчитывались коэффициент готовности (K_g), коэффициент оперативной готовности ($K_{ог}$), интенсивность отказов, вероятность безотказной работы (P) и кратность резервирования (m). Кроме того, что для оценки P использовалось экспоненциальное (основное) распределение.

Следует отметить, что в работе, кроме индивидуальной P для ячейки ДБР, определялась также вероятность безотказной работы теоретической системы $P_{сист}$, которая оценивалась для очистной установки, состоявшей из 3 элементов (рис. 2): системы подачи воздуха ($P_1 = 0.99$), системы питания (отказ трансформатора ($P_2 = 0.99$), системы генерации активных частиц (реактор с ДБР (P_3 определялась экспериментальным путем))).

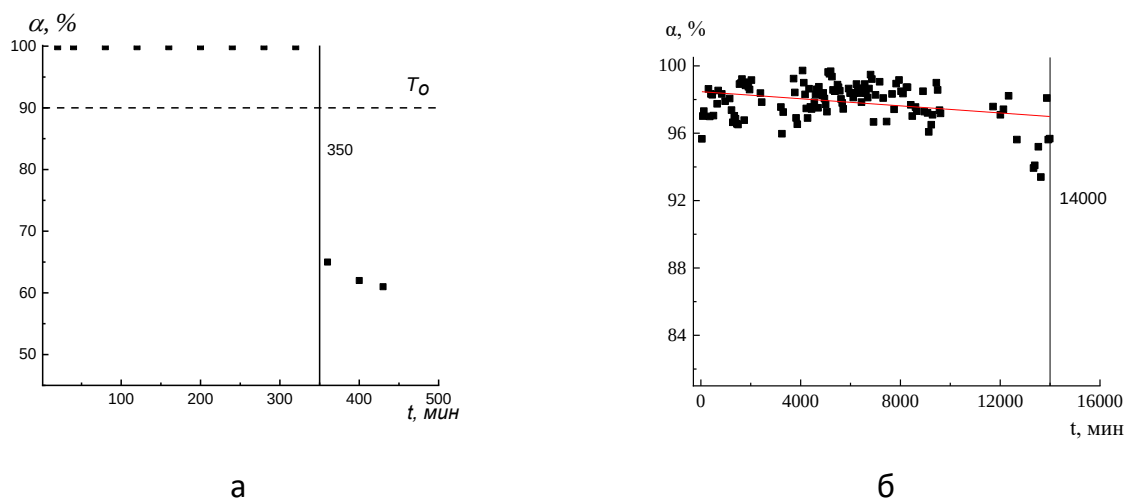


Рис. 2. Степень превращения (α) формальдегида от физического времени работы реактора при $W = 0,04$ для ячейки № 1 (а) и $0,22 \text{ Вт/см}^3$ для ячейки № 2 (б)

Время, которое использовалось для оценки вероятности безотказной работы оборудования, составляло 8 ч (480 мин). Кроме того, в качестве опорного значения $P_{сист}$ для резервирования выбрано 0,999, т.к. в литературе и нормативной документации отсутствуют требования к $P_{сист}$ технических средств. Результаты определения и оценки показателей надёжности реакторов с ДБР представлены в табл. 2.

Таблица 2. Надежностные характеристики реактора ДБР

Показатели	Ячейка № 1	Ячейка № 2
	C_0 , мг/м ³	
	30	120
Наработка на отказ (T_o), мин	350	14000
Время восстановления (T_e), мин	55	55
Коэффициент готовности (K_g)	0,864	0,996
Коэффициент оперативной готовности ($K_{ог}$)	0,219	0,962
Вероятность безотказной работы элемента системы (P_3)	0,254	0,966
Количество ячеек с ДБР для резервирования (m), шт.	24	3

Видно, что показатели надежности коаксиальной системы с ДБР в значительной степени меняются в зависимости от геометрических параметров ректора. Причины такого значительного различия можно наблюдать из рис. 2. Видно, что увеличение толщины диэлектрического барьера в 1,8 раза позволяет повысить T_o в 40 раз. Снижение степени превращения Φ для ячейки № 1 в присутствии электрода из Al, вероятно, обусловлено присутствием конденсированной фазы, образующейся в результате воздействия активных частиц плазмы (преимущественно, атомарного кислорода в основном электронном состоянии (O^3P) и $OH\cdot$ с генерацией формильных радикалов (рис. 3). Соответственно, появление новой фазы приводит к повышению активного сопротивления разрядной ячейки с последующим уменьшением величины плотности тока.

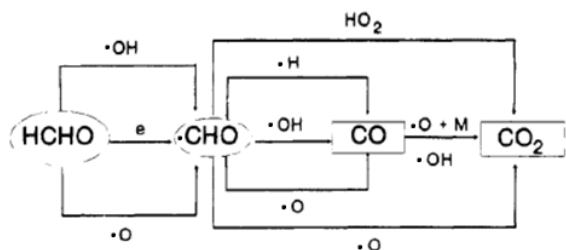


Рис. 3. Механизм превращений формальдегида в плазме ДБР в воздухе [3]

Отметим, что присутствие молекул O_3 в значительном количестве не влияет на степень превращения Φ и, соответственно, на скорость образования фазы, поскольку скорость реакции O_3 и Φ значительно ниже, относительно ранее упомянутых активных частиц.

Высокое значение T_o для реактора-ячейки № 2, относительно № 1, обусловлено значительно более окислительной средой, т.к. значение величины тока разряда в 8,6 раз для ячейки-реактора № 2 больше, чем для № 1.

Объяснить такое изменение только с точки зрения изменения ширины воздушного зазора между электродами нельзя. Зная напряжённость электрического поля для пробоя воздуха (примерно 30 кВ/см), падение напряжение значением 600 В на упомянутом промежутке недостаточно чтобы значительно изменить ток разряда. Соответственно, вероятная причина изменения тока разряда — уменьшение реактивного сопротивления ячейки.

В соответствии с данными табл. 2, систему очистки воздуха от формальдегида с ячейками № 1 или № 2, состоящую из 3 элементов, включая сам реактор ДБР, необходимо резервировать не менее 30 раз (с ячейкой № 1) или 3 (с ячейкой № 2) раза – для достижения $P_{сист} = 0,999$. При этом система генерации активных частиц для достижения требуемого значения P должна быть резервироваться 24 раза для реактора-ячейки № 1 или 4 раза для реактора-ячейки № 2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПНД Ф 16.1:2.3:3.45-05 Методика выполнения измерений массовой доли формальдегида в пробах почв, осадков сточных вод и отходов фотометрическим методом с хромотроповой кислотой. М: ФГУ «ФЦАО», 2005. 18 с.
2. Ефимов А.Е. Надежность очистки воздуха от паров муравьиной кислоты в реакторе с диэлектрическим барьерным разрядом / А.Е. Ефимов, А.Г. Бубнов // Российский журнал прикладной экологии, 2022. № 3. С. 43-49. doi: 10.24852/2411- 7374.2022.3.44.50.
3. Chang M.B. Destruction of Formaldehyde with Dielectric Barrier Discharge Plasmas / M. B. Chang, C. C. Lee // Environmental Science & Technology, 1995. V. 29. P. 18.

УДК 621.88

К.С. Иванов, А.В. Широухов

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева»

ДЕФОРМАЦИЯ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Аннотация: в статье рассматривается влияние температур на механические характеристики резьбовых соединений, особенности процесса потери их прочности и несущей способности при нагреве, способы повышения эксплуатационных характеристик соединений путем выбора оптимального материала для их изготовления.

Ключевые слова: тепловая деформация, торможение смежности, торможение формы, шпилька, стяжка, термическая сила, температурный режим, термическое напряжение, температурный натяг, стянутая система, нагрев.

K.S. Ivanov, A.V. Shiroukhov

DEFORMATION OF THREADED CONNECTIONS AT HIGH TEMPERATURES

Abstracts: the article considers the influence of temperature on the mechanical characteristics of threaded joints, the features of the process of loss of their strength and load-bearing capacity during heating, ways to improve the performance characteristics of joints by choosing the optimal material for their manufacture.

Keywords: thermal deformation, adjacency braking, shape braking, stud, frame, screed, thermal force, temperature regime, thermal stress, temperature tension, tightened system, heating.

В настоящее время недостаточно внимания уделяется изучению механической деформации соединительных конструкций при температурном воздействии. Данное направление исследований носит прикладной характер и является, актуальным и востребованным с точки зрения практического применения. Анализ строительных и технических конструкций показывает, что до 70 % соединений приходится на долю резьбовых соединений различных видов. При пожаре их качество, материал, из которого они изготовлены, технология изготовления, конструктивные особенности, а также грамотное применение в том или ином узле играют решающую роль в сохранении несущей способности конструкции, а значит, позволяют выиграть больше времени для спасения людских жизней в экстренных ситуациях.

При рассмотрении конструкций соединений, становится очевидным, что при отсутствии возможности произвольного изменения объема материал деталей соединения, в нём неизбежно возникают напряжения. Данные напряжения возникают вследствие температурных деформаций материалов, которые появляются при воздействии температурных перепадов. Если воздействие отрицательных температур не так критично (в условиях нормальной эксплуатации рассматриваемых соединений), то воздействие высоких температур является следствием аварийной ситуации — пожара. Соответственно, рассмотрение поведения данных соединений в условиях пожара наиболее востребовано. В качестве примера рассмотрим наиболее часто встречающееся, как в технике, так и в строительстве, соединение типа «болт-втулка» (рис. 1). В качестве крепежного резьбового элемента «болт» 1 рассматриваются типовые резьбовые соединительные элементы, такие как крепежные шпильки, анкерные болты, стяжные болты и т.п., в качестве закрепляемого элемента «втулка» 2 можно рассматривать балки, кронштейны, крепления ферм и т.п. высотой l .

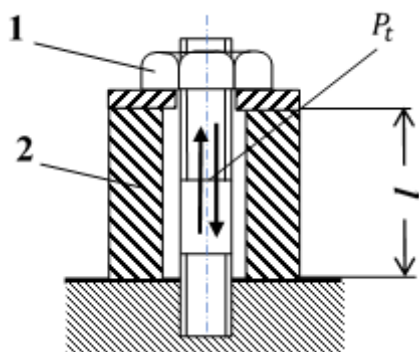


Рис. 1. Резьбовое соединение типа «болт-втулка»

При рассмотрении тепловых деформаций, следует учитывать эффект замедления [1]. Различают два вида замедления тепловых деформаций: торможение смежности — когда деформация замедляется за счёт сопряжённых деталей, и торможение формы — когда деформация замедляется за счёт волокон смежной детали. Как пример торможения следует рассматривать соединение деталей, которые при работе имеют разную температуру либо изготовлены из материалов с разными коэффициентами линейного расширения.

Допустим, «болт» 1 и «втулка» 2 (рис.1) изготовлены из материалов с различными коэффициентами линейного расширения — α_1 и α_2 и их температуры равны соответственно — t_1 и t_2 . При нагреве от исходной температуры t_0 болт и втулка, в свободном положении, получили бы удлинение — $l\alpha_1\Delta t_1$ и $l\alpha_2\Delta t_2$, где $\Delta t_1 =$

$t_1 - t_0$, $\Delta t_2 = t_2 - t_0$. В данной системе (стянутой) будет образовываться температурный натяг:

$$f_t = (\alpha_2 \Delta t_2 - \alpha_1 \Delta t_1). \quad (1)$$

Натяг в относительных единицах определяется как:

$$e_t = \alpha_2 \Delta t_2 - \alpha_1 \Delta t_1. \quad (2)$$

Вследствие возникающих деформаций, в соединении возникает термическая сила P_t (рис.1). По закону Гука, относительное удлинение болта e_1 и укорочение втулки e_2 можно представить следующим образом:

$$e_1 = \frac{P_t}{\lambda_1}; \quad e_2 = \frac{P_t}{\lambda_2},$$

где $\lambda_1 = E_1 F_1$ и $\lambda_2 = E_2 F_2$ - коэффициенты жесткости, соответственно болта и втулки (F_1 и F_2 - площадь поперечного сечения болта и втулки).

Тогда сумма относительных деформаций будет определяться:

$$e_1 = e_1 + e_2 = \frac{P_t}{\lambda_1} + \frac{P_t}{\lambda_2},$$

откуда:

$$P_1 = e_1 \lambda_1 / 1 + \frac{\lambda_1}{\lambda_2}. \quad (3)$$

Допустим, что температуры стягивающей и стягиваемой деталей равны, что характерно для установившегося теплового режима, тогда $t_1 = t_2 = t$, и из формул (2) и (3) получаем:

$$P_1 = \frac{t(\alpha_1 - \alpha_2)\lambda_1}{1 + \frac{\lambda_1}{\lambda_2}} \quad (4)$$

Исходя из соотношений абсолютных значений коэффициентов линейного расширения - α_1 и α_2 следует рассматривать три возможных варианта [1]:

1. $\alpha_2 > \alpha_1$, это происходит, когда стяжка выполнена из алюминиевых, магниевых и медных сплавов стальными болтами и болтами из титановых сплавов. В этом случае при нагреве возникает натяг, пропорциональный произведению $t(\alpha_2 - \alpha_1)$. В момент охлаждения до температуры ниже нуля этот фактор становится отрицательным (рис. 2). Следовательно, исходный сборочный натяг ослабевает, т. е. понижается несущая способность соединения.

2. $\alpha_2 > \alpha_1$, при стяжке стальных и чугуновых деталей болтами из аустенитных сталей, а также стяжке деталей из титановых сплавов стальными болтами. В момент нагрева произведение $t(\alpha_2 - \alpha_1)$ отрицательно (рис. 3), т. е. нагрузочная способность соединения понижается, а при охлаждении до отрицательных температур положительно, исходный натяг возрастает.

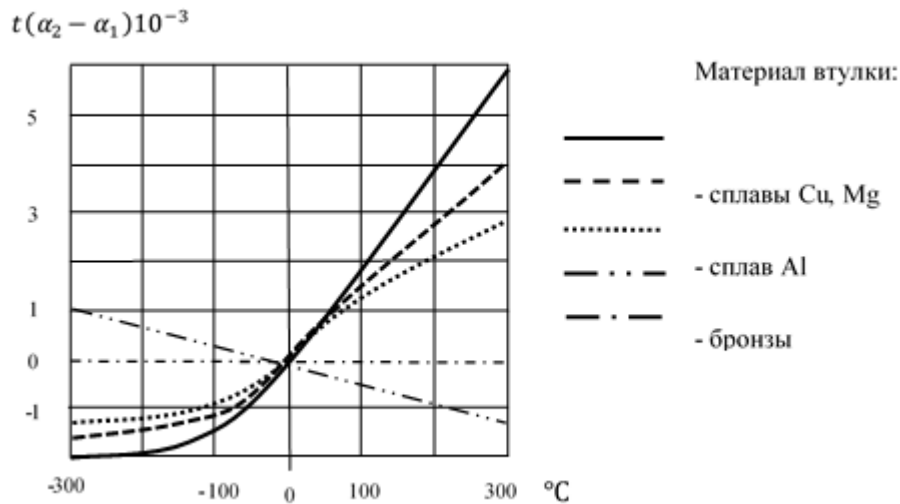


Рис. 2. График изменения термического натяга при стяжке стальными болтами

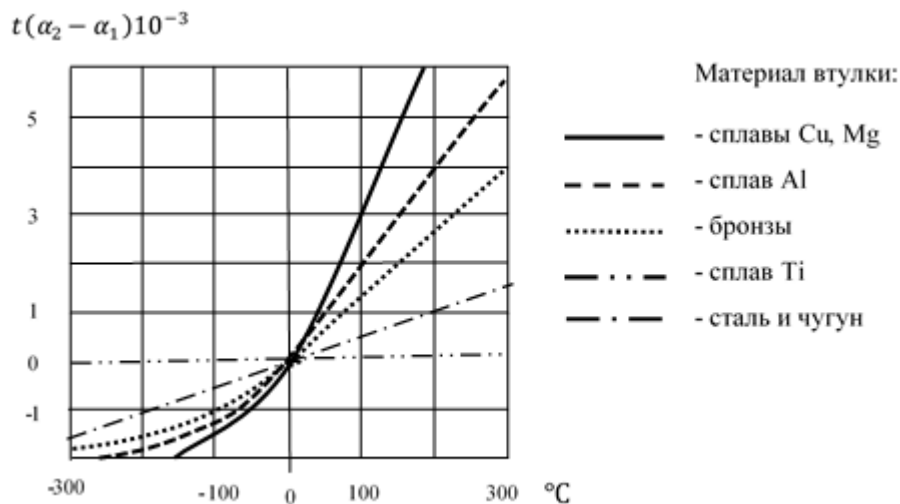


Рис. 3. График изменения термического натяга при стяжке титановыми болтами

3. $\alpha_2 = \alpha_1$, становится возможным, при стяжке стальных и чугунных деталей стальными болтами или стяжке деталей из титановых сплавов титановыми болтами. Теперь $t(\alpha_2 - \alpha_1) = 0$, т. е. исходный натяг при нагреве и охлаждении остаётся неизменным.

Исходя из оценки относительных деформаций (3), напряжение можно определить, как: при растяжении в болте –

$$\sigma_{t1} = \frac{P_1}{F_1} = \frac{E_1 e_t}{1 + \frac{\lambda_1}{\lambda_2}}, \quad (5)$$

при сжатии во втулке –

$$\sigma_{t2} = \frac{P_t}{F_2} = \frac{E_2 e_t}{1 + \frac{\lambda_2}{\lambda_1}}. \quad (6)$$

Тогда, отношение напряжений примет вид:

$$\frac{\sigma_{t1}}{\sigma_{t2}} = \frac{E_1}{E_2} \frac{1 + \frac{E_2 F_2}{E_1 F_1}}{1 + \frac{E_1 F_1}{E_2 F_2}} = \frac{F_2}{F_1} \quad (7)$$

Из анализа соотношения напряжений болта и втулки видим, что возникающие напряжения не зависят от модулей упругости материалов, из которых изготовлены шпильки и втулки, а определяется только соотношением поперечных сечений элементов.

Учитывая изменяющиеся значения относительной деформации (рис. 2 и 3) и рассматривая отношение коэффициентов жесткости соответственно болта и втулки λ_1/λ_2 как аргумент функциональной зависимости, можно построить график изменения напряжения в зависимости от материала (коэффициента жесткости λ_1, λ_2) (рис. 4).

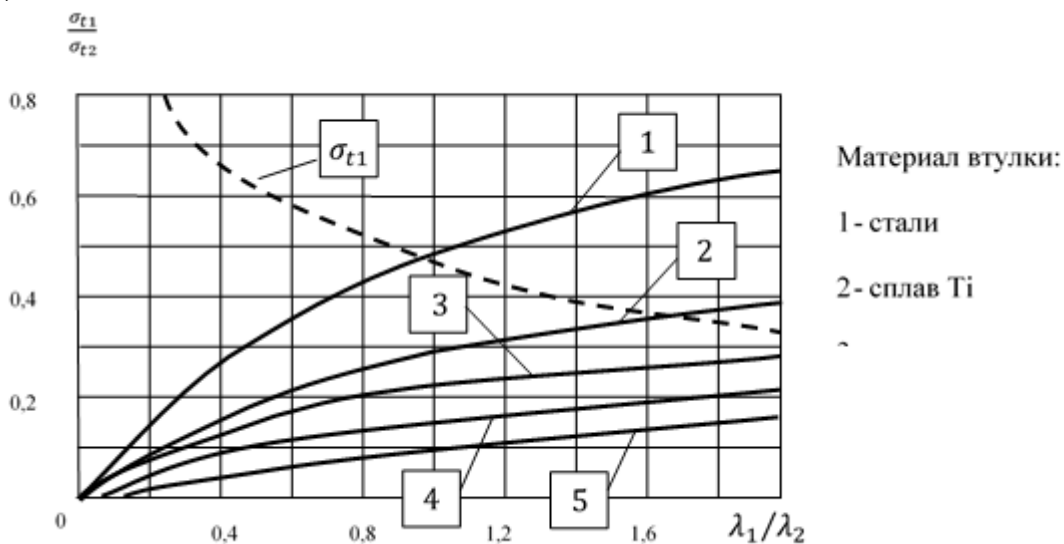


Рис. 4. График изменения напряжения в зависимости от материала

σ_{t1} — относительное термическое напряжение болта,

1, 2, 3, 4, 5 — относительное термическое напряжение втулки (в зависимости от материала)

На основе полученного графика изменений напряжения, приходим к выводу, что с ростом относительной жесткости компонентов соединения λ_1/λ_2 (жесткие шпильки, упругие каркасы) термические напряжения в шпильках резко снижаются. Напряжения в каркасах наоборот увеличиваются, но при значениях $\lambda_1/\lambda_2 < 1$ — для обычных литейных материалов (чугун, легкие сплавы) имеют значительно меньшую величину, чем в шпильках.

Исходя из анализа, существующих конструкций и методик [2, 3, 4, 5], а также рассмотренных зависимостей (5, 6, 7), в качестве способов снижения сил термического напряжения можно рекомендовать:

- снижение разности температур сопряженных деталей (например, при охлаждении стягиваемой детали или увеличении температуры стягивающей детали);
- снижение разницы в значениях коэффициентов линейного расширения (соответствующим подбором материалов сопряженных деталей);

– в тех случаях, когда материалы, из которых изготовлены стягивающая и стягиваемая деталь определены, уменьшить силу термического напряжения можно посредством введения между ними промежуточных втулок, выполненных из материалов с малым коэффициентом линейного расширения;

Обычно, прочность втулки не является определяющим параметром для прочности стяжных соединений, поэтому для соединений, испытывающих высокую нагрузку при температурном воздействии, целесообразно придерживаться правила: упругие втулки - жесткие шпильки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие в 2-х книгах. Изд. 3-е испр. [Текст] М.: Машиностроение, 1988. 560 с.
2. Гурин Ф. В., Клепиков В. Д., Рейн В. В. Технология автотракторостроения. Второе издание, переработанное и дополненное. [Текст] М.: Машиностроение, 1981. 89 с.
3. Григорьев С.Н. Резание материалов: учебник [Текст] / С.Н. Григорьев [и др.]. Пенза: Приволжский Дом знаний, 2012. 356 с. ISBN 978-5-8356
4. Широухов А.В. Влияние формы элементов деталей машин на концентрацию напряжений. [Текст] / Широухов А.В., Иванов К.С., Реснянский С.Г. // Научно-технический журнал «Технология машиностроения». Москва, 2019. № 8(206). С. 46-54.
5. Добаткин, С.В. Фазовые и структурные превращения в коррозионностойких сталях после сдвига под давлением и нагрева / С.В. Добаткин, Л.М. Капуткина, О.В. Рыбальченко, В.С. Комлев // Металлы. 2012. № 5. С. 28-37.

УДК 614.843.2

М.Р. Казаков, В.П. Зарубин, И.А. Легкова, И.О. Гусев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СУШКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Аннотация: материал статьи посвящен вопросу сушки пожарных рукавов после их использования; проведен обзор оборудования для сушки пожарных рукавов.

Ключевые слова: пожарные рукава, техническое обслуживание, установка для сушки пожарных рукавов.

M.R. Kazakov, V.P. Zarubin, I.A. Legkova, I.O. Gusev

OVERVIEW OF EQUIPMENT FOR DRYING FIRE HOSES

Abstract: The material of the article is devoted to the issue of drying fire hoses after their use; a review of equipment for drying fire hoses was carried out.

Keywords: fire hoses, maintenance, installation for drying fire hoses.

Пожарный рукав (ПР) — один из самых важных элементов пожарно-технического вооружения мобильных средств пожаротушения. Рукава используются для транспортировки огнетушащих средств с целью потушить возгорание. Однако, как и любое оборудование, пожарные рукава подвержены износу и требуют регулярного технического обслуживания.



Рис. 1. Рукав пожарный

Основной целью технического обслуживания пожарных рукавов является поддержание их работоспособности, надежности и соответствия нормам безопасности. Важно знать основные этапы обслуживания и следовать рекомендациям, чтобы обеспечить эффективную и надежную работу пожарных рукавов в случае возникновения пожара [1].

Основные этапы регулярной проверки состояния пожарных рукавов:

1. Внешний осмотр: проверка общего состояния рукавов, их наличия на местах установки и доступности.
2. Проверка маркировки: проверка правильности и читаемости маркировки рукавов, включая информацию о допустимом рабочем давлении.
3. Проверка соединений: проверка герметичности и надежности соединений, сварок и фитингов рукавов.
4. Внутренний осмотр: проверка состояния внутренней поверхности рукавов на наличие загрязнений, посторонних предметов или повреждений.
5. Испытание на прочность: проведение испытания рукавов на давление для проверки их прочности и устойчивости к нагрузкам.
6. Оформление отчета: фиксирование результатов проверки состояния рукавов, а также принятых решений по их замене, ремонту или дополнительным мероприятиям по обслуживанию.

Важно учитывать, что регулярная проверка состояния пожарных рукавов должна проводиться профессиональными специалистами согласно установленным нормативным требованиям и с использованием специализированного оборудования. После проверки необходимо принять соответствующие меры по устранению выявленных недостатков для обеспечения бесперебойного функционирования пожарной системы.

Техническое обслуживание пожарных рукавов производится по схеме, представленной на рис. 2. Пункты, касающиеся техобслуживания и ремонта инвентаря в зависимости от его типа, прописаны в методическом пособии по организации и порядку использования ПР [2, 3]. Техническое обслуживание пожарных всасывающих рукавов предполагает: отмачивание; мойку; внешний осмотр; испытание; сушку.

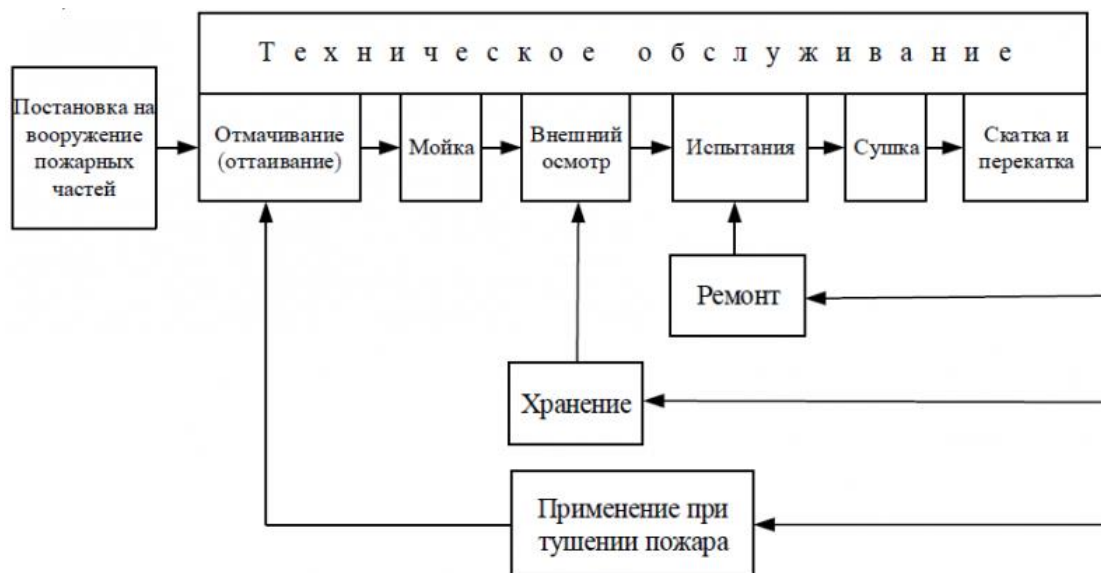


Рис. 2. Схема технического обслуживания пожарных рукавов

Особый интерес вызывает сушка пожарных рукавов, так как этот процесс напрямую влияет на износостойкость и физические свойства материала рукава.

Сушка пожарных рукавов производится зимой в рукавных башенных сушилках (рис. 3), летом — на открытом воздухе в тени. Температура сушки не должна превышать плюс 50 °С. Запрещается сушить их на отопительных батареях, котлах, крышах зданий и на солнце.

При отсутствии рукавных сушилок напорные рукава сушат:

- вне помещения при температуре воздуха плюс 20 °С и выше при относительной влажности не выше 80 %. Их развешивают или раскладывают на решетчатом наклонном стеллаже. При этом они должны быть защищены от прямого действия солнечных лучей и осадков;

- в помещении с достаточно нагретым воздухом или с теплоизлучающими приборами напорные рукава располагают так же, как и в сушилках или на решетчатых стеллажах, на расстоянии не менее 1 м от теплоизлучающих приборов. В обоих случаях продолжительность сушки не должна превышать 24 часа.



Рис. 3. Башенная сушилка

На сегодняшний день существует также множество устройств для сушки пожарных рукавов, например сушильные шкафы и различные сушильные установки.

Установка для сушки рукавов с радиальным сушильным вентилятором TG-812 (рис. 4) позволяет одновременно сушить 2 или 4 пожарных рукава одновременно. Преимуществом данного устройства являются небольшие габариты и возможность размещения в любом удобном помещении. Однако, все еще требуется постоянный контроль сушки, есть проблема пересушивания рукава.



TG-812



СР-3



АИСТ-3

Рис. 4. Устройства для сушки пожарных рукавов

Еще одно устройство для сушки пожарных рукавов – СР-3 (рис. 4). Имеет большую мощность и менее распространено в связи с тем, что предназначено для сушки пожарных рукавов больших диаметров.

Распространенная отечественная установка АИСТ-3 (рис. 4) предназначена для сушки любых пожарных рукавов и талькирования во избежание их слипания при скатке и хранении перед использованием.

Изучение рынка существующих устройств для сушки привело к выводу о том, что некоторые из них обладают ограниченным функционалом (с учетом рукавной базы пожарной части) и являются достаточно дорогостоящим оборудованием.

Как же на самом деле происходит сушка рукавов в подразделениях пожарной, если специализированное оборудование для этого отсутствует?

В одной из частей подразделений пожарной охраны придумали интересное и не сложное устройство для сушки пожарных рукавов (рис. 5). За основу взят радиальный вентилятор, посредством сварки к нему присоединяется металлическая пластина с резьбовым патрубком, на который накручивается полугайка [4]. К ней имеется возможность присоединения как одного рукава, так и трехходового разветвления для одновременной сушки двух-трех рукавов. Но в данном случае нет возможности стекания воды из рукава.



Рис. 5. Использование вентилятора для сушки рукавов

А вот более интересное решение. Конструкция закрепляется на свободной стене гаража под наклоном для обеспечения стекания воды из пожарных рукавов [5, 6]. Для сбора воды у нижнего края конструкции устанавливается поддон (рис. 6).

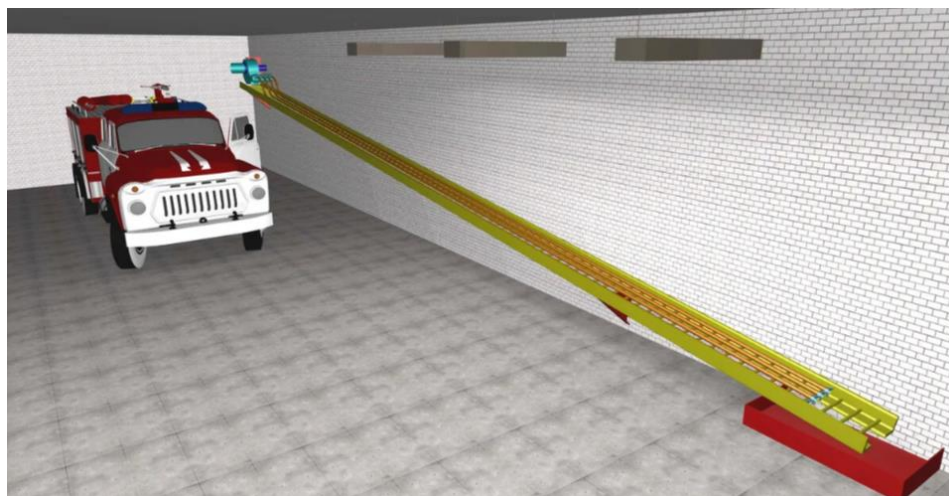


Рис. 6. Сушка пожарных рукавов

Данная конструкция предполагает активную сушку рукавов путем продувания через них воздуха. Рама предлагаемого устройства имеет несложную конструкцию, оснащенную центробежным вентилятором и ресивером. Ресивер оснащен патрубками, заканчивающимися соединительными рукавными головками для присоединения к ним пожарных напорных рукавов.

Описанное выше приспособление для сушки пожарных рукавов позволит решить проблему ежедневного обслуживания пожарных рукавов.

Таким образом можно сделать вывод, что есть случаи, когда пожарно-спасательным частям приходится самостоятельно решать вопрос по организации сушки пожарных рукавов. Особенно актуален это вопрос в отделениях пожарной охраны с небольшим рукавным хозяйством, где покупка дорогостоящего оборудования не рентабельна. А значит вопрос поиска простых и недорогих решений для сушки пожарных рукавов остается актуальным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://fireguys.ru/documentation/pozharnaja-tehnika/pozharnye-rukava/porjadok-ekspluatacii-pozharnyh-rukavov.html>.
2. <https://sites.google.com/view/tekh-obsluzhivanie-pozharn-ru>.
3. <https://www.pozhmashina.ru/articles/pozharnoe-oborudovanie/tehnicheskoe-obsluzhivanie-pozharnyh-rukavov.html>.
4. <https://fireman.club/statyi-polzovateley/ustanovka-dlya-sushki-pozharnyx-rukavov/>
5. Легкова И.А. Предложение по организации участка для сушки пожарных рукавов в пожарно-спасательной части // NovaInfo, 2019. № 109. С. 14-15. URL: <https://novainfo.ru/article/17231>.
6. Легкова И.А., Пучков П.В. Новые технические решения по обслуживанию пожарных напорных рукавов // Предупреждение. Спасение. Помощь: сборник трудов XXXI Международной научно-практической конференции. Химки: АГЗ МЧС России, 2021. С. 102-106.

УДК 614:84

М.А. Калинин, И.В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ РАЗВИТИЯ БОЕВОЙ ОДЕЖДЫ ПОЖАРНЫХ

Аннотация: в статье рассматривается структура боевой одежды пожарного, исследуя её состав и предназначение каждого слоя. Расставляются акценты на необходимость разнообразных подходов к её изучению, например, основанных риск ориентированном подходе. Применение такого подхода может повысить адаптивность применения боевой одежды пожарного при выполнении задач по предназначению.

Ключевые слова: боевая одежда пожарного, пожарная охрана, защита от ожогов, универсальность.

ON THE ISSUE OF DEVELOPMENT OF FIREFIGHTERS' COMBAT CLOTHING

Abstract: the article examines the structure of firefighter combat clothing, examining its composition and the purpose of each layer. Emphasis is placed on the need for various approaches to its study, for example, a risk-based approach. The use of this approach can increase the adaptability of the use of firefighter combat clothing when performing intended tasks.

Keywords: firefighter combat clothing, fire protection, burn protection, versatility.

Боевая одежда пожарного должна быть многоцелевой одеждой. Текстильные технологии добились значительных успехов, предлагая значительные улучшения характеристик и преимуществ от широкого круга мировых поставщиков. Однако в основном они были адаптированы к конкретным рискам и средам, в которых они используются. Как правило, пожарные оснащены «структурным» пожарным снаряжением, которое, несмотря на свою надежность, не всегда может соответствовать уникальным требованиям их рабочих условий. Это боевое оборудование обычно сертифицировано на соответствие стандартам.

Боевая одежда пожарного в первую очередь предназначена для защиты от ожогов и теплового потока, и состоит из нескольких слоев, включающих внешнюю оболочку, влагонепроницаемый слой и термический вкладыш. Рассмотрим некоторые основные характеристики качественной одежды пожарного (рисунок):

Огнестойкость и термостойкость: защищает от прямого воздействия пламени и сильного теплового излучения [1-3].

- Воздухопроницаемость: обеспечивает эффективную передачу тепла и влаги, снижая теплового потока и утомление.

- Прочность и стойкость к истиранию: обеспечивает устойчивость в суровых условиях, увеличивая срок её службы.

- Гибкость и эргономичная посадка: обеспечивает свободу движений при выполнении различных задач пожаротушения.

- Влага, химикаты и патогены: обеспечивает защиту от воды, химикатов и других жидкостей, предотвращая ожоги.

- Легкая конструкция: призвана снизить утомляемость при длительной работе.
- Быстрое надевание и снятие: повышает эффективность реагирования.
- Видимость и отражательная способность: включает светоотражающие элементы для улучшения видимости и безопасности.
- Полезные характеристики: оснащена карманами и отделениями для необходимых инструментов и предметов.

Давайте рассмотрим три наиболее важных слоя структурного боевого снаряжения и то, что каждый из них функционально привносит в защиту пожарного.

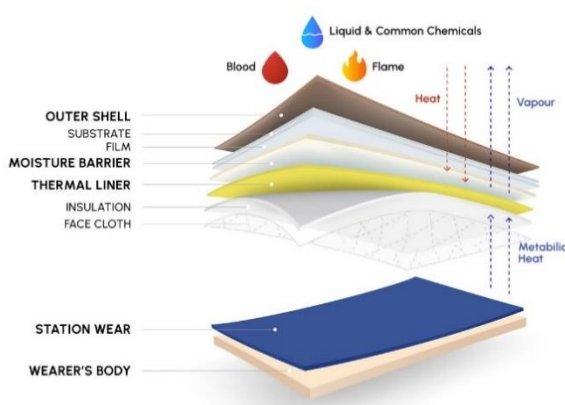


Рисунок. Конструктивное наслоение стрелочного механизма

Внешняя оболочка играет важную роль в защите пожарных и обычно изготавливается из таких материалов, как номекс, кевлар и ПБИ, с целью защиты от прямого воздействия пламени. Эта огнестойкость требует, чтобы материал самозатухал и предотвращал дальнейшее возгорание верхней одежды. Оболочка требует долговечности, а также высокой прочности на разрыв и растяжение для сохранения целостности в абразивных условиях. Внешняя оболочка должна иметь прочный водоотталкивающий состав, это обеспечивается применением синтетических покрытий, сохраняя при этом воздухопроницаемость. Такие особенности, как гибкость, позволяют свободно перемещаться и обеспечивают общую безопасность и функциональность [1-3]. Цвет внешней оболочки – личный выбор; однако наблюдается тенденция к более светлым цветам, чтобы уменьшить тепловое воздействие. Наконец, устойчивость к тепловому излучению имеет жизненно важное значение, поскольку излучение может со временем серьезно ухудшить эксплуатационные характеристики материала, и это ухудшение не заметно человеческому глазу.

В конструкционном противопожарном снаряжении решающее значение имеет гидроизоляционный слой, расположенный между внешней оболочкой и термоизоляцией. Он предотвращает попадание внешней влаги, например воды, и одновременно позволяет поту испаряться, сохраняя пожарных сухими и защищая их от ожогов и загрязнений. Эффективность гидроизоляционного слоя зависит от его водонепроницаемости и воздухопроницаемости. Он должен препятствовать проникновению жидкости и выводить пот, снижая тепловой поток и повышая комфорт. Паропроницаемость БОП жизненно важна для переноса влаги, и в целях безопасности она должна противостоять химическим веществам. Состоит она из микропористой пленки (ПТФЭ, ПТФЭ, ПУ) и нетканого арамида, слой сочетает в себе устойчивость к жид-

кости и пару с прочностью. Хороший гидроизоляционный слой сочетает защиту с комфортом и функциональностью, обеспечивая безопасность и эффективность работы пожарных [1–3].

Теплоотражающий слой играет фундаментальную роль в изоляции пожарных от теплового потока. Обычно тепловая подкладка изготавливается из термостойких материалов, таких как арамиды и огнестойкие модакрилы. Этот тепловой слой часто изготавливается стеганым, что повышает его способность удерживать воздух, который обладает отличными изоляционными качествами. Ключом к его функциональности является интеграция с самым внутренним слоем — специального подклада, который ближе всего прилегает к коже. Он, обычно мягкий и огнестойкий, повышает комфорт, облегчает надевание и помогает управлять влажностью, отводя пот от тела. Такое взаимодействие теплового слоя и ткани обеспечивает не только защиту от экстремальных температур, но и комфорт за счет контроля влажности и уменьшения натирания при длительном ношении [1–3].

Вместе они предлагают сбалансированное сочетание эффективности, гибкости, долговечности и воздухопроницаемости, позволяя пожарным эффективно выполнять свои обязанности, одновременно защищая от теплового потока и ожогов.

Защитная одежда пожарного должна быть адаптирована к различным требованиям работы поэтому разработка универсального варианта БОП является важной и актуальной работой. Бывают случаи, когда пожарным требуется повышенная защита от теплового потока пламени. Однако в менее интенсивных сценариях БОП все равно должна способствовать эффективному выполнению работы [2]. Это подчеркивает, что боевая одежда пожарного должна быть достаточно универсальна, чтобы обеспечить оптимальную эффективность в различных сценариях пожаротушения: от пожаров в помещениях до масштабных промышленных пожаров. Это требует продуманного сочетания материалов и функций, гарантирующего, что пожарные будут защищены, удобны и маневренны, независимо от условий пожаротушения.

Разработка многоцелевых средств индивидуальной защиты пожарного — это не просто модернизация, это стратегический ответ на меняющуюся картину проблем пожаротушения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Toward the future of firefighter gear: Assessing fluorinated and non-fluorinated outer shells following simulated on-the-job exposures [Электронный ресурс] URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/15280837231217401> (дата обращения: 15.03.2024).
2. A Blueprint of the Future for Turnout Gear [Электронный ресурс] URL: <https://www.lakeland.com/a-blueprint-of-the-future-for-turnout-gear/> (дата обращения: 15.03.2024).
3. Another Pathway for Firefighter Exposure to Per- and Polyfluoroalkyl Substances: Firefighter Textiles [Электронный ресурс] URL: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.estlett.0c00410> (дата обращения: 15.03.2024).

УКД 614.842

Е.А. Капитанов, Р.В. Кошкарлов

Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ И НАДЕЖНОСТИ ПОЖАРНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ

Аннотация: Данная статья рассматривает важный вопрос в пожарном деле. А именно методы повышения срока службы центробежных насосов. Основные проблемы и способы их решения. Предложены нововведения и новые материалы.

Ключевые слова: Центробежный насос, увеличения срока службы, гидроабразивный износ, абразивное воздействие, нововведения, самосмазывающиеся материалы, износостойкие материалы.

Е.А. Kapitanov, R.V. Koshkarov

METHODS FOR INCREASING THE OPERATING LIFE AND RELIABILITY OF FIRE CENTRIFUGAL PUMPS.

Abstracts: This article examines an important issue in firefighting. Namely, methods for increasing the service life of centrifugal pumps. Main problems and ways to solve them. Innovations and new materials are proposed.

Keywords: Centrifugal pump, increasing service life, water abrasive wear, abrasive effects, innovations, self-lubricating materials, wear-resistant materials.

В современном мире невозможно представить успешные боевые действия по тушению пожара без использования современной техники. Одной из основных задач, которую должна она решать это бесперебойная подача огнетушащих веществ. Ее решение возлагается на пожарные центробежные насосы. Они применяются на пожарных автомобилях и на пожарных мотопомпах. Цель данной работы- разобраться что такое центробежный насос и каким образом можно продлить его срок службы.

Центробежный насос — динамический (лопастной) насос, в котором жидкая среда перемещается через рабочее колесо от центра к периферии. [1]. Они подразделяются на: насосы нормального давления; высокого давления и комбинированные насосы [2]. Выход из строя этого агрегата во время тушения пожара несет за собой возобновления распространения горения, а, следовательно, увеличение материального ущерба и может привести к гибели среди участников тушения пожара и гражданского населения. Замена или ремонт пожарного насоса – это большие финансовые расходы и утрата боевой единицы из боевого расчета пожарно-спасательной части. Например, стоимость одного пожарный насоса НЦПН-40/100 УВМ.Э24 начинается от 220 тысяч рублей. И даже своевременное техническое обслуживание и грамотное и бережное использование пожарного насоса не даёт полной гарантии того, что насос не выйдет из строя после истечения срока службы. Исходя из вышепере-

численного тема повышения срока службы пожарных центробежных насосов имеет очень высокую актуальность.

Согласно статистике, наибольшее количество отказов при подаче огнетушащих веществ происходит из-за: 14,8 % — отказы системы подачи воды, 12 % — неисправности цистерны. 6,9 % составляют отказы вакуумной системы [4].

Основными причинами выхода из строя пожарных центробежных насосов являются:

- износ поверхности для уплотнения манжета в уплотнительном стакане из-за постоянного трения поверхности манжета о вращающийся вал и из-за взаимодействия с твердыми частицами, которые находятся в забираемой воде;

- гидроабразивный износ рабочего колеса происходит при попадании взвешенных частиц в рабочую полость насоса вместе с, забираемой водой [3];

- циркуляцию воды в рабочей полости насоса, которая достигала 13 л/с.

Согласно проведенным исследованиям, эти проблемы возможно решить при внесении определенных изменений при изготовлении деталей пожарного насоса. А именно необходимо применить следующие нововведения:

- для изготовления манжета и упорного кольца использовать материалы, которые более устойчивы к гидроабразивному воздействию твердых частиц. Например, для изготовления могут быть использованы материалы, такие как карбид кремния (SiC) и карбид вольфрама (WC). Оба эти материала обладают высокой твердостью и отличной устойчивостью к износу при контакте с твердыми частицами в воде или других жидкостях. Такие материалы часто применяются для элементов, подверженных высоким нагрузкам и абразивному воздействию в насосах и гидравлическом оборудовании;

- обеспечить непрерывное смазывание манжета путем применения при его изготовлении самосмазывающихся материалов:

- 1) тефлон (политетрафторэтилен) — этот материал обладает отличной самосмазывающейся способностью и химической стойкостью, что делает его идеальным для использования в условиях высоких нагрузок и скоростей;

- 2) бронза — бронзовые манжеты обычно имеют добавление смазки в виде графита или меди, что позволяет им обеспечивать само смазывание и хорошее трение при работе в засоренных или загрязненных условиях;

- 3) полиуретан — этот материал способен обеспечивать хорошую самосмазывающуюся способность и термическую стойкость, что делает его подходящим для использования в пожарных насосах.;

- для изготовления рабочего колеса пожарного насоса использовать материалы, которые более устойчивы к гидроабразивному воздействию твердых частиц. Могут быть использованы различные материалы, которые обладают высокой устойчивостью к гидроабразивному воздействию:

- 1) нержавеющая сталь: этот материал обладает высокой устойчивостью к коррозии и имеет отличные механические свойства, что делает его подходящим для работы в условиях высокого напора и абразивного воздействия.

- 2) бронза: бронзовые сплавы, особенно с высоким содержанием олова или алюминия, также обладают хорошей устойчивостью к гидроабразивному воздействию.

3) керамика: керамические материалы обладают высокой твердостью и химической стойкостью, что делает их подходящими для работы в условиях высокого напора и абразивности.

4) углеродные композиты: некоторые углеродные материалы, такие как углеродные волокна или углеродные композиты, имеют высокую устойчивость к абразивному воздействию [4].

– выполнить систему радиально-торцовых уплотнений рабочего колеса из износостойких неметаллических материалов. В качестве альтернативы могут выступить:

1) керамические материалы: оксид алюминия (альфа-алюминий), карбид кремния, нитрид бора;

2) полимерные материалы: полиуретан, фторопласт, полиэтилен, полиамид;

3) силиконовые материалы: кремнийорганические полимеры;

4) нефтепродуктосодержащие материалы: тефлон (фторированный политетрафторэтилен), этилен-пропиленовый каучук;

5) стеклопластик (стеклотекстолит, стеклопластик на полиэфирной или эпоксидной матрице) [3].

При внедрении всех вышеперечисленных технических решений возможно увеличить срок службы пожарного центробежного насоса и уменьшить финансовые затраты на техническое обслуживание во время эксплуатации и продлить срок работы до проведения капитального ремонта. Применение износостойкого покрытия из предложенных материалов позволит защитить рабочее колесо насоса от процессов коррозии и абразивного износа, а также увеличит его КПД на 4-5 %. При использовании самосмазывающихся материалов в конструкциях уплотнений и подшипниковых узлов насоса отсутствует потребность использования смазывающих материалов, что значительно упрощает конструкцию насоса и условия его применения. А при изготовлении радиально-торцовых уплотнений из износостойких неметаллических материалов предотвратит циркуляцию жидкости через щелевые уплотнения внутри насоса. А также уменьшаются внутренние потери при работе и сохраняется всасывающая способность насоса.

Таким образом исходя из всего вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что предложенные меры способны продлить срок службы и повысить надежность пожарных центробежных насосов, а также повысить некоторые их тактико-технические характеристики. Что касается финансовой части данного вопроса, то можно с уверенностью сказать о том, что такие решения приведут к сокращению расходов на проведение технического обслуживания и замены насосной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 58790-2019 «Техника пожарная. Насосы пожарные».
2. ГОСТ Р 52283-2019 «Техника пожарная. Насосы центробежные пожарные».
3. Ватченко А.А. Возможности повышения срока эксплуатации и надежности пожарных центробежных насосов / А.А. Ватченко, Т.И. Халапсина // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности: материалы междунар. науч.-техн. конф. молод. ученых / Могилев: Белорус. Рос. ун-т, 2019. С. 89.
4. Егоров Г.И. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук «Повышение работоспособности насосных установок пожарных автомо-

билей»/ [Электронный ресурс] URL: <https://tekhnosfera.com/povyshenie-rabotosposobnosti-sistemy-nasosnyh-ustanovok-pozharnyh-avtomobiley>.

УДК 621

К.А. Катаев, В.В. Киселев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АКТУАЛЬНОСТЬ СОЗДАНИЯ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ БЫСТРОГО РЕАГИРОВАНИЯ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

Аннотация: значительную опасность для населения, объектов экономики и экологии несут ландшафтные пожары, возникающие в условиях природы. Горение при ландшафтном пожаре распространяется стихийно и, как правило, с большой скоростью. Для борьбы с ландшафтными пожарами целесообразно применять специализированную технику. В статье рассмотрены основные типы пожарных автомобилей, при помощи которых осуществляется тушение ландшафтных пожаров. Предложена концепция создания автомобилей быстрого реагирования на базе существующих высококомобильных транспортных устройств.

Ключевые слова: ландшафтный пожар, тушение, пожарный автомобиль, микроавтомобиль, базовое шасси.

К.А. Kataev, V.V. Kiselev

THE RELEVANCE OF CREATING RAPID RESPONSE FIRE TRUCKS TO EXTINGUISH LANDSCAPE FIRES

Abstracts: Landscape fires that occur in natural conditions pose a significant danger to the population, economic and environmental facilities. Gorenje in a landscape fire spreads spontaneously and, as a rule, at high speed. It is advisable to use specialized equipment to combat landscape fires. The article discusses the main types of fire trucks used to extinguish landscape fires. The concept of creating rapid response vehicles based on existing highly mobile transport devices is proposed.

Keywords: landscape fire, extinguishing, fire truck, minibus, basic chassis.

Ландшафтный пожар опасен конвективными потоками полыхающих огнем материалов. Они распространяют горящие частицы, провоцируя воспламенения. Такие пожары обладают такими существенными особенностями, как быстрое расширение зоны поражения, преодоление естественных и искусственных заграждений, большая площадь задымленности, пик возникновения в засушливое время, в особенности при сильных ветрах, повышенное тепловыделение. Такие пожары могут охватывать огромные территории и приносить колоссальный ущерб экономике государства.

В настоящее время практически на любой пожар выезжает не менее 2–3 большегрузных машин, которые даже на небольшие возгорания выливают сотни литров воды. Наиболее эффективным было бы изменение состава средств пожаро-

тушения и их доставки. В условиях загруженности магистралей это позволит: более гибко и рационально использовать парк; сократить время прибытия к очагу за счет маневренности и большой скорости легкой техники; существенно снизить эксплуатационные расходы на технику и на тушение. По оценкам специалистов противопожарных служб число пожаров, оперативно ликвидируемых уже на ранней стадии возгорания, можно было бы довести таким образом до 90–95 % от их общего числа. А если придать пожарному расчету специалиста медика, способного оказать квалифицированную первую помощь пострадавшим, уменьшится число человеческих жертв.

То есть, для борьбы с ландшафтными пожарами целесообразно применять высококомобильную технику, укомплектованную необходимым пожарным оборудованием, способную в кратчайшее время прибыть к месту загорания и приступить к локализации и тушению пожара. К таким типам пожарных автомобилей можем отнести пожарные автомобили быстрого реагирования (АБР).

Как правило, пожарный автомобиль быстрого реагирования представляет собой высококомобильный малогабаритный комплекс для тушения наиболее часто встречающихся пожаров. Областью применения автомобиля быстрого реагирования является тушение очагов возгорания на объектах, расположенных в пределах нормативной дальности от места базирования и предотвращения дальнейшего распространения огня до прибытия основных сил.

Одним из таких пожарных автомобилей является автомобиль быстрого реагирования на шасси Газ 2705 — Газель (рис. 1).



Рис. 1. Автомобиль быстрого реагирования на шасси Газель

Боевой расчет автомобиля составляет 5 пожарных. Автомобиль укомплектован необходимым для тушения на ранних стадиях загорания оборудованием, в частности мотопомпой в возможность забора от внешнего водоисточника, стволами для подачи мелкодисперсной жидкости, ранцевыми установками пожаротушения, пожарными рукавами и другим оборудованием. Запас огнетушащих средств составляет — воды 350 л, пенообразователя 30 л. Автомобиль также укомплектован необходимым вспомогательным оборудованием. Следует сказать, что в сравнении с серийно

выпускаемыми автоцистернами на шасси грузовых автомобилей данный АБР отличается лучшими динамическими характеристиками, меньшим расходом топлива, имеет меньшие габариты, что весьма важно при проезде отдельных участков с ограниченным пространством.

Другой автомобиль быстрого реагирования, состоящий на вооружении пожарной охраны, АБР 1,0-40/100-4/400 (4308) на шасси Камаз. Автомобиль имеет колесную формулу 4х2 и может успешно выполнять задачи по ликвидации очагов возгорания в городских условиях и доставлять к месту пожара и ликвидации дорожно-транспортных происшествий достаточный объем огнетушащих веществ (рис. 2).



Рис. 2. Автомобиль быстрого реагирования на шасси Камаз

Штатная кабина автомобиля, расположенная над двигателем, обеспечивает размещение до 3 человек боевого расчета (включая водителя). Данный автомобиль имеет значительный запас возимого огнетушащего вещества — до 3000 л, объем пенообразователя — до 60 л. Но в сравнении АБР на шасси Газель, данный АБР отличается большими габаритами (7500х2500х3100), что снижает его динамические характеристики.

На рынке пожарно-технической продукции появились и АБР, построенные на шасси иностранных производителей. Например, автомобиль первой помощи на шасси внедорожника JAC (рис. 3).



Рис. 3. Автомобиль быстрого реагирования на шасси внедорожника JAC T6

Автомобиль отличается приемлемыми показателями проходимости и грузоподъемности. В кабине могут разместиться четверо пожарных. Автомобиль оборудуется кузовной надстройкой (кунгом), выполненной из усиленного армированного стеклопластика, в котором размещается возимое пожарное оборудование. Для доступа к оборудованию, расположенному в кузовной надстройке, кунг оборудован выдвижными полками и 2-мя боковыми шторными дверями в пылезащитном исполнении, замками, обеспечивающими закрытие и открытие дверей, и исключающими самопроизвольное открывание во время движения автомобиля. Шторные двери расположены на боковых сторонах кузова. Есть емкость для воды из армированного стеклопластика объемом до 200 л. Автомобиль оснащен насосной установкой высокого давления, шлангом высокого давления и стволом. Кроме этого, имеется различный шанцевый инструмент, ГАСИ, огнетушители и другое.

На наш взгляд, для борьбы с ландшафтными пожарами на начальной стадии целесообразно применение пожарных микроавтомобилей на базе квадроциклов и багги. Такие автомобили производятся как серийно, так и выпущены в единичных экземплярах в качестве опытных образцов. Такая машина была разработана в Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС — «Доброволец 01» (рис. 4).

Пожарная машина «Доброволец 01» предназначена для тушения и ликвидации пожаров силами добровольных пожарных дружин в отдаленных от мест дислокации пожарных подразделений районах сельской местности, садовых товариществах в пожароопасный период, тушения лесоторфяных пожаров на труднодоступных участках лесного массива. Боевой расчет — два человека.

Следует сказать, что достаточно перспективным для создания малых пожарных автомобилей быстрого реагирования являются багги, которые производятся на территории нашей страны. Такие автомобили будут отличаться невысокой стоимостью изготовления, простотой проведения технического обслуживания и ремонта с возможностью его выполнения в полевых условиях, высокими динамическими и скоростными характеристиками, достаточной грузоподъемностью (до 300 кг), позволяющей перевозить необходимое оснащение для борьбы с возгораниями на начальной стадии.



Рис. 4. Пожарный микроавтомобиль
Доброволец 01

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет ресурс: https://securitytech.ru/fire_fighting/fire_engine.
2. Интернет ресурс: https://securitytech.ru/fire_fighting/fire_engine.
3. Интернет ресурс: <https://binbtrucks.ru/catalog/avtomobili-dlya-mchs-i-silovyh-struktur/avtomobili-bystrogo-reagirovaniya-0>.

4. Мельниченко И.В., Киселев В.В. Оценка факторов, определяющих кинематические параметры движения пожарной автоцистерны // 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. 173-177.

5. Киселев В.В. О факторах, определяющих время прибытия пожарной автоцистерны к месту вызова // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области пожарной безопасности: Сборник тезисов докладов материалов международной научно-практической конференции, 18–19 октября 2018 года. Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2018. С. 401-406.

6. Патент на полезную модель № 165103 U1 Российская Федерация, МПК А62С 27/00. Гусеничная пожарная машина: № 2015146347/12: заявл. 27.10.2015: опубл. 10.10.2016 / И.А. Малый, И.Ю. Шарабанова, О.И. Орлов [и др.]; заявитель 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» (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России).

7. Романихин Д.Н. Обоснование выбора шасси Чаборз м-6 для создания пожарного микроавтомобиля повышенной проходимости / Д.Н. Романихин, В.В. Киселев // Общественные проблемы инженерной подготовки кадров МЧС России: Сборник трудов секции № 16 XXXI Международной научно-практической конференции, 17 марта 2021 года. Химки: Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2021. С. 118-122.

8. 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, 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 629.113

В.В. Ковалев, В.В. Ерыгин, В.Б. Николаев

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

ЗНАКОМЬТЕСЬ – «ТИГР»

Аннотация: в статье рассматриваются история создания, назначение, основные технические характеристики, компоновка основных агрегатов и узлов армейского многоцелевого броневедомога ГАЗ-233114 «Тигр», перспективы использования его по назначению в силовых структурах Российской Федерации.

Ключевые слова: броневедомога, технические характеристики, модернизация, двигатель, трансмиссия, ходовая часть, агрегаты, узлы.

V.V. Kovalev, V.V. Yerygin, V.B. Nikolaev

MEET THE «TIGER»

Abstract: The article discusses the history of creation, purpose, main technical characteristics, layout of the main units and assemblies of the GAZ-233114 Tiger army multipurpose armored car, prospects for its intended use in the power structures of the Russian Federation.

Keywords: armored car, technical characteristics, modernization, engine, transmission, chassis, units, assemblies.

Начало разработки армейского многоцелевого броневедомога ГАЗ-2330 «Тигр» относится к середине 90-х годов 20 века и имеет следующую предысторию. На основе анализа тактико-технических характеристик и результатов многолетней успешной эксплуатации американского армейского броневедомога «Хаммер» (рис. 1), Министерство обороны Объединенных Арабских Эмиратов (МО ОАЭ) определило весьма высокую перспективность оснащения своих моторизованных воинских формирований автомобилями этого типа. Однако рыночная стоимость автомобиля, в то время, составляла около 60 тыс. долларов. Решено было создать собственный автомобиль, т.к. потребности МО ОАЭ исчислялись сотнями таких автомобилей. Весьма перспективной представлялась и ниша экспортирования машин этого класса.



Рис. 1. «Хаммер» – собственной персоной

В ОАЭ, в то время, отсутствовал опыт создания собственных автомобилей, не было специалистов в сфере разработки, испытания и производства таких автотранспортных средств, соответственно отсутствовала необходимая материальная и промышленная база обеспечивающая эту работу. Кроме этого, автомобилестроение, как показывает история мировой экономики является одним из самых эффективных рычагов промышленного развития любого государства. В итоге было решено, что наиболее эффективным, экономически выгодным вариантом для ОАЭ будет использование для создания собственного высококомобильного многоцелевого автотранспортного средства соответствующего научно-технического и производственного потенциала иностранных государств.

Этим государством была выбрана Россия, где в то время, в условиях тотального экономического спада периода перестройки, на фоне решительного сокращения финансирования оборонной отрасли, отсутствия заказов в сфере серийного производства автомобильной техники в стадии стагнации находились не только производственные конвейеры отечественных автопроизводителей, но и коллективы конструкторских бюро. В качестве исполнителя проектно-конструкторской части разработки аналога «Хаммера» было избрано ОАО «ГАЗ», а именно его подразделение — ЗАО «Промышленные компьютерные технологии» (ныне — Арзамасский машиностроительный завод (АМЗ), входящее сейчас в периметр управления ООО «Военно-промышленная компания»). Главным конструктором автомобиля был назначен Александр Андреевич Коршунов [1].

Выбор ОАО «ГАЗ» был мотивирован тем, что его коллектив в тот период времени уже имел более чем 60-летний опыт разработки колесных грузовых автомобилей повышенной проходимости ГАЗ-66 и 4-х колесных бронированных машин БРДМ самого широкого спектра назначения (рис. 2).



Рис. 2. ГАЗ-66 и БРДМ — предшественники «Тигра»

На предприятии имелись и функционировали производственные мощности по серийному выпуску бронетранспортеров, которые в плановом порядке поставлялись сначала для Советской Армии, а затем и для Вооруженных Сил России. Автомобили и бронетранспортеры этого производителя широко поставлялись и за рубеж, где имели весьма высокую репутацию. А самое главное — цена контракта включавшая разработку проектно-конструкторской документации, изготовление 3-х опытных образцов, приёмо-сдаточные испытания их на полигоне Министерства обороны в Бронницах Московской обл. составляла всего 60 млн. долларов США. Для заказчика — Din Jabr Group Ltd (BJG), представлявшей интересы МО ОАЭ — мелочь, но приятно.

Поскольку по условиям контракта будущая машина должна была быть легко модифицирована не только в бронированном, но и в «гражданском» исполнении, был выбран оригинальный вариант совмещения рамной и кузовной конструкций шасси (рис. 3).



Рис. 3. Надежный союз кузова и рамы

Дублирование жесткости кузова и рамы в дальнейшем обеспечило существенные конкурентные преимущества «Тигра» перед «Хаммером». К ним относятся высокая проходимость в любых дорожных условиях, практически неограниченная, в разумных пределах, возможность бронирования, широкий спектр материалов, в т. ч. и полимеров, используемых при изготовлении иных вариантов компоновки кузова машины по индивидуальным заказам.

Так же был предусмотрен и многовариантный способ монтажа силовой установки и агрегатов трансмиссии. При этом могли быть использованы дизельные немецкие двигатели Cummins, российский ЯМЗ-5347-10. В трансмиссии могла быть использована как гидродинамическая автоматическая, так и пятиступенчатая механическая коробка передач (КП). В обоих вариантах, КП монтируется одним блоком трансмиссии с раздаточной коробкой (рис. 4) непосредственно на раме машины. Это обеспечивает большую компактность блока трансмиссии. При этом крутящий момент непосредственно передается с выходного (ведомого) вала КП на входной (ведущий) вал раздаточной коробки (РК), что позволяет обойтись без традиционного карданного вала между этими агрегатами [2].



Рис. 4. Трансмиссионный блок



Рис. 5. Колесный редуктор

Для всех модификаций автомобиля РК однотипная — двухступенчатая с блокируемым через электропневмопривод межосевым дифференциалом. Интересной конструктивной особенностью раздаточной коробки является наличие собственной системы смазки предусматривающей смазку узлов трения не только разбрызгиванием, но и под давлением. Для очистки рабочего масла от продуктов износа в системе смазки РК установлен сменный фильтрующий элемент. Такое техническое решение значительно повышает ресурс трансмиссионного блока.

Конструктивной особенностью ведущих мостов «Тигра» является их жесткая связь с рамой автомобиля, также, как и у предыдущих агрегатов трансмиссии (КП и РК). Это значительно облегчает условия работы карданных валов, связывающих эти агрегаты с РК, т.к. взаимного перемещения агрегатов между собой не происходит. Особенно это важно для условий бездорожья, когда амплитуды колебаний опорных колёс относительно рамы могут иметь максимальные значения. Из практики эксплуатации внедорожных автомобилей известны случаи «разрыва» карданного вала, когда подвижная вилка карданного вала при максимальных амплитудах перемещения колес выходит из шлицев трубы этого вала, что даже на невысоких скоростях движения приводит к серьёзным аварийным ситуациям связанных с внезапным изменением траектории движения машины в результате контакта трубы «оборвавшегося» карданного вала с опорной поверхностью. Межколёсные дифференциалы мостов имеют электропневматический привод блокировки.

Следующим узлом в передаче силового потока по трансмиссии является колесный редуктор, увеличивающий и передающий крутящий момент от моста к ведущему колесу, по конструкции аналогичный используемому на БРДМ (рис. 5). Колёсный редуктор переднего моста отличается от колесного редуктора заднего моста наличием поворотного шкворня, поскольку передние колеса являются управляемыми.

Наличие такой конструкции колесного редуктора обеспечивает возможность независимой подвески ведущих колес, что также является одним из слагаемых высокой проходимости машины. Внутренние полости тормозных барабанов для исключения повышенного давления в колесных редукторах связаны с атмосферой через вентиляционные каналы в цапфе и в корпусе самого редуктора соединённые через штуцеры и переходники с системой сапунирования в виде трубок и рукавов выходящих в подкапотное пространство. Особенно это важно при движении машины с высокими скоростями в виду естественного нагрева редуктора.

Особый интерес представляет собой подвеска автомобиля. Прототипом её конструкции является подвеска БРДМ. Подвеска колес автомобиля имеет следующие классификационные признаки: независимая, рычажная, торсионная, с амортизатором двухстороннего действия и стабилизатором поперечной устойчивости. Упругим элементом подвески является торсионный вал, который монтируется в полости оси нижних рычагов (рис. 5).

Конструктивно торсионные валы всех четырех подвесок колес одинаковы, но валы подвесок левого переднего и правого заднего колёс имеют левую предварительную закрутку, т.е. закручены против часовой стрелки, а валы подвесок правого переднего и левого заднего колёс имеют правую предварительную закрутку, т.е. закручены по часовой стрелке. В зависимости от направления закрутки валы имеют соответствующие метки на торцевой головке торсионного вала: «ПР» с правой предварительной закруткой и «ЛЕ» с левой предварительной закруткой.

Поэтому, в случае поломки торсионного вала при его замене категорически запрещается изменять установленный порядок размещения валов с учетом их предварительной закрутки.

Амплитуда перемещения колес в вертикальной плоскости ограничивается резиновыми упорами буферов. Буферы хода сжатия крепятся как на нижних, так и на верхних рычагах подвески, что в целом обеспечивает их большую долговечность при экстремальных наездах на дорожные неровности. Буферы хода отдачи крепятся только на верхних рычагах, т.к. в случае внезапного провала колеса усилие хода отдачи будет формироваться только за счет веса провалившегося колеса уменьшенного на сопротивление закрутки торсионного вала. Следовательно упругость буфера отдачи, с учетом низкой вероятности такого события обеспечивает достаточную долговечность этого элемента подвески.

Демпфирующими элементами подвески являются телескопические гидравлические амортизаторы. Амортизаторы устанавливаются: по одному в подвесках передних колес, по два в подвесках задних колес. Амортизаторы взаимозаменяемы, обеспечивают эффективное гашение колебаний корпуса машины возникающих при движении по неровностям дороги.

Частично, упругую и демпфирующую функции подвески выполняют и используемые на автомобиле пневматические шины с регулируемым давлением. Шины имеют следующие характеристики: радиальные, камерные, с направленным рисунком протектора повышенной проходимости и цельнометаллическим ободом (рис. 3). Шины устанавливаются на дисковые стальные колёса со специальным разъёмным ободом. Крепление колёс к тормозным барабанам на соответствующих болтах и гайках (рис. 5).

Таковы были наиболее общие технические показатели автомобиля созданного на основе имевшегося опыта разработки военной автомобильной техники, реализации многочисленных оригинальных новых конструкторских решений. Приемо-сдаточные испытания автомобиля проводились в 21-м Научно-исследовательском институте военной автомобильной техники 3-го Центрального НИИ Минобороны России (г. Бронницы, Московская обл.). После нескольких лет кропотливой работы конструкторов, производственников ОАО АМЗ, испытателей Бронницкого автополигона 3 опытных образца бронеавтомобилей Tiger HMTV были представлены на обязательные процедуры сертифицирования на Дмитровском испытательном полигоне (НАМИ). В результате успешно пройденных процедур проверки нового автомобиля - сертификат на его безопасную эксплуатацию был получен. Основные условия контракта российской стороной были выполнены.

В оговоренных контрактом типах исполнения, в бронированном в том числе, опытные образцы были представлены на Международной выставке вооружения IDEX-2001 проводимой в то время в столице ОАЭ – Абу-Даби. Автомобили заказчику понравились [1]. Однако, без указания каких-либо причин, заказчики проекта отказалась от дальнейших услуг российских конструкторов и специалистов при проведении испытаний автомобилей в ОАЭ. Это послужило поводом для арабской стороны к расторжению контракта. После чего опытные образцы автомобилей и часть конструкторской документации остались у компании BJG. Четыре года спустя после незначительной доработки конструкции машины с учётом особенностей местных условий эксплуатации компания BJG совместно с зарубежными специалистами других государств с июня 2005 года начала

производство идентичных броневедомств Nimr (по-арабски «Тигр») в различных исполнениях.

Российская сторона получила право самостоятельно использовать результаты выполненной работы. Поэтому в соответствии с решением совета директоров ОАО «ГАЗ-Русские машины» уже в 2002 году были собраны три автомобиля: с бронированным 3-дверным кузовом, небронированные 2-х, и 4-дверные варианты кузова с тентованным кузовом второй серии. При этом были изменены оформление лобовых поверхностей капотного отделения, кузова, оперение передних колёс, модернизирован интерьер внутрикузовного пространства. Эта партия «Тигров» и была представлена на Московской международной автомобильной выставке MIMS-2002. Уже в конце 2002 года опытная партия из двух бронированных автомобилей поступила в московский СОБР для опытной эксплуатации. По итогам положительных результатов использования машин в оперативной работе, машиной заинтересовалось руководство МВД РФ и выступило заказчиком второй серии «Тигров». Серийное производство автомобилей «Тигр» организовано на АМЗ с 2005 года (рис. 6).



Рис. 6. Варианты исполнения «Тигра»

С 2012 года осуществляются поставки броневедомств по контрактам с Министерством Обороны России (МО РФ), которые используются как транспортные средства для перевозки личного состава и как колесные базовые шасси для монтажа вооружения и военной техники различного функционального назначения. Отлично зарекомендовала себя эта машины во всех локальных конфликтах последнего времени: операция по принуждению Грузии к миру, в армяно-азербайджанском конфликте, в ходе Крымской весны, в боевых действиях в Новороссии, в Сирии, ну и конечно, при проведении специальной военной операции, где эти машины используются в разведывательных операциях, в т. ч. и по тылам противника, как средство боевого охранения военных и гуманитарных автомобильных колонн, для патрулирования и сопровождения отдельных транспортных средств с разрядными грузами, в составе подразделений комендантской службы и военной полиции [3].

Основные технические характеристики машины представлены в таблице [2].

Таблица. Технические характеристики бронеавтомобиля ГАЗ-233114 «Тигр»

Параметры	Показатели
Дорожный просвет, мм	400
Грузоподъемность, кг	1400
Максимальная скорость движения, км/ч	110
Шины, размерность	335/80 R20
Полная масса автомобиля, кг	7319
Допустимый крен при движении по косогору, град.	20
Угол свеса передний/задний, град	34 / 36
Минимальный радиус поворота, м	10

Опыт специальной военной операции показал высокий уровень востребованности этих автомобилей, надежно защищающих перевозимый личный состав от достаточно широкого спектра огневого воздействия оружия противника. Многие заказывающие органы МО РФ, других силовых ведомств изменили своё отношение к этим автотранспортным средствам. Таким образом, очевидно, что эту модель бронированного автомобиля ожидают хорошие перспективы для развития и дальнейшего совершенствования технических и эксплуатационных характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Тигр_\(бронеавтомобиль\)#История_создания](https://ru.wikipedia.org/wiki/Тигр_(бронеавтомобиль)#История_создания)
2. Руководство по эксплуатации ГАЗ-233114-0000010. Н. Новгород. ГАЗ. 2016 г.
3. <https://www.youtube.com/watch?v=yP93Ma9HXj4>

УДК 621.37

А.Б. Колобов

Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

ПОДГОТОВКА КАДРОВ В ОБЛАСТИ ВИБРОКОНТРОЛЯ В РАМКАХ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Аннотация: предложены рабочие программы дополнительного профессионального образования в области вибромониторинга и вибродиагностики, произведено обоснование учебных программ.

Ключевые слова: вибромониторинг, вибродиагностика, дефекты.

A.B. Kolobov

TRAINING IN THE FIELD OF VIBRATION CONTROL WITHIN THE FRAMEWORK OF ADDITIONAL PROFESSIONAL EDUCATION

Abstract: Working programs of additional professional education in the field of vibration monitoring and vibrodiagnostics are proposed, training programs are substantiated.

Keywords: vibration monitoring, vibration diagnostics, defects.

На протяжении более двух десятилетий Институт Повышения Квалификации и Переподготовки Кадров (ИПК и ПК) при ФГБОУ ВО ИГЭУ им. В. И. Ленина реализует образовательные программы ДПО по актуальным профильным направлениям для технических и руководящих специалистов в сфере энергетики, а также других отраслей промышленности.

Три года в рамках ИПК и ПК успешно реализуется программа «Контроль вибросостояния, вибродиагностика основного и вспомогательного оборудования. Методы, организация и технические средства» объемом 72 часа в различных форматах (очном, дистанционном и смешанном), рассчитанная прежде всего на специалистов генерирующих компаний. В программе реализуются все виды учебных занятий: лекции, практические занятия и лабораторные работы с выходным контролем в форме тестирования. Целью любой учебной программы, в том числе и ДПО, является формирование у слушателей компетенций, которые состоят из знаний, умений и понятий о существе и содержании рассматриваемых вопросов.

Опыт реализации программы позволяет сделать некоторые выводы как о самой концепции подготовки, отличиях в федеральных нормативных подходах к квалификации персонала, так и сделать предложения по повышению эффективности образовательной программы.

Начиная с последнего, можно констатировать, что под нынешнюю программу, формируются группы из слушателей, имеющих принципиально разные представления о самой теме, различные навыки и опыт, если таковые вообще имеются. Очевидно это связано с тем, что руководство предприятий-заказчиков обольщается возможностью получить компетентного специалиста как в области виброконтроля (в настоящее время, являющегося неотъемлемой оперативной функцией эксплуатации), так и вибродиагностики и виброналадки (важнейшими функциями обеспечения технического обслуживания и ремонтов (ТО и Р)). Структура имеющейся программы, особенно для людей, которые «не в теме», не позволяет осуществить эти желания, поэтому предложено на основе имеющейся базовой программы реализовать две более узкоспециализированные программы каждая объемом 72 час. Наименование этих программ, категория слушателей и достигаемые цели обучения приведены в табл. 1.

Таблица 1. Наименование программ ДПО, категория слушателей и достигаемые цели обучения

Наименование программы	Пояснения по категории слушателей, цель обучения и результаты
Программа 1 Оперативный вибрационный мониторинг генерирующего и вспомогательного оборудования. Технология организации и техническая реализация	Категория: Руководящие инженерно-технические работники и специалисты среднего звена основных производственных цехов ТЭС, котельных и тепловых сетей, занятые эксплуатацией основного генерирующего и вспомогательного оборудования и организацией его технического обслуживания (заместители и начальники цехов, специалисты ПТО, ТТО и ЭТО, служб эксплуатации). Цель обучения: Изучение, положенных в основу реализации виброконтроля, федеральных и отраслевых нормативных и руководящих материалов, а также практических методик оценки вибрационного состояния, необходимых для осуществления безаварийной эксплуатации и эффективного технического обслуживания, ремонта и наладки различных типов роторных машин (турбины, генераторы, ГТУ, центробежные насосы и турбонасосы, компрессоры, вентиляторы, тягодутьевые механизмы). Ознакомление с основными методами вибродиагностики и виброналадки роторных машин
Программа 2 Вибродиагностика энергомеханического оборудования: методика и программно-техническая структура	Категория: инженерно-технические работники лабораторий/отделов технической диагностики, ремонта и наладки, а также основных производственных цехов ТЭС, котельных и тепловых сетей, занятые проведением виброобследования и виброналадки, организацией и реализацией всех этапов технического обслуживания, ремонта и наладки основного генерирующего и вспомогательного оборудования. Цель обучения: Изучение практических методик и овладение навыками вибродиагностики, организации проведения виброобследования и виброналадки роторных машин, выдачи заключения о текущем вибрационном состоянии, о прогнозе изменения состояния и необходимости выполнения ремонта или виброналадки. Ознакомление с основными нормативными материалами по оперативному мониторингу вибрационного состояния роторных машин

Целесообразность этого предложения заключается в правильном понимании технологии контроля технического состояния промышленных машин. Согласно ГОСТ Р ИСО 13372–2013 [1] выделяются основные понятия:

- контроль технического состояния – сбор и обработка данных, характеризующих техническое состояние машины в разные моменты времени;

- мониторинг технического состояния – процесс, обеспечивающий возможность определения текущей эксплуатационной готовности машин и узлов без необходимости их демонтажа или обследования;

- диагностирование – анализ диагностических признаков в целях определения природы неисправности или отказа (вида, места, степени развития).

Все перечисленные понятия исходят из общего предположения – техническое состояние ухудшается при появлении неисправностей (дефектов). При этом нельзя смешивать эти понятия, потому что есть первичная задача и, позволяющая ее существенно дополнить, частная, т.е. речь идет о том, что вибродиагностика является лишь необходимым этапом реализации вибромониторинга, которая активируется при определенных условиях (табл. 2). Вибромониторинг без вибродиагностики не предназначен для обнаружения вида дефектов, его назначение – лишь обнаружение изменения технического состояния в целом.

Таблица 2. Смысловое представление вибромониторинга и вибродиагностики

Функции	Исполнение	Решаемые задачи
Вибромониторинг	Процесс измерения и наблюдения во времени только общих параметров широкополосной вибрации (абсолютной вибрации опор и вибрации валов)	Оценка технического состояния в соответствии с установленными уровнями зон технического состояния, включая уровни ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ и ОСТАНОВ (по серии ГОСТ ИСО 10816 и 7919) Оценка запаса работоспособности, представление изменения вибрации в виде трендов с прогнозированием остаточного ресурса
Вибродиагностика	Входит в вибромониторинг как составная часть	Обнаружение и распознавание дефектов машины только в случаях, когда общие параметры вибрации превышают граничные уровни и уровни ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ и ОСТАНОВ. (по серии ГОСТ ИСО 10816 и 7919) Оценивается влияние выявленных дефектов на текущий запас работоспособности, формируется прогноз развития дефекта/дефектов и влияние его на остаточный ресурс, определяются содержание и объем ТО и Р. Используются, прежде всего, методы частотного (спектрального) анализа

Слушатели, изучающие программу 1 (табл. 1) прежде всего должны приобрести понимание и практические навыки организации на цеховом и более высоком уровнях оперативного виброконтроля, представляя, что он дает, какими техническими и людскими ресурсами реализуется, как используются результаты и какой от них эффект. Ответы на большинство этих вопросов дает как федеральная нормативная база, так и отраслевые инструкции, которые требуют интерпретации к практике.

Как следует из концепции программы 1 руководители среднего звена должны способствовать внедрению и организации эффективной работы вибромониторинга, имея лишь представление о технологиях диагностирования, но убежденные в необходимости наличия в структуре предприятия обученных специалистов-диагностов.

С концепцией программы 2 (табл. 1) все кажется проще, но поскольку речь идет о диагностах, то возникает ряд противоречий не столько в методическом плане, сколько в сертификации на степень готовности. При практически похожих тематических программах обучения, существуют разные подходы к сертификации специалистов:

- по ГОСТ Р ИСО 18436-2–2015 [2] предусмотрены 4 категории сертификации (по значимости в порядке возрастания), оценивающие меру компетентности персонала в области вибрационного анализа машин (контроль состояния, диагностика и балансировка машин) для всех отраслей промышленности, предусмотрено добровольная подача заявок на обучение и сертификацию;

- по СДАНК-02–2020 (взамен ПБ 03-440-02) [3] предусмотрены 3 уровня аттестации (по значимости в порядке возрастания), устанавливающие правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля (НК) по вибродиагностическому методу НК с правом контроля объектов, курируемых Ростехнадзором, т.е. производственных объектов, отнесенных к категории опасных производственных объектов (ОПО) по Федеральному закону № 116-ФЗ [4], в этом случае организация должна иметь лицензию на вид деятельности в области НК, а сертификация персонала должна быть принудительной в соответствии с Единой системой оценки соответствия в области промышленной и экологической безопасности.

Содержание программы 2 удовлетворяет требованиям квалификационной оценки знаний, как по ГОСТ Р ИСО 18436-2–2015, так и по СДАНК-02–2020 на 1 и 2 категории (ГОСТ Р ИСО 18436-2–2015) и 1 и 2 уровней (СДАНК-02–2020), что облегчает прохождение персоналом финишного этапа оценки знаний в аттестационных центрах.

Другим аспектом реализации программы 2 являются многочисленные различия между федеральными стандартами и ПТЭ [5], а также ведомственными инструкциями в энергетике и нефтегазовой отраслях. При одинаковом смысловом контексте имеются различия как в количественных оценках, так и представлениях о дефектах, например, в случае низкочастотной вибрации в гидродинамических подшипниках. В ряде случаев сами смысловые понятия адаптированы под отраслевой технологический формат в плане допуска машин к эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 13372–2013. Контроль состояния и диагностика машин. Термины и определения, 2014.
2. ГОСТ Р ИСО 18436-2–2015. Контроль состояния и диагностика машин. Требования к квалификации и оценке персонала. Часть 2. Вибрационный контроль состояния и диагностика, 2016.
3. Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля СДАНК-02–2020 (взамен ПБ 03-440-02), 2020.
4. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

5. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации, 2023.

УДК 534.2:621.37/39 (075)

А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов

Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ И ПРИНЦИПА ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОТОРНЫХ МАШИН

Аннотация: разработаны базовые положения предиктивной аналитики при реализации структуры «off-line» вибромониторинга, программно-аппаратная структура автоматизированного рабочего места управления эксплуатацией машин.

Ключевые слова: предиктивная аналитика, вибромониторинг, вибродиагностика, дефекты.

A.B. Kolobov, F.B. Ogurtsov

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT AND PRINCIPLE OF TECHNICAL REALISATION PREDICTIVE ANALYTICS OF INDUSTRIAL ROTOR MACHINES

Abstract: the basic provisions of predictive analytics in the implementation of «off-line» structure of vibration monitoring, software and hardware structure of automated workplace of machine operation control are developed.

Keywords: predictive analytics, vibration monitoring, vibration diagnostics, defects.

Необходимость эффективной организации технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) промышленного оборудования требует реализации ТО и Р в формате по фактическому и прогнозируемому состоянию, т.е. осуществлению предиктивной аналитики (ПА). В статье представлены основные положения концепция ПА при реализации структуры «off-line» вибромониторинга, актуальной для электромеханических роторных агрегатов системы собственных нужд ТЭС и АЭС, а также предприятий тепловых сетей и промышленных предприятий различных отраслей.

Обобщенные технологические задачи, решаемые при разработке концепции ПА и возможные результаты анализа и принимаемых решений приведены в табл. 1. Подобная структура актуальна для электромеханических роторных агрегатов, которые не оснащены штатными системами вибромониторинга.

Важной методической задачей является разработка адаптивных цифровых двойников (АЦД), моделирующих изменение скорости ухудшения диагностических признаков от типа возникшего дефекта и особенностей конструкции машин. С помощью АЦД производится автоматическая корректировка параметров, описываю-

щих состояние агрегатов, т.е. учет влияния выявленных дефектов и степени их развития.

Для каждой машины создается свой АЦД, максимально корректно учитывающий особенности конструкции, эксплуатации и ремонта. При разработке АЦД со всей очевидностью придется выполнять раздельное моделирование конструктивных узлов электромеханических агрегатов в виде подсистем: роторной и опорной (механическая подсистема) и электрической [1]. Каждая из подсистем описывается своими параметрами и имеет свои дефекты, которые развиваются по своим деградиационным путям, причем изменения в одной из подсистем будут влиять на параметры, определяющие состояние другой, что должно учитываться установлением корреляционных или функциональных связей с вероятностными параметрами.

Таблица 1. Технологические задачи при разработке концепции предиктивной аналитики по структуре «off-line»

Технологические задачи	Результаты
Анализ текущей эффективности контроля технического состояния роторных машин средствами оперативной вибродиагностики и иными системами контроля технологических и режимных параметров	Глубина эксплуатационной истории Полнота НСИ и НТД, ремонтной базы данных Режимы обработки и форматы данных Формат ввода технологических параметров
Разработка автоматизированного рабочего места (АРМ) управления эксплуатацией машин (АРМ УЭМ) для сбора и концентрации информации о текущем техническом состоянии	Информация об основных диагностических параметрах, данные о выполненных дополнительных обследованиях, ремонтных и наладочных работах Информация о технологических параметрах Возможность интеграции в структуру АСУ ТП с выходом в систему УЭМ (СУЭМ)
Разработка математических моделей (адаптивных цифровых двойников – АЦД контролируемых агрегатов)	Кластеризация состояний, вероятностно-статистические модели с оптимизацией целевой функции Индивидуальный учет особенностей каждой машины, условий эксплуатации и ремонта Моделирование отдельных физических процессов появления и развития дефектов с целью уточнения весовых коэффициентов целевой функции
Обучение и корректировка полного алгоритма предиктивной аналитики	Обучение: оценка сходимости, оптимизация целевой функции, корректировка АЦД Оптимизация значимости (диагностической ценности) входных параметров Испытания: оценка достоверности текущего состояния и точности прогноза

В предложенной концепции вся информация о техническом состоянии сконцентрирована в АРМ УЭМ, что позволит совершенствовать функциональные возможности системы управления эксплуатацией — перейти от системы раздельного управления эксплуатацией отдельной машины к системе управления эксплуатацией группы технологически взаимосвязанных агрегатов. При этом в каждой группе будет выделяться критический агрегат, а ремонтные воздействия можно планировать в минимальном объеме, достаточном для повышения уровня технического состояния только «слабого звена» до уровня других агрегатов технологической цепи, в которую он входит.

Обобщенная структура АРМ УЭМ приведена на рис. 1. Исходя из имеющихся возможностей предложен вариант реализации на основе 2-х канального мобильного анализатора сигналов STD-3300 («ТД «Технекон») и программного обеспечения (ПО) для ведения базы данных «Вибродизайнер-Эксперт» («ТД «Технекон»).

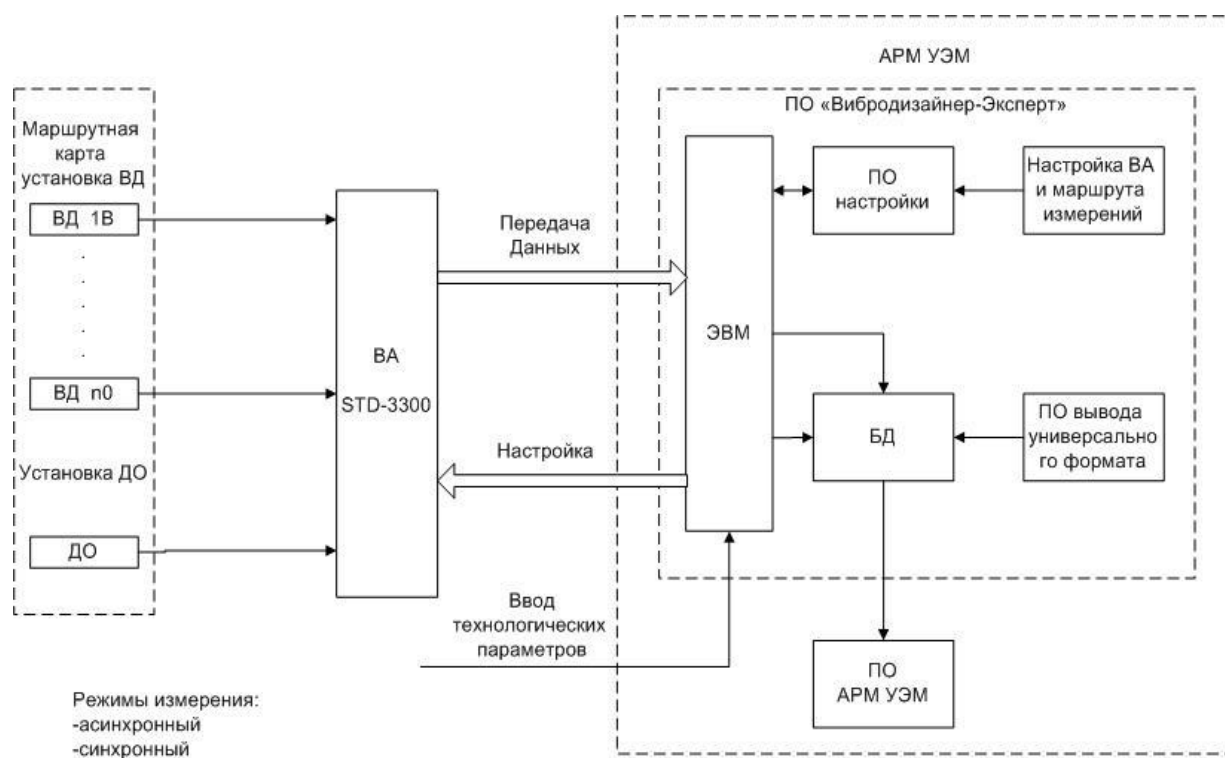


Рис. 1. Обобщенная структура АРМ УЭМ: ВД in — вибрационные датчики, устанавливаемые в кочках контроля согласно маршрутной карты измерений; ДО — датчик оборотов, устанавливаемый при измерении синхронных спектров; ВА — виброанализатор STD-3300 («Технекон»); БД — база данных измеренных вибропараметров в структуре ПО «Вибродизайнер-Эксперт»

ПО АРМ УЭМ должно решать три основные задачи ПА:

- Оперативное определение текущего технического состояния (ТС) на основе алгоритмов вибромониторинга (или иначе, параметрической диагностики), определяющее реализацию всех последующих процедур;
- Выявление методами экспертной диагностики дефекта или совокупности дефектов, которые привели или могут привести к изменению ТС;
- Прогнозная диагностика развития дефектов с рекомендациями по организации ТО и Р.

Основные модели, реализуемые в АЦД УЭМ, приведены в табл. 2, а состав диагностических параметров базы данных (БД) ПО «Вибродизайнер-Эксперт», необходимой для решения задач ПА приведен в табл. 3. Стоит учесть, что ПО «Вибродизайнер-Эксперт» является автономным инструментом, который предназначен для сбора, хранения и углубленного анализа данных виброизмерений. Для полноценного функционирования АРМ УЭМ потребуется экспортировать данные, которые хранятся в ПО «Вибродизайнер-Эксперт» в файл типа .xlsx (Excel) и работать с содержимым файла в интегрированной среде разработки, опирающейся на языки программирования.

ПО АРМ УЭМ должно решать задачи ПА нескольких уровней.

Таблица 2. Основные модели, реализуемые в АЦД УЭМ

Модель	Этап использования модели
Статистическая модель установки индивидуальных границ зон ТС и ограничительных уровней	Оперативное определение текущего ТС (параметрическая диагностика)
Статистическая модель диагностики по отклонению от контурной характеристики распределения (КХР) общей вибрации	Экспертная диагностика (1 уровень)
Статистическая модель распознавания на основе метрических методов с использованием асинхронных и синхронных прямых спектров и спектров огибающей	Экспертная диагностика (2 уровень)
Вероятностно-статистическая модель распознавания для установления порогов классификатора Байеса, модель классификатора Байеса	Экспертная диагностика (3 уровень)
Физические модели (например, модели износа контактных звеньев, кинематических пар и др.) для корректировки статистических моделей деградации деталей и узлов	Используются как дополнения к экспертной диагностике (1 – 3 уровней)
Регрессионные модели по трендам вибрации общего уровня Точечная модель по тренду пик-фактора	Прогнозная диагностика (1 уровень)
Регрессионные модели по трендам частотных компонент спектров: • в выделенных полосах информативных частот • модуляционных характеристик в зоне информативных частот дефектов	Прогнозная диагностика (2 уровень)

Таблица 3. Состав БД ПО «Вибродизайнер-Эксперт»

Измеряемые параметры	Характеристики параметров
Общие параметры вибрации (пик, размах, СКЗ) в диапазоне частот	Виброперемещения S (10 – 100 Гц), мкм
	Виброскорости V (10 – 1000 Гц), мм/с
	Виброускорения a (10 – 10000 Гц), м/с ²
Спектры параметров	Прямой (асинхронный) спектр
	Синхронный спектр
	Спектр огибающей вибрации
Дампы параметров	Виброперемещение, виброскорость, виброускорение

Первым уровнем является оперативное определение текущего технического состояния (ТС) на основе алгоритмов параметрической диагностики, определяющее реализацию всех последующих процедур. Алгоритмическая структура решения задач первого уровня ПА приведена на рис. 2.

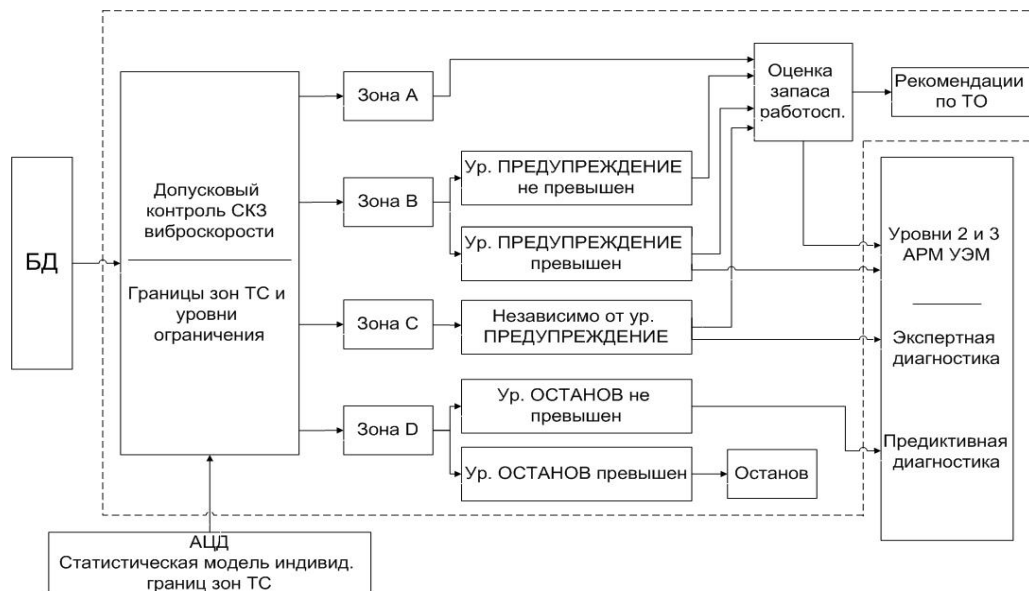


Рис. 2. Структура алгоритма параметрической диагностики – 1 уровень ПА

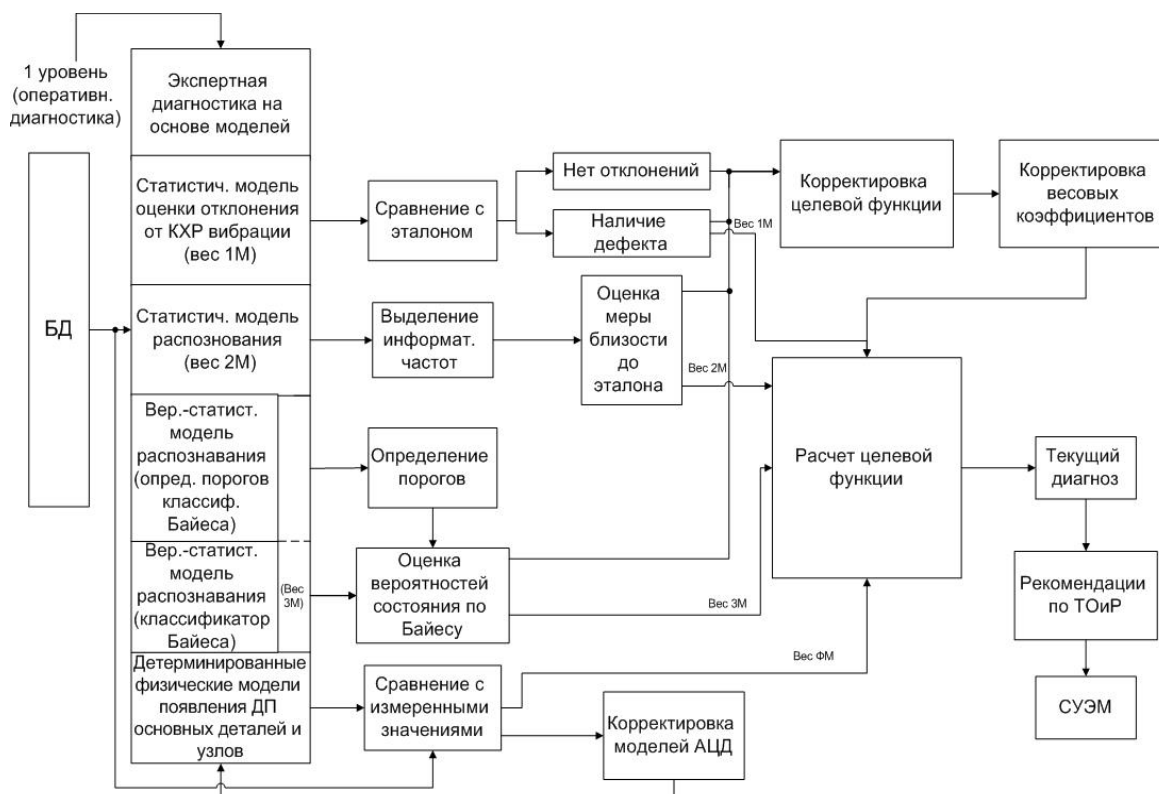


Рис. 3. Структура алгоритма экспертной диагностики – 2 уровень ПА

Вторым уровнем является экспертная диагностика, проводимая на основе результатов оценки текущего ТС параметрической диагностикой, которая также должна формировать целевую функцию ПА, выдавать диагноз по текущему ТС и рекомендации по ТО и Р. Алгоритмическая структура решения задач второго уровня ПА приведена на рис. 3.

Третьим уровнем является прогнозная диагностика, проводимая на основе результатов как параметрической, так и экспертной диагностики. Третий уровень должен формировать и корректировать целевую функцию ПА, выдавать рекомендации по ТО и Р. Алгоритмическая структура решения задач третьего уровня ПА приведена на рис. 4.



Рис. 4. Структура алгоритма прогнозирования диагностики – 3 уровень ПА

На данный момент разработаны:

- базовые положения предиктивной аналитики при реализации структуры «off-line» вибромониторинга с использованием мобильного анализатора сигналов STD-3300 и программного обеспечения для ведения базы данных «Вибродизайнер-Эксперт»;
- программно-аппаратная структура автоматизированного рабочего места управления эксплуатацией машин (АРМ УЭМ) для сбора и концентрации информации о текущем техническом состоянии:
 - создана база данных для роторных машин котельной ФГБОУ ВО ИГЭУ;
 - разработана методическая и алгоритмическая реализация параметрической диагностики (1 уровень ПА) и отдельных направлений экспертной (2 уровень ПА) и прогнозная (3 уровень ПА) диагностики с использованием адаптивных цифровых двойников роторных машин.

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: ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет, 2023. С. 284-287.

УДК 621.926.49

М.Ю. Колобов¹, Т.В. Гущина¹, В.В. Колобова²

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

²ФГБОУ ВО Верхневолжский государственный агробиотехнологический университет

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ В УДАРНО-ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Аннотация: использование предлагаемых конструктивных изменений в ударно-центробежной мельнице позволяет повысить эффективность процесса измельчения и увеличить срок службы отбойных элементов в 1,5–2 раза.

Ключевые слова: ударно-центробежная мельница, эффективность, отбойные элементы.

M.Yu. Kolobov, T.V. Gushchina, V.V. Kolobova

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE GRINDING PROCESS IN A MULTISTAGE MILL

Abstracts: the use of the proposed design changes in the centrifugal impact mill makes it possible to increase the efficiency of the grinding process and increase the service life of the fender elements by 1.5-2 times.

Keywords: impact centrifugal mill, efficiency, fender elements.

В последние годы [1–7] широкое распространение получили измельчители центробежного действия с высокой скоростью нагружения. Оптимизация механики движения материала в этих машинах, достигаемая правильным конструктивным решением, позволяет обеспечивать скорости, достаточные для получения заданного гранулометрического состава готового продукта.

Разработана ударно-центробежная мельница [8]. Мельница (рис. 1 и 2) содержит корпус 1, патрубков 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, закрепленные на боковой стенке корпуса 1, ускоритель, состоящий из верхнего элемента, выполненного в виде боковой поверхности усеченного конуса 5 с центральным отверстием 6, нижнего элемента, выполненного в виде диска 7, ускорительных лопастей 8 и конусного

распределителя 9, и расположенный на вертикальном валу 10, и привод ускорителя (на чертеже не показан). Нижняя часть корпуса 1 на каждой ступени выполнена с пазом для закрепления сменных колец 11. Средний и нижний диск содержат 4 сепарационных отверстия 12 диаметром 30–35 мм, расположенными на расстоянии 1/4 диаметра от оси ротора. Отбойные элементы 4 выполнены с углом наклона рабочей грани относительно радиуса диска, составляющим 50–70°, и установлены с возможностью поворота на 180°.

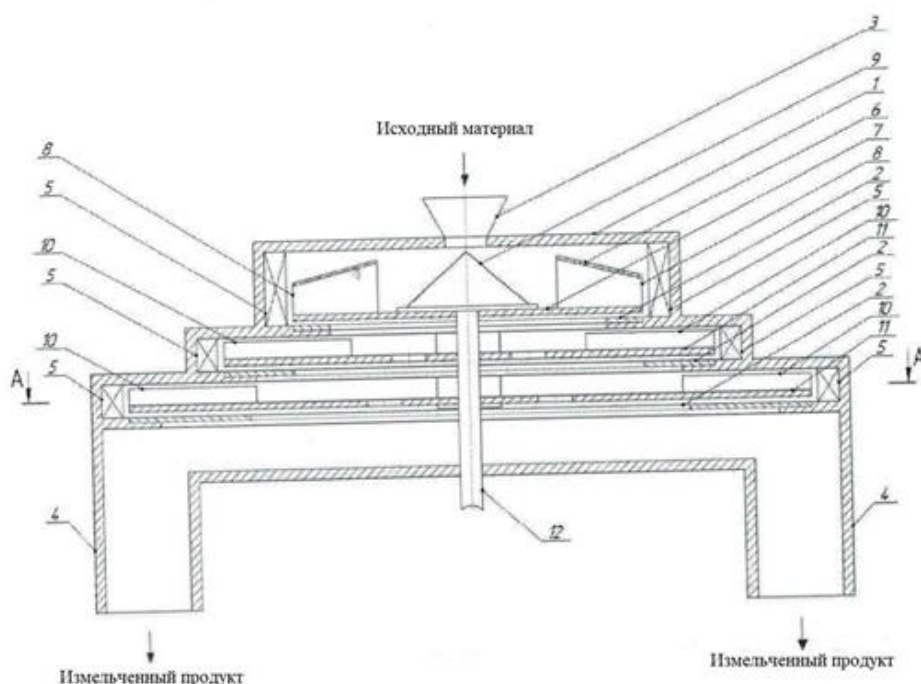


Рис. 1. Ударно-центробежная мельница в продольном разрезе

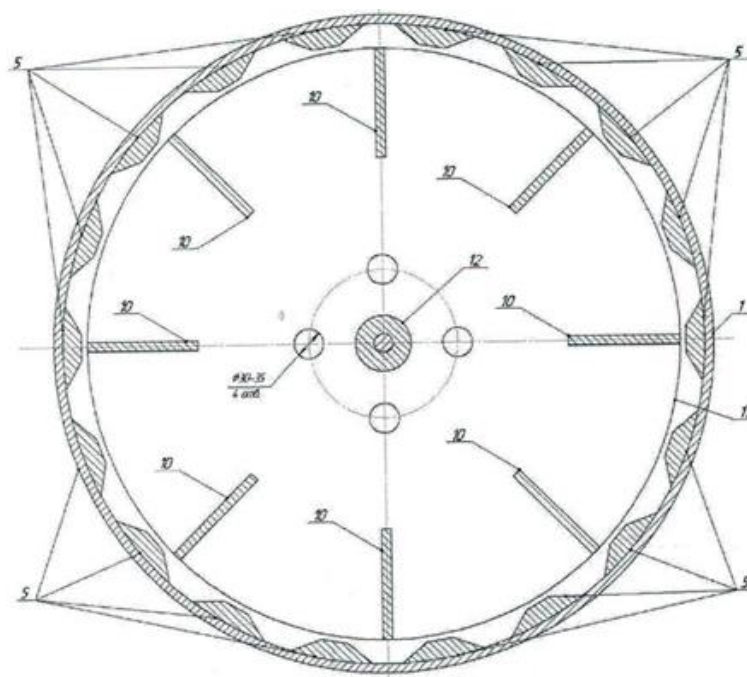


Рис. 2. Горизонтальный разрез ударно-центробежной мельницы

Центробежная мельница работает следующим образом. Посредством привода ускорителю придают вращение с требуемой технологической скоростью. С помощью патрубка 2 и через отверстие 6 исходный сыпучий материал подают на конусный распределитель 9, который обеспечивает равномерное распределение материала в ускорителе. Под действием поля центробежных сил материал поступает на ускорительные лопасти 8, которые придают материалу ускорение. Материал ударяется об отбойные элементы 4, разрушается и через точки 3 выводится из мельницы. По мере износа отбойные элементы 4 поворачиваются на 180^0 , чтобы использовать вторую грань для измельчения материала. Нижняя часть корпуса 1 выполнена с пазом для закрепления сменных колец 11. Используя кольца 11 с различными диаметрами отверстий, можно регулировать гранулометрический состав готового продукта.

Использование предлагаемой центробежной мельницы позволит повысить эффективность процесса измельчения и увеличения срок службы отбойных элементов в 1,5–2 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гущина Т.В., Гущина Е.А., Колобов М.Ю., Блиничев В.Н. Исследование мельницы ударно-отражательного действия // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. Иваново, 2020. № 3 (63). С. 54-59.
2. Гущина Е.А., Гущина Т.В., Блиничев В.Н. Разработка и исследование энерго- и ресурсосберегающих машин для тонкого измельчения материалов // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 16 апреля 2020. С. 33-37.
3. Колобов М.Ю., Сахарова С.Г., Сахаров С.Е. Измельчитель сыпучих материалов // Ремонт, восстановление, модернизация. Москва. 2017. № 1. С. 9-12.
4. Колобов М.Ю., Чагин О.В., Блиничев В.Н. Повышение долговечности рабочих органов центробежно-ударных измельчителей // Российский химический журнал. Иваново. 2019. Т. LXIII, № 3-4. С. 40-44. DOI: 10.6060/rcj.2019633.5
5. Савиных П.А., Палицын А.В., Иванов И.И. Исследование измельчителя фуражного зерна роторно-центробежного типа с различными рабочими органами // Молочнохозяйственный вестник. Вологда. 2017. № 2 (26). С. 119-128.
6. Колобов М.Ю., Братков И.В., Гущина Т.В., Чагин О.В. Энерго- и ресурсосберегающая технология получения сферического графита // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. Иваново. 2023. № 2 (74). С. 54-59. DOI: 10.6060/snt.20237402.0008
7. Блиничев В.Н., Лабутин А.Н. и др. Проблемы разработки энерго- и ресурсосберегающих процессов, реакторных систем и оборудования интенсивного действия, моделирования и оптимального управления // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2023. Т. 66, вып.7. С. 185-202. DOI:10.6060/ivkkt.20236607.6845j
8. Патент № 2806436, МПК В02С 13/00. Ударно-центробежная мельница / Колобов М.Ю., Воробьев С.В., Смирнов А.А., Гущина Т.В.; заявитель и патентообладатель ИГХТУ. № 2023111365; заявл. 03.05.2023; опубл. 31.10.2023, Бюл. № 31.

УДК 621.928.6

М.Ю. Колобов, А.М. Козлов, О.В. Чагин

Ивановский государственный химико-технологический университет

ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЛОПАТОК НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА КЛАССИФИКАЦИИ

Аннотация: Необходимость производства продуктов с высокой дисперсностью объясняется тем, что ввиду их повышенной реакционной способности техническое применение в технологическом и экономическом отношении эффективнее, чем крупнодисперсных материалов. Разработанный центробежный классификатор позволяет повысить эффективность процесса классификации. С уменьшением угла наклона лопаток в исследованном диапазоне качество отделения тонкой фракции возрастает.

Ключевые слова: центробежный классификатор, направляющие лопатки, процесс классификации

M.Yu. Kolobov, A.M. Kozlov, O.V. Chagin

INFLUENCE OF GUIDE BLADES ON THE EFFICIENCY OF THE CLASSIFICATION PROCESS

Abstract: The need to produce highly dispersed products is explained by the fact that, due to their increased reactivity, technical application is technologically and economically more effective than coarse materials. The developed centrifugal classifier makes it possible to increase the efficiency of the classification process. With a decrease in the angle of inclination of the blades in the studied range, the quality of separation of the fine fraction increases.

Keywords: centrifugal classifier, guide vanes, classification process

Разделение сыпучих материалов на мелкий и крупный продукты используется в химической, строительной, горной и других областях промышленности. Необходимость производства продуктов с высокой дисперсностью объясняется тем, что ввиду их повышенной реакционной способности техническое применение в технологическом и экономическом отношении эффективнее, чем крупнодисперсных материалов [1]. Технологическая схема экспериментальной установки, представлена на рис.1.

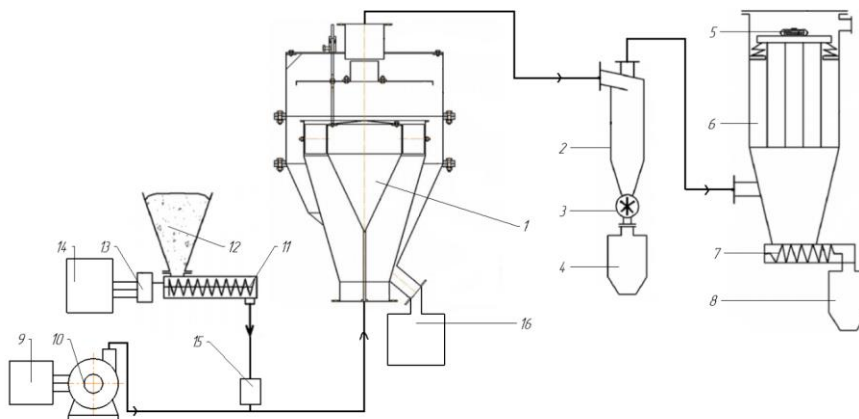


Рис. 1. Технологическая схема экспериментальной установки

Процесс классификации осуществляется следующим образом. Исходный материал из бункера 12, посредством шнекового питателя 11, вовлекаясь в воздушный поток, нагнетаемый вентилятором 10, подается в классификатор 1. Скорость потока воздуха и скорость подачи материала имеют регулировки благодаря векторным преобразователям частоты 9,14. Проходя через классификатор, исходная смесь делится на две фракции, крупную, которая собирается в емкости 16 и мелкую, которая, в свою очередь, увлекается воздушным потоком в циклон 2, а далее осаждается в емкость 4. Отработанный воздух очищается с помощью рукавного фильтра 6 и выбрасывается в атмосферу.

В патрубок 1 классификатора (рис. 2) с воздушным потоком подается исходный продукт, далее смесь проходя через распределительный конус 2 и направляющие лопатки 3, находящиеся под определенным углом к горизонту ($45-90^\circ$), вовлекается в центробежное завихрение, в результате чего более крупные частицы ударяясь о стенки и отбойник классификатора, поступают на дно рабочей камеры и выгружаются через патрубок 5, а более мелкие частицы уносятся воздушным потоком в циклон через патрубок 6 [2-3].

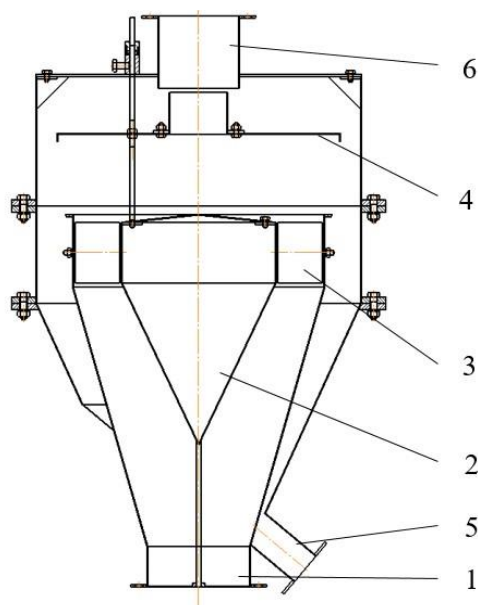


Рис. 2. Центробежный воздушный классификатор: 1 — загрузочный патрубок; 2 — распределительный конус; 3 — направляющие лопатки; 4 — отбойник; 5 — разгрузочный патрубок крупной фракции; 6 — разгрузочный патрубок мелкой фракции

Исходная смесь представляла собой поликомпонентный материал, состоящий из фторapatита, нефелина, эгирина, альбита, титаномagnetита и мускавита общим весом 1 кг. Предварительно определяли гранулометрический состав смеси с помощью ситового анализа.

Затем смесь перемешивалась и помещалась в бункер для подачи в питатель. В классификаторе монтировались направляющие лопатки под определенным углом ($45-90^\circ$). После проведения исследований были отобраны пробы из соответствующих емкостей и производился замер гранулометрического состава каждой пробы. Результаты исследований представлены в таблице.

Таблица. Результаты исследований

Исходный гранулометрический состав		Итоговый гранулометрический состав при угле наклона лопаток 45°		Итоговый гранулометрический состав при угле наклона лопаток 70°		Итоговый гранулометрический состав при угле наклона лопаток 90°	
Размер фракции, мм	Исходный состав, %	Циклон, %	Классификатор, %	Циклон, %	Классификатор, %	Циклон, %	Классификатор, %
0,08-0,1	7,9	2,0	5,9	2,8	5,1	6,3	1,6
0,1-0,125	13,8	5,7	8,1	10,4	3,4	11,1	2,7
0,125-0,14	4,7	0,8	3,9	2,7	2,0	3,0	1,7
0,14-0,16	5,8	1,5	4,3	2,4	3,4	2,8	3,0
0,16-0,2	18,0	1,0	17,0	4,0	14,0	4,4	13,6
0,2-0,25	12,4	0	12,4	1,2	11,2	4,4	8,0
0,25-0,4	29,0	0	29,0	0	29,0	7,3	21,7
0,4-0,5	5,5	0	5,5	0	5,5	0	5,5
>0,5	2,9	0	2,9	0	2,9	0	2,9

Скорость потока воздуха (20–50 м/с) регулировалась с помощью частотного преобразователя. С увеличением скорости потока воздуха проскок частиц крупной фракции увеличивается. В таблице представлены результаты исследований при скорости потока воздуха 40 м/с.

В результате проведенных исследований установлено влияние угла наклона лопаток классификатора на степень классификации смеси. С уменьшением угла наклона лопаток в исследованном диапазоне проскок частиц крупной фракции уменьшается, следовательно, качество отделения тонкой фракции возрастает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сиволоцкий М.О., Чагин О.В., Блиничев В.Н., Колобов М.Ю. Математическое описание процесса смешения в статистическом смесителе с использованием вихревого смешивающего устройства // Российский химический журнал. Иваново, 2019. т. LXIII, № 3-4. С. 80-85.
2. Патент RU № 2746351. Центробежный классификатор / Колобов М.Ю., Блиничев В.Н., Смирнов А.А., Чагин О.В., Субботина А.С. // Бюл. № 11, 2021.
3. Колобов М.Ю., Блиничев В.Н., Чагин О.В., Сахаров С.Е., Бойцова В.В., Грименицкий П.Н., Колобова В.В. Повышение эффективности процесса классификации частиц материала // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 14 апреля 2022. С. 362-365.

УДК 669.295

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

Филиал ПАО «Ил» — ВАСО, г. Воронеж

ФГБОУ ВО «ВГТУ», г. Воронеж

ПОВЫШЕНИЕ ВЫНОСЛИВОСТИ ТИТАНОВЫХ ЛИСТОВ ЗА СЧЕТ РАССАСЫВАЮЩЕГО ОТЖИГА В АРГОНЕ

Аннотация: исследовали малоцикловую долговечность листовых титановых образцов после насыщающего и диффузионного рассасывающего отжига. Выявлено, что указанная термическая обработка может приводить к повышению малоцикловой долговечности, и это связано с полезным влиянием ограниченных концентраций примесей внедрения.

Ключевые слова: титан, отжиг в аргоне, микротвердость, малоцикловая усталость.

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

INCREASING THE ENDURANCE OF TITANIUM SHEETS DUE TO RESORPTION ANNEALING

Abstracts: the low cycle durability of titanium sheets was investigated after saturating and diffusion resorption annealing. It is revealed that this heat treatment can give an increase the low-cycle durability and this is due to the beneficial effect of optimal concentrations of impurities.

Keywords: titanium, argon annealing, microhardness, low cycle fatigue.

В работах [1, 2] говорится о способе увеличения циклической долговечности листового титана путём некоторого газонасыщения. Это происходит благодаря достижению оптимального содержания атомов примесей внедрения (в основном кислорода) в поверхностном слое, что коррелирует с соответствующими значениями перепада микротвердости поверхности по отношению к сердцевине. Данные перепады достигались отжигом и дальнейшим регламентированным травлением.

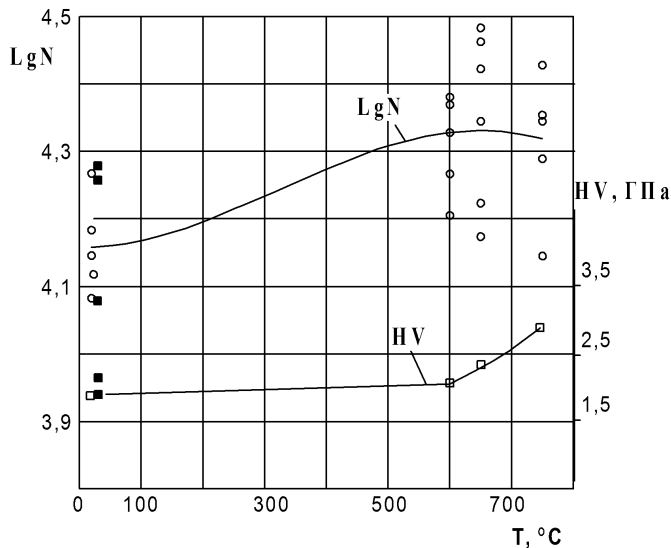
В данной работе применяли другой способ получения требуемого перепада микротвердости — за счет диффузионного отжига для понижения концентрации примесей, образующейся в процессе предварительного нагрева, до оптимального уровня.

Рассасывающий отжиг реализуется за счёт протекания диффузии примесных атомов, и для его осуществления нужны повышенные температуры. Одновременно требуется в максимальной мере исключить нерегламентированное дополнительное газонасыщение при рассасывающем отжиге. Таким образом, рассасывающий отжиг возможен только при проведении его либо в инертных газах, либо в высоком вакууме.

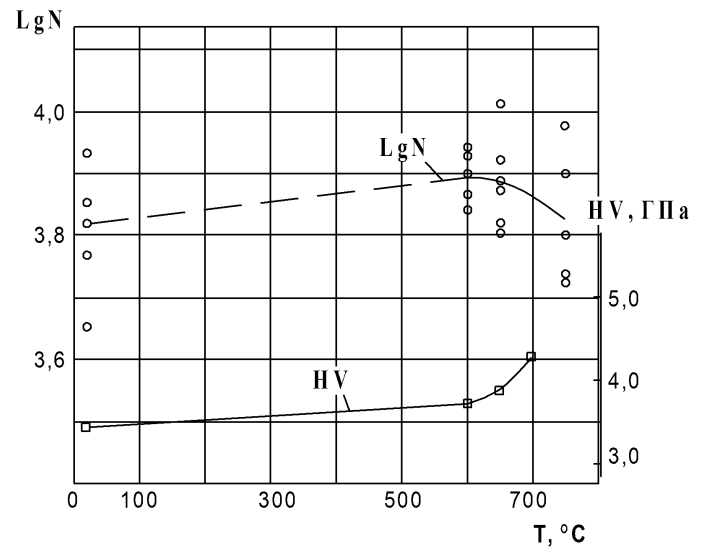
В работе использовали листовые образцы $\delta=0,8$ мм из технического титана ВТ1-0, и сплавов ОТ4 и ВТ6ч с центральными отверстиями $\varnothing 2,5$ мм, а также из фольги сплава ВТ6чПС $\delta=0,08$ мм габаритами 20x60 мм с центральным проколотым отверстием $\varnothing 0,55$ мм. Полное предварительное снятие имевшейся в металле нагартовки для исключения влияния данного фактора на результаты испытаний

обеспечивали проведением часового отжига в герметичном нержавеющей контейнере с Ar высшего сорта при 950 °С. Далее выполняли отжиг для насыщения и рассасывания в следующей последовательности: охлаждение до $T = 600...750$ °С → напуск атмосферы воздуха в контейнер до 5 КПа с выдержкой 15 мин. → создание вакуума $\sim 1 \cdot 10^{-4}$ м рт. ст. → напуск Ar → нагрев до 850 °С при выдержке 1 ч.

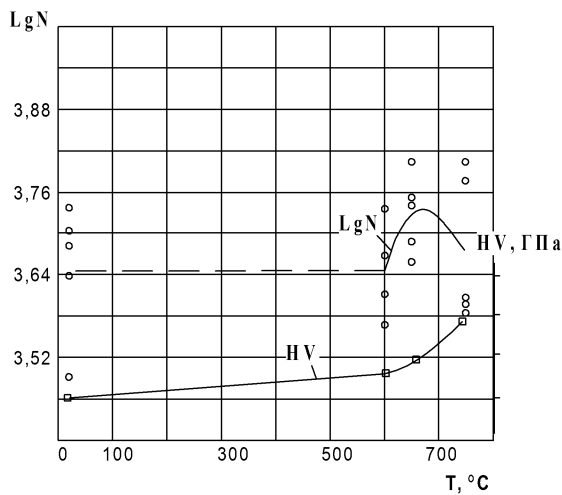
Результаты циклических испытаний на растяжение при $f=0,7...0,9$ Гц, $R=+0,1$ и $\sigma_{\max}=240, 500$ и 560 МПа для образцов из ВТ1-0, ОТ4 и ВТ6ч соответственно представлены на рис. 1 а-в.



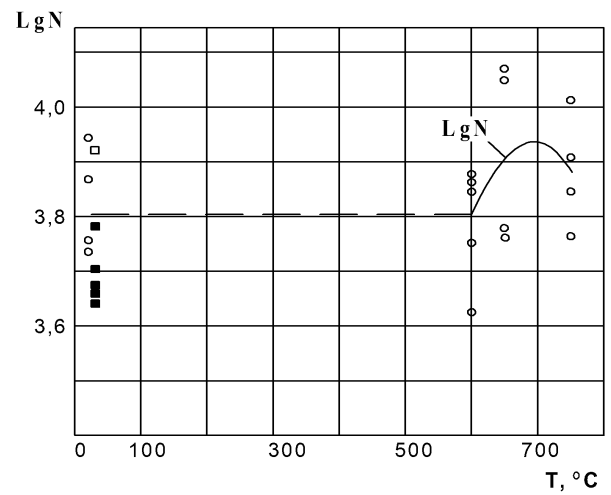
а) для образцов из технического титана ВТ1-0



б) для образцов из ОТ4



в) для образцов из ВТ6ч



г) для фольги ВТ6чПС

Рис. 1. Зависимости $\lg N = f(T_{\text{насыщ}})$ и $HV = f(T_{\text{насыщ}})$
(темными значками отмечены образцы, в которых боковые грани отверстий подполировывали после предварительного отжига в Ar)

Из полученных данных вытекает, что при выбранной технологии насыщающего и рассасывающего отжига циклическая долговечность по всем исследуемым листовым сплавам заметно повышается. Долговечность титана ВТ1-0 и сплавов ОТ4 и ВТ6ч возрастает на 70, 20 и 20 % соответственно. Значения перепадов ΔHV , приходящиеся на максимальную долговечность, составили для выбранных сплавов 17, 12 и 10 %, что в целом совпадает с данными, полученным в [1, 2].

Особый интерес представляет вопрос о влиянии исследуемой обработки на долговечность титановой фольги, т.к. при ее толщине (80 мкм) имеет место сквозное газонасыщение металла.

На рис. 1 г видно, что аналогичная термообработка образцов фольги с применением рассасывающего отжига дает увеличение долговечности – на 40-50%. Относительно высокие разбросы значений, видимо, связаны с прокалыванием отверстий, в результате чего края из оказываются рваными.

Следует отметить, что неотожженные образцы фольги с мелкозернистой микроструктурой имели более низкую долговечность в сравнении с отожженными образцами. Это можно объяснить снижением скорости роста трещины в крупнозернистой микроструктуре [3].

Попытки реализовать данный тип термообработки в вакууме не привели к положительным результатам из-за нерегламентированного газонасыщения поверхности деталей в процессе рассасывающего отжига.

Экспериментально установлена возможность повышения повторно-статической долговечности листовых титановых сплавов применением рассасывающего отжига в инертной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коломенский А.Б., Шахов С.В., Коломенский Б.А. Повышение ресурсных характеристик технического титана путем оптимизации параметров газонасыщенных слоев // Вестник Воронежского государственного технического университета. Том 14. №3. 2018. С.135-140.
2. Коломенский А.Б., Шахов С.В., Коломенский Б.А. Влияние оксидных пленок на циклическую долговечность ЗТВ сварных соединений титановых сплавов // Сварочное производство. 2022. N 1. С.11-15
3. Чечулин Б.Б., Хесин Ю.Д. Циклическая и коррозионная прочность титановых сплавов. М.: Металлургия. 1987. 208 с.

УДК 614.841.42

Е.А. Крашенинникова, А.А. Музыков, А.А. Покровский

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

Аннотация: в статье проведен анализ существующих высокоэффективных конструкций мобильных средств пожаротушения, которые наиболее целесообразно применять при локализации и тушении ландшафтных пожаров, минимизировав при этом материальные и людские ресурсы.

Ключевые слова: ландшафтный пожар, пожарный модуль, пожарное оборудование, шасси.

E.A. Krashenninnikova, A.A. Muzykov, A.A. Pokrovsky

ANALYSIS OF MOBILE FIRE EQUIPMENT FOR ELIMINATION OF LANDSCAPE FIRES

Abstracts: the article analyzes existing highly effective designs of mobile fire extinguishing equipment, which are most appropriate to use when localizing and extinguishing landscape fires, while minimizing material and human resources.

Keywords: landscape fire, fire module, fire equipment, chassis.

Ландшафтные пожары представляют собой стихийное, неконтролируемое распространение огня по растительному покрову. К ним относятся степные и низовые лесные пожары. При этом скорость распространения степного пожара выше, чем низового лесного за счет скорости ветра, влажности и плотности травы.

Часто ландшафтные пожары возникают далеко от населенных пунктов и водоемов. Основным огнетушащим веществом при тушении данных пожаров является вода, а ее доставка к месту пожара на значительные расстояния пожарными автомобилями не всегда экономически оправдана и занимает много времени. Необходимо принять во внимание, что само применение пожарных автомобилей в данных условиях также не всегда экономически оправдано и связано с затруднениями при их эксплуатации на труднодоступных участках местности. Высокая стоимость пожарных автомобилей также ограничивает их область применения в небольших подразделениях в сельской местности.

Поэтому в настоящее время в тактике по тушению ландшафтных пожаров все чаще возникает необходимость внедрения малых мобильных средств пожаротушения. Применение данных средств обусловлено их экономичностью, практичностью и возможностью доставки с их помощью сил и средств в наиболее короткий временной показатель непосредственно на место работы, где использование другой пожарной техники является менее целесообразным. Также применение мобильных средств пожаротушения позволяет приступить к тушению пожаров в удаленных населенных

пунктах сельской местности до прибытия основных сил подразделений пожарной охраны.

Актуальность работы заключается в исследовании, направленном на создание комплекса унифицированной платформы, используемой при тушении территориально распространяющихся лесных и степных пожаров. Для разработки конструкции мобильного устройства для тушения ландшафтных пожаров в конкретной местности необходимо провести анализ существующих мобильных средств пожаротушения.

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью разрабатывается и изготавливается широкий спектр малых мобильных средств пожаротушения. Для тушения ландшафтных пожаров и пожаров в начальной стадии развития актуальным является использование квадроциклов и других средств на базе шасси повышенной проходимости. Инновационные разработки в этой области принадлежат двум конкурирующим фирмам Magirus и Rosenbauer.

На рис. 1 показана модель квадроцикла Forester фирмы WAS (Германия). Квадроциклы этой фирмы комплектуются установкой пожаротушения One Seven с запасом воды 350 литров, гидравлическим аварийно-спасательным инструментом, высокоэкономичной световой LED-системой, средствами первой медицинской помощи. Масса конструкции составляет около 1500 кг.



Рис. 1. Модель Forester фирмы WAS



Рис. 2. Квадроцикл Fireexpress с установкой пожаротушения

Датская фирма Fireexpress предлагает квадроциклы, укомплектованные инновационной системой пожаротушения распыленной водой (рис. 2). Для повышения проходимости машины ее задняя колесная пара заменена на гусеничную. Пожарное оборудование может размещаться не только на самом шасси квадроцикла или другого транспортного средства, но и на прицепных модулях (прицепах).

В пожарно-спасательных подразделениях Ставропольского края для ликвидации степных пожаров применяется мобильный прицепной пожарный модуль для квадроцикла (рис. 3).



Рис. 3. Прицепной пожарный модуль для квадроцикла



Рис. 4. Мобильный универсальный пожарный модуль МУПМ-300

Модуль предназначен для локализации и ликвидации пожаров путем подачи воды, а также хранения и транспортировки пожарного вооружения. Модуль включает в себя прицеп модели МЗСА 817710.012, и размещенные в нем насос высокого давления Lifan 168FB-2 и емкость для воды объемом 250 литров. Емкость в прицепе закреплена металлическими стяжками. В нижней части емкости имеется штуцер для забора воды насосом, а в верхней части расположена заливная горловина. Насос имеет небольшую массу и обеспечивает небольшой расход воды, при использовании пистолета высокого давления, что позволяет эффективно проводить тушение степных пожаров. Транспортировка модуля осуществляется легким и проходным квадроциклом РМ 500-2. Квадроцикл, имея незначительный вес и технические характеристики вездехода, имеет возможность маневрирования по узким проездам и бездорожью и может обеспечить доставку в наиболее короткий временной интервал огнетушащих веществ к месту тушения пожара.

Для тушения ландшафтных пожаров эффективно зарекомендовал себя мобильный универсальный пожарный модуль МУПМ-300 (рис. 4).

Модуль представляет из себя прицепное транспортное средство на базе одноосного легкового прицепа с возможностью подавать воду, как из встроенного резервуара, так и из внешних источников. Модуль транспортируется любым средством передвижения, имеющим шаровое сцепное устройство. В состав модуля входят:

- емкость из нержавеющей стали объемом 300 литров с указателем уровня заполнения, заливной горловиной и сливным краном;
- высоконапорная самовсасывающая мотопомпа «Спрут-3»;
- 4 скатки рукавов диаметром 25 мм, 2 скатки рукавов диаметром 51 мм, ствол диаметром 51 мм, два ствола диаметром 25 мм, всасывающий рукав диаметром 51 мм и длиной 4 м;
- установка противопожарная высокого давления УПВД «Ермак»;
- ящик для размещения противопожарного снаряжения.

Для ликвидации ландшафтных пожаров может применяться мобильный пожарный комплекс МПК-2.0 (рис. 5), который предназначен для локализации и ликвидации пожаров путем подачи воды с забором воды, как из собственной цистерны, так и посторонней; хранения и транспортировки пожарно-технического вооружения и огнетушащих веществ.



Рис. 5. Мобильный пожарный комплекс МПК-2.0



Рис. 6. Багги

Модуль имеет емкость для воды объемом 2000 литров и может комплектоваться насосами различных производителей Tohatsu, Koshin, Honda, Subaru с производительностью от 400 до 2000 л/мин. Отличается небольшими габаритами и маневренностью.

Для транспортировки прицепных пожарных модулей могут использоваться транспортные средства на базе шасси различной грузоподъемности и конструктивного исполнения. Кроме квадроцикла могут применяться легковые автомобили повышенной проходимости, багги, тракторы. На выбор транспортного средства оказывают влияние его тягово-скоростные характеристики, проходимость, грузоподъемность, особенности местности применения, удаленность от места тушения пожаров.

На основе аналитического обзора существующих мобильных средств пожаротушения есть необходимость разработать конструкции мобильного средства на базе легкового шасси повышенной проходимости для тушения ландшафтных пожаров, а также предложить перечень необходимого пожарного оборудования для укомплектования данного устройства. В отличие от аналогичных по своему функциональному назначению и внедренных в эксплуатацию мобильных пожарных модулей разработанное средство должно обладать такими качествами как мобильность, оперативность, проходимость в местах пересеченной местности, лесополос и кустарниковых зарослей, куда доставка огнетушащих веществ пожарными автомобилями затруднена.

Отличительной особенностью конструкции в целом должна быть компоновка пожарного оборудования, которое должно размещаться не только в прицепе, но и частично на самом транспортном средстве. Поэтому в качестве транспортного средства нами планируется использовать автомобиль багги с высокой степенью проходимости, предназначенный для езды по бездорожью, кузов которого представляет собой сварную раму с установленным на него двигателем. Пример данного автомобиля показан на рис. 6.

Достоинствами багги являются:

- небольшая масса и надежность конструкции;
- простота в управлении;
- высокая маневренность;

- устойчивость, сохраняющаяся на различных поверхностях дороги;
- высокий дорожный клиренс, для езды в условиях скалистой местности, песка и иного бездорожья;
- простота технического обслуживания и ремонта.

В отличие от квадроцикла грузовые модели могут иметь грузоподъемность до 400 кг. Ход подвесок и клиренс у багги больше, чем у квадроцикла, что повышает проходимость на сложном рельефе местности. Целью дальнейшей работы является разработка конструкция багги повышенной проходимости с прицепным пожарным модулем для тушения ландшафтных пожаров, отвечающим выше указанным требованиям. Для реализации данных целей нам необходимо провести расчет тягово-динамических характеристик данного устройства и обосновать экономическую эффективность проекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладченко Е.А., Покровский А.А. Прицепной пожарный модуль для квадроцикла // Актуальные вопросы пожаротушения: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 25-28.
2. Покровский А.А. Конструктивные особенности прицепного пожарного модуля // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции. Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 181-184.
3. Бутенко М.В., Покровский А.А. Эксплуатационные показатели прицепного пожарного модуля // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции. Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 151-153.

УДК 614.849

Н.С. Кулаков, А.М. Вершинин, С.Д. Лотошников
НИИ (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО

СОВРЕМЕННАЯ ПЕРЕДВИЖНАЯ ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА

Аннотация: в статье рассматриваются современные разработки и технические решения в области передвижной пожарной техники. Представлена краткая характеристика одного из отечественных многофункциональных пожарных комплексов. Рассматриваются перспективы использования вертикально взлетающей платформы.

Ключевые слова: роботизированный пожарный комплекс, вертикально взлетающая платформа.

N. S. Kulakov, A. M. Vershinin, S. D. Lotoshnikov

ADVANCED MOBILE FIRE FIGHTING EQUIPMENT

Abstract: the article discusses modern developments and technical solutions in the field of mobile firefighting equipment. A brief description of one of the domestic multifunctional fire complexes is presented. The prospects for using a vertically taking off platform are being considered.

Keywords: robotic fire complex, vertically taking off platform.

Развитие отечественного производства пожарных автомобилей нового поколения является приоритетным направлением государственной политики в области обеспечения противопожарной безопасности. Инвестиции в эту сферу способствуют повышению оперативности и эффективности работы пожарной охраны, а также снижению рисков и последствий чрезвычайных ситуаций.

В последние годы российские предприятия предприняли попытки вывести производство пожарных автомобилей (ПА) нового поколения на принципиально новый уровень, повысив их технические показатели и эффективность. Хотя пока рано говорить о полном прорыве в этой сфере, определенные предпосылки для него имеются. Одним из ключевых направлений развития является внедрение современных технологий в процесс сборки ПА. Благодаря этому существенно повышается точность и скорость изготовления техники, исключаются ошибки, обусловленные человеческим фактором. Еще одним важным аспектом является использование инновационных материалов и компонентов. Современные ПА изготавливаются из легких и прочных металлов, с использованием композитных материалов и термостойких полимеров. Это позволяет существенно снизить вес техники, что, в свою очередь, повышает ее маневренность и проходимость, особенно в условиях сложной городской застройки. Все больше внимания уделяется эргономичности и комфорту для пожарных расчетов. В кабинах автомобилей устанавливаются комфортабельные кресла с поясничной поддержкой, системы кондиционирования и вентиляции, а также современное оборудование и системы связи. Такой подход позволяет снизить утомляемость пожарных, повысить их оперативность и безопасность во время работы. Помимо базовых функциональных возможностей, современные пожарные автомобили оснащаются дополнительным оборудованием. Например, на них монтируют телескопические подъемники, прицепы с запасом воды и пенообразователя, а также различные устройства для проведения аварийно-спасательных операций. Это позволяет расширить область применения техники и выполнять более широкий спектр задач [1-4].

Роботизированный пожарный комплекс TUMAN (рис. 1) сконструирован и изготовлен предприятием Удмуртской Республики – НПО "Гидросистемы"



Рис. 1. Роботизированный пожарный комплекс TUMAN

Многофункциональный пожарный комплекс представляет собой передовое решение для пожарной службы, сочетающее в себе ряд инновационных технологий, повышающих эффективность и безопасность спасательных операций.

Комплекс смонтирован на базе шасси КамАЗ и размещен в кузове по следующим областям оперативного использования:

1. Гидравлический насос обеспечивает возможность забора воды из различных источников, включая болотистые, заиленные водоемы и реки с небольшой глубиной. Его можно использовать для ликвидации последствий наводнений и обеспечения водоснабжения в отдаленных районах. Приводом является вал отбора мощности или гидромотор. НПЗВ позволяет производить забор воды на расстоянии до 60 м от ПА как из оборудованных, так и необорудованных (неприспособленных) водоемов, имеющих обрывистые берега, а также с мостов, эстакад, причальных сооружений и т.п. Подача насосного комплекса — 140 л/с. Минимальная глубина водного слоя — 8 мм. Диаметр пропускных твердых тел не более 10 мм.

2. Кинетический аварийно-спасательный инструмент, позволяющий перерезать металлические конструкции. Отличается от аналогов использованием пиротехнического заряда для придания кинетической энергии исполнительному механизму. Наиболее эффективно применение устройства в условиях дефицита энергетических ресурсов и в стесненных условиях эксплуатации. Масса ножниц составляет не более 11 кг. Эквивалентное усилие реза за один выстрел не менее 200 кН. Время одного цикла реза не более 5 с. Размер зоны резки составляет 80х80 мм.

3. Бортовой компрессор на шасси пожарной машины, который интегрирован с ее пневмосистемой. Он осуществляет подачу воздуха в воздушные баллоны дыхательных аппаратов газодымозащитников (водолазов) при необходимости продления спасательных работ без привлечения специальной техники ГДЗС. При этом компрессор работает от пневмосистемы ПА либо от вала отбора мощности. Пневматическая схема интеграции бортового компрессора в пневмосистему ПА включает необходимые компоненты для обеспечения длительной и непрерывной работы: предохранительные клапаны, шаровые краны, трубка, гибкие рукава высокого давления, разъемы, манометры.

4. Робототехнический комплекс по тушению пожара и осаждению продуктов горения мелкодисперсной водой (диаметр капель 100...200 мкм) с возможностью установки гидроабразивной резки, переключения из режима резки в режим пожаротушения устанавливается оператором РТК дистанционно. Питание установок пожаротушения и гидроабразивной резки водой производится из внешних источников через разъемное соединение Шторц М50. Модуль гидроабразивной резки обеспечивает резание металлических листов, кирпичных, бетонных стен и перекрытий толщиной до 250 мм с последующей подачей тонкораспыленной воды и раствора пенообразователя в очаг пожара. Робототехнический комплекс управляется дистанционно по радиоканалу [5].

Многофункциональный пожарный комплекс позволяет осуществлять комплексный подход, используемые инновационные решения позволяют спасателям реагировать на широкий спектр чрезвычайных ситуаций, сводя к минимуму риски и максимизируя результаты.

Отдельно хочется остановиться на перспективных отечественных разработках в области передвижной пожарной техники, а именно на вертикально взлетающей платформе ВВП-1 (рис.2) производства ООО «Противопожарные услуги»

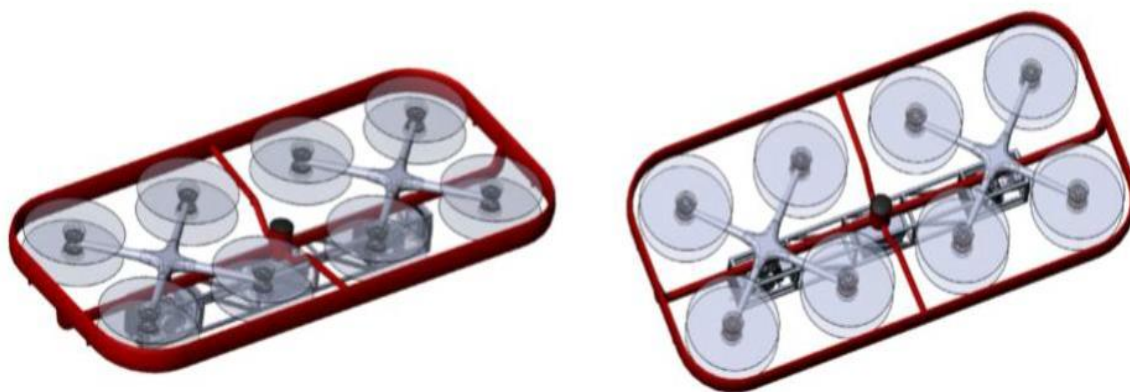


Рис. 2. Вертикально взлетающая платформа

Вертикально взлетающая платформа — это аэронесущая платформа с гибридной силовой установкой. Предназначена для тушения пожаров в высотных зданиях и сооружениях. Подъема грузов на высоту, транспортировка грузов;

- Ретрансляция, коммутация и маршрутизация сигналов связи;
- Проведение визуального наблюдения и других видов мониторинга больших площадных и линейных объектов;
- Применение при охране объектов;
- Проведение поисково-спасательных операций в заданных районах. Питание топливом по гибкому шлангу от наземной станции.

Возможность находиться в воздухе длительное время (пока не закончится топливо на наземной станции). Возможность использования подвешенного дополнительного топливного бака, позволяет произвести автономный полет на расстояние до 50 км. Шарнирно закрепленные рамы роторов позволяют удерживать горизонтальное положение платформы при резких порывах и сильном боковом ветре. Возможность использования различного подвешенного оборудования для тушения и эвакуации людей. Две бензиновые быстросъемные генераторные установки. Повышают надежность, облегчают ремонт и обслуживание;

- 16 моторов максимальной мощностью 22 кВт.
- 2 генератора мощностью 50 кВт.
- Расход топлива (бензин) 50 л/ч.
- Взлетная масса 900 кг.

Так же платформа оборудована выстреливаемым парашютом, с возможностью применения на небольших высотах. Складываемые ограждения роторов повышают безопасность, позволяют вплотную приблизиться к зданиям, при необходимости возможно упереться в сооружение.

Похожее решение разработано в г. Казань ООО «СУМУС» принципиальное отличие в том, что похожая платформа со сложенной в транспортном положении несущей системой базируется на шасси автомобиля (рис. 3) При развёртывании комплекса для выполнения работ, платформа в полуавтоматическом режиме

переводится в рабочее положение, происходит прогрев ДВС, проверяется исправность систем. Технические характеристики аппарата:

- Масса полезной нагрузки (включая трубопровод подачи воды с водой для противопожарного варианта) — 1000 кг;
- Высота нахождения водной точки — 50...500 м;
- Продолжительность полета в автономном режиме — 2...3 часа;
- Радиус полета в автономном режиме — 50...100 км;
- Потолок в автономном режиме — 500...3000 м;
- Время разворачивания — 15...20 минут.



Рис. 3. Многоцелевая аэронесущая платформа с гибридной силовой установкой

Применение беспилотных летальных аппаратов в тушении пожаров может существенно снизить риск для жизни человека, а также позволит более эффективно и быстро их ликвидировать. Средства тушения, используемые на пожарных автомобилях (ПА) нового поколения, остались традиционными – это вода в виде компактной или распыленной струи, пена различной кратности, порошок и их комбинация. Некоторые фирмы предлагают потребителям образцы ПА с установками для генерации компрессионной пены. В программу производства ряда предприятий включены насосно-рукавные автомобили многокомпонентного тушения. Получает дальнейшее развитие концепция создания ПА со съемной надстройкой для перекачки большого количества воды и для нормализации воздушно-газовой среды при тушении пожаров в помещениях большого замкнутого объема.

Концепция высотно-спасательных автомобилей меняется в сторону расширения их функциональности, а также наличия комбинированной (интегральной) стрелы, сочетающей функции лестницы и подъемника.

В числе технических новинок, информация о которых есть на рынке продаж — мультифункциональные ПА, сочетающие функции ПА тушения, аварийно-спасательных работ и спасения с высоты. Многие российские предприятия — производители ПА реализовали инновационные технологии изготовления пожарной надстройки с использованием коррозионностойких материалов (нержавеющая сталь,

алюминий, стеклопластик, полипропилен, полиэтилен высокого давления). Применение такой технологии позволяет снизить массу и повысить долговечность надстройки. Совершенно очевидно, что необходима активизация маркетинговой политики производителей ПА, направленной на поставку регионам пожарных машин более высокого качества при относительно умеренных ценовых параметрах, соответствующих реальной экономической ситуации в России. Пилотные проекты предлагаемых для поставки новых моделей и модификаций ПА целесообразно апробировать в различных регионах Российской Федерации (в подразделениях ГПС и на объектах). Все обозначенные пути системного совершенствования ПА по своему важны. Однако осуществить предлагаемые меры можно будет лишь в том случае, если будут соответствующие инвестиции в инновационную и производственную деятельность отечественных предприятий, занятых в сфере создания и производства пожарных автомобилей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисова В.А. Развитие транспортной инфраструктуры России и анализ угроз возникновения пожаров при эксплуатации транспортных средств / В.А.Борисова, Д.Е. Строганов, Е.Н. Кадочникова // Сборник научных трудов «Научные исследования: итоги и перспективы 2022». Дагестанский государственный технический университет г. Махачкала., Т. 3., С. 64-72.
2. Кадочникова Е.Н. Технические средства и способы предупреждения ЧС на производстве // Сборник материалов III всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций», СПСА ГПС МЧС России 2021. – С. 200 – 206.
3. Машин А.С., Кадочникова Е.Н. Обеспечение пожарной безопасности на объектах производственного назначения // Научно-аналитический журнал «Природные и техногенные риски», 2021. – № 3. – С. 60 - 65.
4. Кадочникова Е.Н. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных объектов // ОБЖ: Основы безопасности жизни. 2021. № 6. С. 39 - 44.
5. [Электронный ресурс] <https://www.secuteck.ru/articles/pozharnye-avtomobil-novogo-pokoleniya>

УДК 614.849

Н.С. Кулаков, А.М. Вершинин, Е.А. Гришенькина
НИИ (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО

УНИВЕРСАЛЬНЫЕ ГУСЕНИЧНЫЕ ПЕРЕДВИЖНЫЕ МАШИНЫ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙКЕ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: в данной работе дана краткая характеристика специализированных пожарных машин на гусеничном ходу. Обсуждаются достоинства и недостатки отечественных разработок, в том числе прошлых лет, особенности использования на потенциально опасных объектах и при тушении лесных пожаров, оснащение различными системами для повышения эффективности использования.

Ключевые слова: пожарная техника, гусеничные машины, специализированные средства пожаротушения.

N. S. Kulakov, A. M. Vershinin, E. A. Grishenkina

UNIVERSAL TRACKED MOBILE VEHICLES IN THE DOMESTIC LINE OF FIRE FIGHTING EQUIPMENT

Abstract: in this paper, a brief description of specialized tracked fire trucks is given. The advantages and disadvantages of domestic developments, including those of previous years, the peculiarities of use at potentially dangerous facilities and in extinguishing forest fires, equipping with various systems to increase the efficiency of use are discussed.

Keywords: firefighting equipment, tracked vehicles, specialized fire extinguishing equipment.

Пожары — это особая категория чрезвычайных ситуаций, несущая значительную социальную опасность и наносящая колоссальный материальный и моральный ущерб обществу. В связи с этим борьба с пожарами приобретает первостепенное значение, что обуславливает растущую роль пожарной охраны и ее технического оснащения.

При тушении пожаров, учитывая специфику возгораний, требуется применение специализированных пожарных машин, способных эффективно справляться с огнем в самых сложных условиях, в том числе в боевых. Одним из ярких представителей такой техники является гусеничная пожарная машина (далее — ГПМ): ГПМ-54 — уникальная машина (рис. 1), созданная на базе танка Т-54 и выпускавшаяся на Львовском бронетанковом ремонтном заводе. ГПМ-54 была незаменимой помощницей в борьбе с пожарами на артиллерийских складах, где требовалась особая защищенность и проходимость. Однако, несмотря на свою эффективность, машина имела ряд недостатков, в том числе несовершенство исполнения, что иногда приводило к гибели людей.

Несмотря на свою принадлежность к специализированным средствам пожаротушения, ГПМ-54 наибольшую эффективность демонстрировала при тушении лесных пожаров. Благодаря вместительному баку с водой, высокой проходимости, защищенности и наличию бульдозерного отвала, она намного превосходила привычные пожарные машины на колесном шасси. Кроме того, ГПМ-54 хорошо справлялась с ликвидацией чрезвычайных происшествий на различных предприятиях [1, 2].



Рис. 1. ГПМ-54



Рис. 2. ВПЛ-149

Также, в настоящее время используются небронированные вездеходы пожарные лесные (далее — ВПЛ): ВПЛ-149 (рис. 2) и ВПЛ-149А.

Это универсальная гусеничная машина, способная перевозить до 6 человек личного состава и более 300 литров воды с пенообразователем. Техника базируется на плавающем вездеходе ГТ-СМ (ГАЗ-71) Заволжского завода гусеничных тягачей или по-современному — ГАЗ-34039.

Эта машина также хорошо приспособлена к тушению лесных пожаров. На ее борту имеются две мотопомпы, брандспойт, 60-метровые напорные рукава, бензопилы, мотопомпы и дисковый плуг для прокладки минерализованных полос. Однако относительно небольшой запас воды снижает автономность ВПЛ-149.

Следующая машина выпускается на предприятии «Муромтепловоз». За основу взят вездеход МТ-ЛБу с комплексом минимальных изменений. В соответствии с добрыми отечественными традициями пожарная машина несет длинное имя: многоцелевой транспортер, легкобронированный удлиненный, гусеничная пожарная машина (далее — МТ-ЛБу-ГПМ): МТ-ЛБу-ГПМ-10 (рис. 3). В активе у вездехода 4 тонны воды, 300 литров пенообразователя, лафетный ствол, бульдозерный отвал и противопульная броня, позволяющая добраться в лесные очаги пожаров. В самых экстремальных условиях, система орошения кузова внешней системы позволяет спасти автомобиль. Кроме того, армейский тягач был использован в качестве основы для передвижной пожарной насосной станции, предназначенной для перекачивания воды на значительные расстояния из открытых источников.



Рис. 3. МТ-ЛБу-ГПМ -10



Рис. 4. Пожарный танк-робот СПМ

Одной из захватывающих возможностей в исполнении задач разведки, ориентации, целеуказания и корректировки действий авиации является применение авианаводчика в зоне пожара.

В корпусе МТ-ЛБу специально разместили рубку авианаводчика с полным комплектом радиосвязи. Бронекорпус тягача может выдержать падение нескольких тонн воды из воздушного пожарного танкера. При этом сам авианаводчик не потерял способности бороться с огнем — баки с водой и лафеты сохранились [3].

В нашей стране принят на вооружение Российской армией пожарный танк-робот — «Специальная пожарная машина» (далее — СПМ), рис. 4 [4]. Это спецсредство способно добираться куда не может добраться человек или обычная пожарная техника. На самом деле у этого необычного танка множество важных задач, начиная

от поиска и спасения людей и заканчивая задачей по тушению пожара на складе боеприпасов или, например, для устранения непроходимых огневых линий при пожаре в лесу. Он также может использоваться для борьбы с химическими или биологическими загрязнениями.

Спецтехника основана на базе военных танков Т-72 и Т-80. Вес машины робота составляет около 60 тонн. Этот пожарный танк способен передвигаться полностью без экипажа. Управление осуществляется дистанционно с помощью пульта управления. Правда при необходимости танк также может управляться и людьми. Как только существует опасность для экипажа, они покидают кабину танка и далее могут управлять им на расстоянии. При применении танка на пожаре, бронированная машина спокойно может подойти к самому очагу пожара и начать тушить возгорание, с помощью водяной пушки, которая подает струю на расстояние до 100 метров.

Пульт дистанционного управления оборудован видеоэкранами, с помощью которого осуществляется визуальное наблюдение обстановки вокруг танка. Также при необходимости может осуществляться видеобзор на 360 градусов с помощью высокой выдвижной мачты.

Дополнительно, танк обладает тепловым радаром, который позволяет обнаруживать пожары на большом расстоянии, невидимые для глаза человека. Кроме того, в танке есть специальный резервуар для воды, вмещающий 25000 литров жидкости. В случае необходимости, танк может распылять воду вокруг себя, чтобы быстро потушить местные очаги возгорания. Это позволяет не только охладить корпус и двигатель танка, но и предотвратить распространение огня, особенно в критических ситуациях, когда танк оказывается в самом центре пожара.

Танк также оснащен системой фильтрации кислорода, которая подается в салон. Воздух, поступающий в кабину танка, проходит через специализированную систему очистки, обеспечивая комфортное и безопасное дыхание экипажа даже в условиях окружающей опасности от продуктов горения [5].

Анализ технических решений, уже реализованных в представленных на рынке инновационных типах и моделях пожарных автомобилей, позволяет выявить ключевые тенденции, которые будут определять развитие отечественного рынка пожарных автомобилей в ближайшем будущем.

К сожалению, чрезвычайные ситуации часто сопровождаются обширными разрушениями и человеческими жертвами, поэтому для их ликвидации необходима специальная техника, которая может эффективно справляться с задачами повышенной сложности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кадочникова Е.Н. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных объектов // ОБЖ: Основы безопасности жизни. 2021. № 6. С. 39-44.
2. Машин А.С., Кадочникова Е.Н. Обеспечение пожарной безопасности на объектах производственного назначения // Научно-аналитический журнал «Природные и техногенные риски», 2021. № 3. С. 60-65.
3. [Электронный ресурс] URL: <https://topwar.ru/190361-universalnye-soldaty-gusenichnaja-pozharnaja-tehnika.html>.
4. Сопот В.Н. К вопросу об основных пожарных автомобилях Вооруженных Сил Российской Федерации / В.Н. Сопот, Е.Н. Кадочникова // Сборник научных трудов Между-

народной научно-практической конференции «Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения». ФГБОУ ВО УГПС МЧС СПб, 2023. С. 150-154.

5. [Электронный ресурс] URL: <https://www.secuteck.ru/articles/pozharnye-avtomobil-novogo-pokoleniya>.

УДК 621.8

М.Д. Лашкин, И.А. Легкова, В.П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СРЕДСТВ ДЛЯ САМОВЫТАСКИВАНИЯ ЗАСТРЯВШЕГО ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: материал статьи посвящен вопросу повышения проходимости пожарного автомобиля, способам преодоления труднопроходимых участков дорог, рассмотрено применение различных средств и приспособлений для самовытаскивания.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, увеличение проходимости, лебедка, самовытаскиватели, домкрат.

M.D. Lashkin, I.A. Legkova, V.P. Zarubin

SUGGESTIONS FOR THE USE OF MEANS FOR SELF-PULLING OUT A STUCK FIRE TRUCK

Abstract: The material of the article is devoted to the issue of increasing the maneuverability of a fire truck, ways to overcome difficult sections of roads, and considers the use of various means and devices for self-pulling.

Keywords: fire truck, cross-country ability, winch, self-pullers, jack.

При работе на дорогах с плохим покрытием, в труднодоступной местности, вне дорог автомобили могут потерять возможность двигаться (застрясть), причем происходит это без повреждения самого автомобиля. Таким образом, без помощи извне вытащить автомобиль в одиночку без специальных средств будет практически невозможно. Особенно данная проблема актуальна для пожарных автомобилей (ПА), ведь в случае застревания таковых увеличивается время прибытия к месту вызова, а следовательно, и увеличивается материальный ущерб, нанесённый пожаром, и уменьшается время на спасение людей. В данной работе мы рассмотрим различные приспособления для самовытаскивания застрявшего автомобиля и способы их закрепления к земле и неподвижным конструкциям [1, 2].

Самовытаскиватели служат для преодоления естественных и искусственных препятствий. Принцип их работы заключается в том, чтобы создать на ведущих колесах автомобиля большие тяговые усилия [3]. Это достигается наматыванием цепи (троса или веревки), закрепленной на местности, в промежутках между дисками сдвоенных колес или на специальные съемные барабаны с меньшим диаметром, чем диаметр колеса, что и позволяет обеспечить вытаскивание застрявшего автомобиля (рис. 1).

Достоинства:

- не требует конструктивных изменений автомобиля;
- простота производства и установки;
- доступность;
- не требует закрепления за конструкцию;
- мало весит и не занимает много места, его всегда можно возить с собой.



Рис. 1. Применение самовытаскивателя

Но такие самовытаскиватели имеют два больших недостатка: невысокая надежность и ограниченное применение (поможет только если застряла одна пара колёс, имеющих вращательный момент).

Колейные мостики предназначены для преодоления автомобилями канав, рвов, траншей, кюветов, воронок, а также могут применяться при преодолении вертикальных стенок, участков с сыпучим или разжиженным грунтом, ручьев и пр. Мостики можно изготовить деревянную из брусьев, бревен и досок, либо использовать современные легкие материалы (противобуксовочные ленты) (рис. 2).

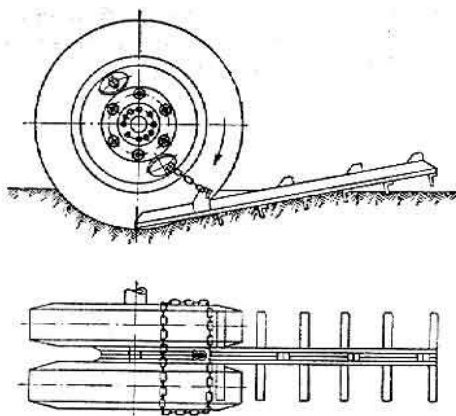


Рис. 2. Использование мостиков

Основным недостатком данного вида повышения проходимости является то, что оно не может быть использовано для автомобилей с большим весом, т.е. не подойдет для большинства моделей пожарных автомобилей из-за большого веса таковых, однако может использоваться для других автомобилей малых габаритов (пожарные багги и квадроциклы, штабные автомобили и т.д.).

Для вытаскивания застрявшего автомобиля используют также домкраты. Домкрат – стационарный, переносной или передвижной механизм для подъёма опирающегося на него груза. Домкраты бывают реечные, винтовые, гидравлические, клиновые и пневматические [4, 5]. Наиболее распространенная версия этого механизма – переносной или передвижной домкрат для подъема автомобиля с целью замены одного или нескольких колес. Обычно к легковому автомобилю прилагается небольшой винтовой домкрат (рис. 3), приводимый в движение мускульной силой человека.



Рис. 3. Винтовой домкрат

Достоинства домкратов:

- надежность;
- простота использования;
- небольшие габариты;
- не требует конструктивных изменений.

В целом можно вытащить ПА путём поднятия автомобиля домкратом и засыпкой грунта под поднявшееся колесо, однако это занимает много времени. Можно использовать в не экстренных случаях, когда скорость прибытия к месту не важна.

Автомобильные лебедки используются для: преодоления автомобилями особо тяжелых участков пути; самовытаскивания автомобилей в случае их застревания; оказания помощи другим застрявшим в пути автомобилям; переправы прицепа через мосты и ледяные переправы, если грузоподъемность моста или переправы не позволяет прохождение автопоезда в целом и др. [6].

При пользовании лебедкой необходимо учитывать максимальные тяговые усилия, лебедки данного автомобиля и длину троса. Если силы тяги лебедки недостаточно или срабатывает предохранительное устройство, то необходимо применять подвижный блок или систему блоков.

Автомобильные лебедки бывают ручные, например, ДИНА-2, представленная на рис. 4, и электрические, например, СПРУТ 9000 (рис. 5).



Рис. 4. Ручная лебедка ДИНА-2



Рис. 5. Электрическая лебедка СПРУТ 9000

К достоинствам автомобильной лебедки относятся надежность, эффективность и быстрота развертывания. Недостатком является необходимость опоры для закрепления. А также установка лебёдки требует конструктивных изменений автомобиля, а значит требует внесений в документацию ПА.

В качестве приспособлений для закрепления троса лебедки на участках местности, лишенной подручных предметов, применяются специальные анкеры, складные якоря различной конструкции, штыпоры.

Для закрепления приспособлений для самовытаскивания к земле или другим неподвижным опорам используют разные способы, чаще всего крепят к земле с помощью подручных средств (рис. 6).

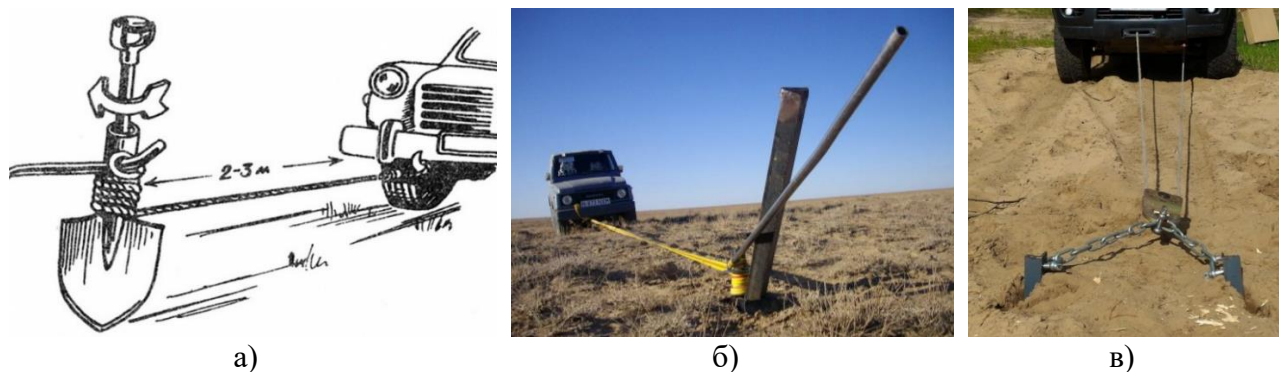


Рис. 6. Способы закрепления приспособлений в земле

Крепление за неподвижные опоры (дерево, столб и др.) с помощью вязки различных узлов и применения блочных систем показано на рис. 7.

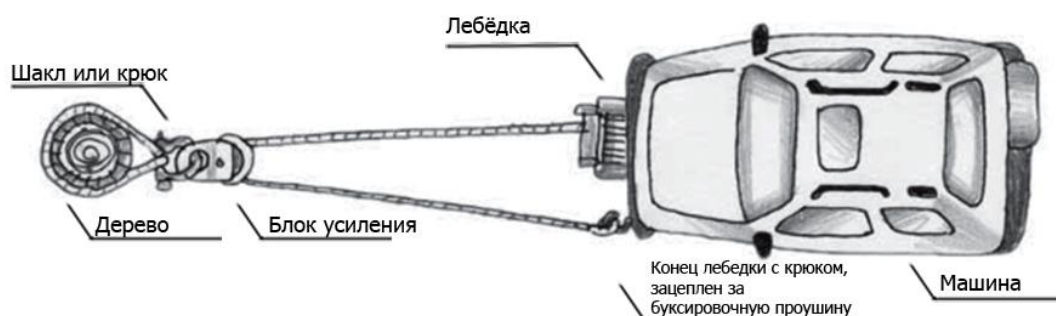


Рис. 7. Крепление лебедки

Учитывая все вышеперечисленные критерии самым эффективным устройством для наших целей станет лебедка на электрическом приводе. Однако, чтобы при этом не вносить серьёзных изменений в конструкцию ПА, предлагаем добавить в состав пожарно-технического оснащения пожарного автомобиля переносную лебедку на электрическом приводе (рис. 8).



Рис. 8. Переносная лебедка

Прикреплять лебедку можно к переднему или заднему бамперу с помощью цепно-карабинной системы, а питание на лебёдку подавать напрямую из аккумулятора с помощью зажимов на клеммы аккумулятора или через прикуриватель (исходя из комплектации кабины боевого расчёта отделения). Так же возможна установка такой лебёдки путём крепления за дерево или иную неподвижную конструкцию. Питание можно подавать из переносного генератора, наличие которого зачастую предусмотрено комплектацией большинства пожарных автомобилей.

Может возникнуть вопрос: хватит ли мощности у данной лебёдки для вытаскивания полностью загруженного пожарного автомобиля с полностью заправленными водой, эмульсией и топливом баками?

Ответ на этот вопрос даёт нам физика, вместе с переносной лебёдкой можно предусмотреть систему блоков (рис. 9), места в отсеке они много не займут, зато при правильном использовании каждый блок может увеличить силу лебёдки аж в два раза (рис. 10). Известны случаи применения небольших тяговых лебедок с системой блоков для вытаскивания тяжелой военной техники.



Рис. 9. Блоки усиления

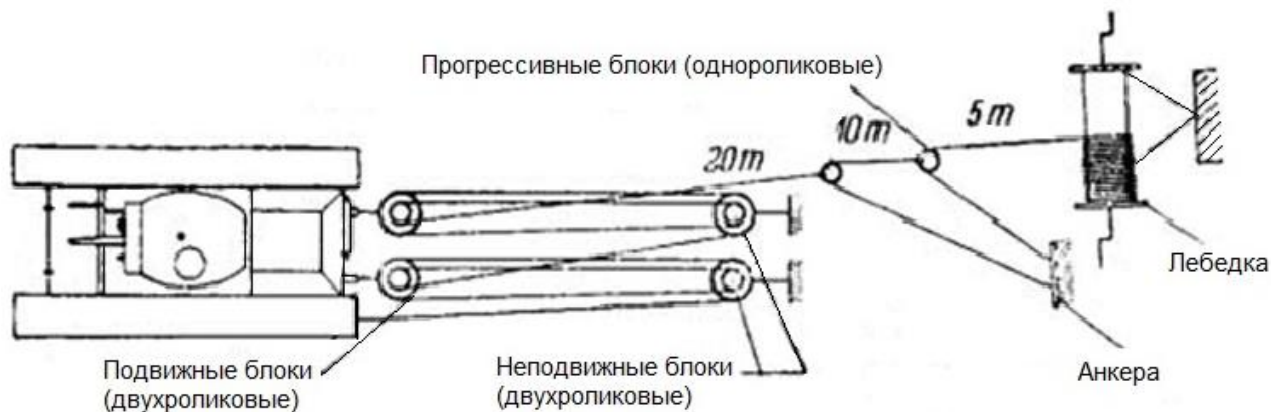


Рис. 10. Применения лебедки с системой блоков

Таким образом, наличие переносной лебедки при необходимости поможет пожарному автомобилю увеличить проходимость и оперативно прибыть к месту тушения пожара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://studfile.net/preview/5918187>.
2. Жуков В.Е., Зарубин В.П. Обзор устройств и приспособлений, улучшающих управляемость и проходимость пожарных автомобилей // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конфе-

ренции, Иваново, 14 апреля 2022 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГМС МЧС России, 2022. С. 76-81.

3. <https://svsmotors-ru.turbopages.org/turbo/svsmotors.ru>

4. <https://ru.m.wikipedia.org>.

5. Иванов В.Е., Кулиахметов М.К. Разработка конструкции домкрата подкатного с применением систем автоматизированного проектирования / Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 226-228.

6. <https://translated.turbopages.org>.

УДК 621.8

И.А. Легкова, В.П. Зарубин, В.С. Соболева

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация: в статье рассмотрен вопрос повышения качества проведения технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей, обеспечения оптимальных условий проведения полного комплекса работ; предложена усовершенствованная конструкция разработанного ранее мобильного устройства для проведения работ по обслуживанию трансмиссии пожарного автомобиля.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, техническое обслуживание, ремонт автомобиля, автомобильная эстакада, разборная конструкция.

I.A. Legkova, V.P. Zarubin, V.S. Soboleva

MODERNIZATION OF THE DESIGN OF A MOBILE DEVICE FOR THE MAINTENANCE OF FIRE TRUCKS

Abstracts: the article considers the issue of improving the quality of maintenance and repair of fire trucks, ensuring optimal conditions for carrying out a full range of work; an improved design of a previously developed mobile device for carrying out maintenance work on the transmission of a fire truck is proposed.

Keywords: fire truck, maintenance, car repair, car overpass, collapsible structure.

Поддержание мобильных средств пожаротушения в исправном состоянии является актуальной задачей. Любая неполадка в работе пожарного автомобиля или не надлежащая работа любого из его агрегатов ставит под угрозу результат выполнения боевой задачи по тушению пожара. Поэтому техническому состоянию всех узлов и агрегатов пожарной техники уделяется достаточное внимание в соответствии с требованиями приведения технического обслуживания. При этом без внимания не должен оставаться ни один из узлов и агрегатов. Особое внимание при этом уделяется

силовой установке автомобиля и его трансмиссии. Это, в первую очередь, связано с нагрузками и различными режимами работы. Таким образом, вопрос оснащения участков технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей средствами, облегчающими доступ к узлам и агрегатам трансмиссии, является актуальным [1].

Рассмотрев оборудование и оснащение, обеспечивающее относительно свободный доступ к узлам и агрегатам, расположенным под автомобилем, можно выделить три основных направления, такие как, смотровая яма, подъемники различной конфигурации, эстакады. Из вышеперечисленного оборудования и оснащения одним из экономически доступных является применение эстакад [2, 3]. Относительно низкие затраты на изготовление и отсутствие сложных механических или гидравлических систем снижает стоимость эксплуатации эстакад и не требует серьезного переоборудования мастерских.

Ранее нами была предложена конструкция универсальной мобильной эстакады для технического обслуживания и ремонта пожарной техники. Мобильная разборная эстакада не требует стационарной установки, имеет небольшие габаритные размеры и вес, легко устанавливается и затем демонтируется после завершения технического обслуживания или ремонта, имеет компактные размеры при хранении (рис. 1) [4].

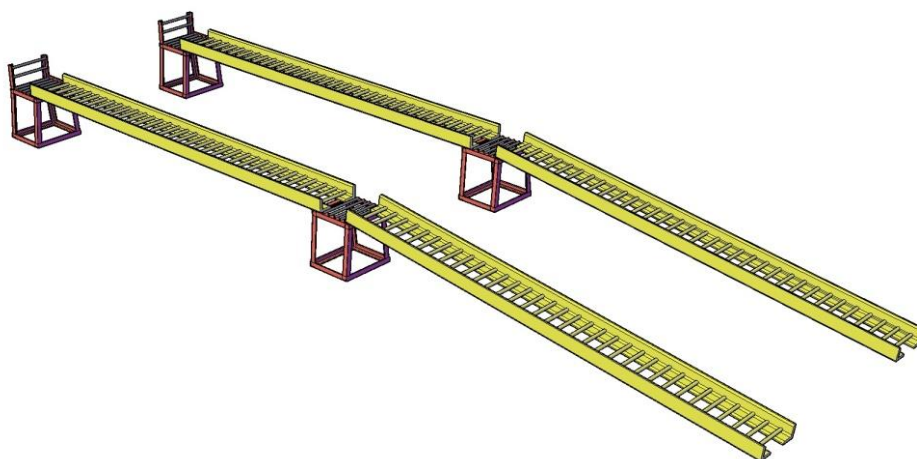


Рис. 1. Модель разборной эстакады

Основными частями эстакады являются четыре опорных тумбы и четыре трапа. Тумбы и трапы имеют возможность свободной взаимной компоновки в зависимости от требований к проведению ремонтных операций (рис. 1).

Трапы эстакады имеют сварную конструкцию из равнополочного уголка и рифленой арматуры. Габаритные размеры уголка и арматуры подбираются с учетом прочностных расчетов. Конструкция тумб представляет собой сварную раму трапециевидной формы для обеспечения лучшей устойчивости. Крепление трапов и тумб осуществляется болтовыми соединениями, что облегчает ее монтаж и демонтаж.

Габаритные размеры эстакады определяются с учетом габаритных размеров и размеров колесной базы обслуживаемых автомобилей. Высота предлагаемой конструкции выбирается таким образом, чтобы дать возможность ремонтнику беспрепятственно попасть под днище автомобиля, обеспечить достаточный уровень освещенности для осмотра ходовой части, провести необходимые ремонтные работы и профилактические мероприятия (рис. 2).



Рис. 2. Применение разборной эстакады

В процессе разработки конструкции была выявлена проблема заезда на эстакаду автомобиля, который неисправен и не может самостоятельно на нее заехать, например, с неработающим двигателем.

Чтобы минимизировать угол въезда автомобиля при установке его на эстакаду была рассмотрена возможность применения домкратов, они должны отвечать ряду требований, а именно: иметь собственные компактные размеры, иметь достаточную для подъема пожарного автомобиля грузоподъемность, иметь бесступенчатый способ подъема на заданную высоту [6].

Но такая конструкция усложняет, утяжеляет и удорожает разработанную конструкцию (рис. 3).



Рис. 3. Применение домкратов

Поэтому для решения выявленной проблемы предлагаем использовать грузовую лебедку для затягивания автомобиля на эстакаду.

В настоящее время выпускается большое разнообразие электрических автомобильных лебедок. Лебедки отличаются тяговым усилием и способом установки на автомобиль. Стационарное установление лебедки (рис. 4 а) требует некоторых переделок в конструкции автомобиля, что не оправдано для решения рассматриваемого вопроса заезда автомобиля на эстакаду. Поэтому оптимальным является применение навесной лебедки, которая крепится к стандартным буксировочным проушинам любого автомобиля (рис. 4 б).



а)



б)

Рис. 4. Лебедка автомобильная: а — стационарная, б — навесная

Тяговое усилие лебедки подбирается с учетом массы автомобиля и условий работы. Чем больше масса автомобиля и сложнее дорожные условия, тем большим тяговым усилием должна обладать лебедка. При необходимости для увеличения тягового усилия можно использовать блок усиления, закрепленный на эстакаде.

Крепление навесной лебедки к автомобилю и способ закрепления ее на эстакаде представлен на рис. 5.



Рис. 5. Модернизация эстакады

Достоинствам разработанной эстакады являются универсальность и мобильность. А модернизация эстакады позволит увеличить ее функциональную возможность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жмацкий П.А. Диагностика и быстрый ремонт неисправностей автомобиля. // Юрайт, 2013. 206 с.
2. Легкова И.А., Лебедев В.С., Зарубин В.П. Применение автомобильных эстакад при проведении технического обслуживания автомобилей / Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: материалы Межрегиональной научно-методической конференции. Иваново: ИГСХА, 2018. С.817-820.
3. Лебедев В.С., Легкова И.А. Использование автомобильной эстакады для проведения технического обслуживания пожарных автомобилей // Пожарная и аварийная безопасность: материалы XIII Международной научно-практической конференции. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 404-405.
4. Легкова И.А., Пучков П.В. Разработка мобильного устройства для технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей // Предупреждение. Спасение. Помощь: материалы Международной научно-практической конференции. Химки: АГЗ МЧС России, 2020. С. 103-104.
5. Легкова И.А., Зарубин В.П. К вопросу повышения эффективности проведения технического обслуживания пожарных автомобилей / Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 107-112.
6. Соболева В.С., Легкова И.А., Зарубин В.П. Разработка конструкции специального приспособления для обслуживания и ремонта пожарных автомобилей / Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2023. С. 519-252.

УДК 531

П.А. Леонова, А.А. Покровский

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАСЧЕТЫ СИЛЫ ДАВЛЕНИЯ ПОТОКА ЖИДКОСТИ НА ПРЕГРАДУ МЕТОДАМИ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

Аннотация: в статье представлены примеры использования энергии воды в работе различных технических устройств. Рассматриваются вопросы расчета силы давления потока воды на неподвижную преграду с использованием методов теоретической механики.

Ключевые слова: теоретическая механика, сила, количество движения, скорость, вода.

P.A. Leonova, A.A. Pokrovsky

CALCULATIONS OF THE PRESSURE FORCE OF THE LIQUID FLOW ON AN OBSTACLE USING THEORETICAL MECHANICS METHODS

Abstracts: the article presents examples of the use of water energy in the operation of various technical devices. The issues of calculating the pressure force of a water flow on a stationary obstacle using methods of theoretical mechanics are considered.

Keywords: theoretical mechanics, force, momentum, speed, water.

В различных областях науки и техники часто требуется решать задачи по определению силовых параметров взаимодействия движущейся среды жидкости с твердой неподвижной преградой. Решение данных задач связано с расчетом и проектированием различных гидравлических устройств: турбин, гидромолотов, запорной арматуры.

Одним из примеров использования сил давления струи жидкости на твердое тело являются турбины. На рис. 1 показано направление движения воды в рабочем колесе турбины при ее работе.

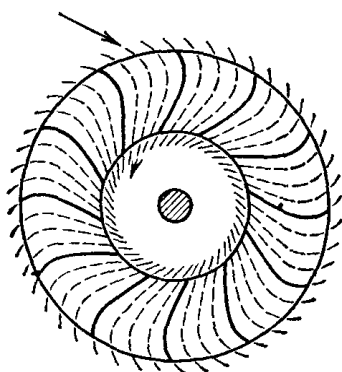


Рис. 1. Движение жидкости в рабочем колесе турбины

В данном случае средняя сила давления воды на лопатки турбины пропорциональна квадрату скорости и площади сечения струи жидкости. Массовый расход жидкости, проходящей через поперечное сечение трубы, составит ρSV , тогда модуль вектора количества движения равен:

$$mV = \rho SV^2 \quad (1)$$

Так как вектор изменения количества движения $\Delta(mV)$ направлен под углом 45° к начальному вектору, то его величина может быть найдена по теореме Пифагора. На основе второго закона Ньютона импульс, который получает струя жидкости от лопатки турбины, равен силе действия струи воды на саму лопатку:

$$F = \frac{\sqrt{2}}{2} \rho SV^2 \quad (2)$$

Учитывая, что скорость потока жидкости в современных турбинах достигает 80 м/с, а площадь потока десяти квадратных метров, то силы давления воды на рабочее колесо могут достигать несколько сотен тысяч ньютонов.

На рис. 2 представлено устройство, где в качестве рабочего тела используется поток жидкости большой скорости. Данное устройство называется гидромонитор (водобойная машина).

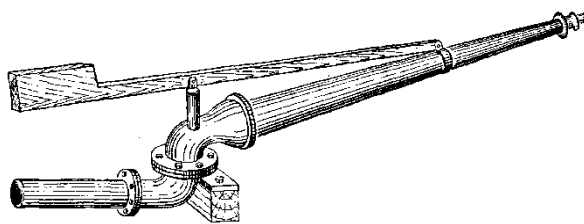


Рис. 2. Гидромонитор

Гидромониторы широко используются для размыва и транспортировки грунта и горных пород. Используя формулу (2) можно рассчитать, что при диаметре струи жидкости около 150 мм и скорости порядка 60 м/с, сила удара воды о препятствие составляет порядка 60000 Н. При таких усилиях струя воды перестает вести себя, как жидкое тело.

Принцип работы гидромонитора реализован в мобильном роботе «Вездеход ТМЗ» (рис. 3). В данном устройстве, кроме двухступенных манипулятора и механизмов наведения видеокамер, имеется гидродинамический разрушитель, который предназначен для уничтожения взрывчатых устройств. Вездеход относится к роботам сверхлегкого класса, основным назначением которого является визуальная и акустическая разведка местности, помещений, транспортных средств, осмотр труднодоступных мест, обнаружение и уничтожение взрывчатых устройств.



Рис. 3. Мобильный робот «Вездеход ТМЗ»

В этом случае для расчета силы давления потока жидкости, выходящей из гидродинамического разрушителя, применим второй закон Ньютона. Представим, что площадь поперечного сечения струи воды равна S , скорость воды V , плотность воды ρ . Объем воды соприкасающийся со стенкой равен $S \cdot V$, тогда массу воды, как было указано выше, можно определить как $\rho \cdot S \cdot V$.

Помимо гидравлических устройств изучение вопросов взаимодействия потока жидкости с неподвижной преградой рассматривают при тушении пожаров в зданиях и сооружениях. Поэтому изучение взаимодействия тел жидкость - твердое тело необходимо не только для понимания принципов действия гидравлических устройств, но и при тушении пожаров.

Данное взаимодействие может быть описано законами теоретической механики. Рассмотрим варианты расчетов при определении силы давления струи воды, когда преграда расположена перпендикулярно оси потока (рис. 4).

Во время удара воды о преграду на основе третьего закона Ньютона, если какая-либо частица отклонится влево с некоторой скоростью, то при равномерном растекании жидкости другая частица с такой же по модулю скоростью будет двигаться вправо. Количества движения таких частиц численно равны, но противоположны по направлению, а сумма их количеств движения нулю. Представляя поток жидкости как механическую систему, состоящую из отдельных взаимодействующих частиц, и, предполагая, что для любой частицы воды после удара найдется парная ей частица, можно утверждать, что сумма количеств движения всех частиц после растекания будет также равна нулю.

Согласно теореме Эйлера, вектор равнодействующей всех внешних, сил, действующих на жидкость в фиксированном объеме, равен геометрической разности количеств движения жидкости, вытекающей из этого объема и втекающей в него за единицу времени:

$$F = \rho \cdot Q(V_2 - V_1) \quad (3)$$

где F – результирующая сила, действующая на жидкость; ρ – плотность рабочей жидкости; Q – объемный расход; V_1, V_2 – векторы скорости на выходе и входе рассматриваемого объема жидкости.

Из рассмотрения свободной струи следует, что во всех ее точках статическое давление равно атмосферному, то есть избыточное давление в любом сечении струи равно нулю. Силами трения внутри струи можно пренебречь, учитывая малую протяженность струи. Силы тяжести также не оказывают существенного влияния на данную систему. Таким образом, для установившегося движения результирующая сила, действующая на жидкость, равна реакции неподвижной твердой преграды R , с которой она воздействует на струю, или сила воздействия струи на преграду $F = -R$.

В случае, когда преграда, расположена перпендикулярно направлению потока, расчетное усилие на стенку равно секунднему импульсу силы, действующей вдоль оси X .

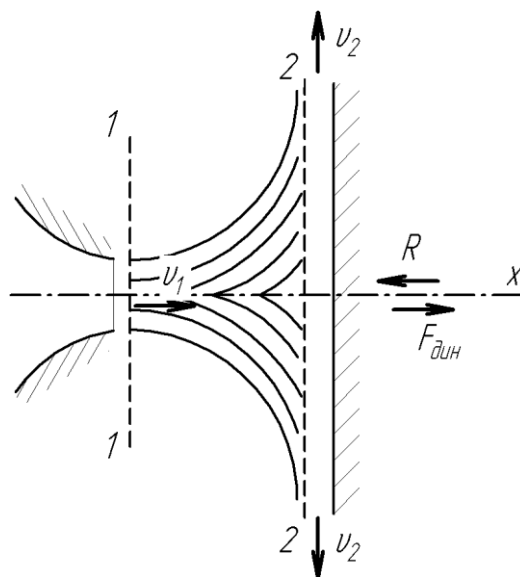


Рис. 4. Динамическое действие потока жидкости на неподвижную преграду

$$F_{дин} = -R = \rho \cdot Q(V_2 - V_1) = \rho \cdot QV_1 = Q_m \cdot V_1 \quad (5)$$

где Q_m – массовый расход жидкости в потоке.

При этом проекция скорости потока V_2 на ось X , параллельную оси потока, равна нулю.

Преобразуем формулу (5) для расчета силы давления потока жидкости, выходящей из пожарного ствола. Для этого рассмотрим схему на рис. 5. Струя воды вытекает из пожарного ствола диаметром d со скоростью V . Струя расположена перпендикулярно стене и действует на нее с определенной силой

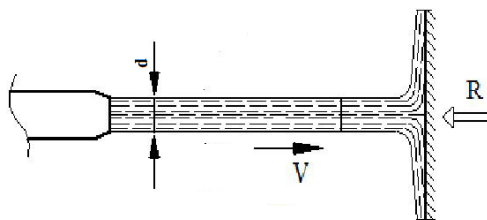


Рис. 5. Поток воды из пожарного ствола

Для оценки силы давления жидкости на неподвижную преграду определим внешнюю силу R , действующую на принятую к рассмотрению часть струи со стороны поверхности стенки. Пренебрегая силами трения внутри струи и силой тяжести потока жидкости примем, что рассматриваемая сила равна объёмному расходу жидкости:

$$R = Q \quad (6)$$

Если принять, что через круглое отверстие пожарного ствола диаметром d протекает столб воды $H = V \cdot 1сек$, то масса этого столба составит:

$$m = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L \right) \cdot \rho \quad (7)$$

Тогда секундное количество движения жидкости, а, следовательно, и сила взаимодействия потока жидкости с неподвижной преградой может быть определена по формуле:

$$R = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot V \right) \cdot \rho \cdot V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \rho \cdot V^2 \quad (8)$$

Если принять, что скорость струи на выходе из пожарного ствола составляет 10 м/с, а его диаметр равен 100 мм, то подставляя эти данные в формулу (8) получим, что сила взаимодействия струи воды с неподвижной преградой составит около 80 Н. Следует отметить, что в ряде технических устройств скорость жидкости может достигать более 900 м/с.

Формула (8), полученная на основе понятия о количестве движения механической системы и методов теоретической механики, позволяет оценить силовое взаимодействие потока воды с неподвижной преградой при различных скоростях жидкости и диаметрах пожарных стволов. Следует отметить, что в теоретической механике

при описании движения сплошных однородных сред удобнее и проще использовать понятие количества движения, чем проводить расчеты, основанные на рассмотрении движения центра масс механической системы. В нашем случае для расчета силы взаимодействия жидкой среды с неподвижной преградой достаточно двух параметров – скорости потока и геометрических размеров сечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Игнатищев Р.М. Курс теоретической механики. Введение, статика, кинематика, динамика, Учебное пособие / Р.М. Игнатищев, П.Н. Громыко, С.Н. Хатетовский. Мн: УП «Технопринт», 2004. 361 с.
2. Зубов В.Г. Механика. Москва: Наука, 1978. 351 с.
3. Огнев С.О., Покровский А.А. Становление теоретической механики в качестве основы развития современных отраслей техники // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. – Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 493-495.

УДК 613.55

П.А. Леонова¹, М.В. Пучкова², П.В. Пучков¹

¹ Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

² ООО «Европа»

АВТОМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ ОЧИСТКИ ОБУВИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЛЕВЫХ ПАЛАТОЧНЫХ ГОСПИТАЛЕЙ

Аннотация: в статье описывается конструкция устройства, предназначенного для очистки обуви от грунтового загрязнения и патогенных микроорганизмов. Разработанное устройство позволит соблюдать санитарно-гигиенические нормы в полевых госпиталях без применения средств индивидуальной защиты – одноразовых полиэтиленовых бахил. К достоинствам аппарата можно отнести: малые габариты, мобильность, автономность, отсутствие расходных материалов, экологичность.

Ключевые слова: полевой госпиталь, грунт, патогенные микроорганизмы, очистка обуви, ременная передача

P.A. Leonova, M.V. Puchkova, P.V. Puchkov

AUTOMATIC DEVICE FOR CLEANING SHOES DURING THE OPERATION OF FIELD TENT HOSPITALS

Abstract: the article describes the design of a device designed to clean shoes from soil contamination and pathogenic microorganisms. The developed device will allow to comply with sanitary and hygienic standards in field hospitals without the use of personal protective equipment - disposable polyethylene shoe covers. The advantages of the device include: small dimensions, mobility, autonomy, lack of consumables, environmental friendliness.

Keywords: field hospital, soil, pathogenic microorganisms, shoe cleaning, belt drive

Чрезвычайные ситуации, военные конфликты, стихийные бедствия в наше время не редкость. В результате данных чрезвычайных ситуаций к сожалению, всегда есть пострадавшие и погибшие люди. Для оказания экстренной медицинской помощи непосредственно в районе чрезвычайной ситуации используются как в мирное, так и в военное время палаточные полевые госпитали. Полевые госпитали — это быстровозводимые модули, которые незаменимы для оказания своевременной неотложной медицинской помощи, в том числе первичной и хирургической. Например, в полевых госпиталях оказывается медицинская помощь раненым бойцам в горячих точках в допустимой близости к линии боевых действий или пострадавшим людям после землетрясения (рис. 1).

Однако одной из проблем возникающих при работе полевых госпиталей является обеспечение санитарно-гигиенических требований. При перемещении медицинского персонала, пострадавших и их сопровождающих с улицы в помещения палаточного госпиталя они на своей обуви заносят внутрь стерильного помещения частицы грунта (песок, почву). Частицы грунта могут содержать богатую микрофлору, образуемую патогенными спорообразующими палочками (возбудителями сибирской язвы, ботулизма, столбняка, газовой гангрены), они способны не только длительно сохраняться в почве, но и размножаться в ней. Решать данную проблему с помощью одноразовых полиэтиленовых бахил не эффективно, дорого и неэкологично. Во-первых, прочность одноразовых бахил оставляет желать лучшего, а огромный ежедневный расход бахил отрицательно сказываться на экологии, ведь их необходимо утилизировать, кроме того после надевания бахил на обувь придется вымыть руки. Для повышения санитарно-гигиенического порядка в помещениях палаточного госпиталя грунтового загрязнения предлагается идея создания автоматического аппарата для очистки обуви и его установки у входа в палатку (рис. 2).



Рис. 1. Полевой палаточный госпиталь

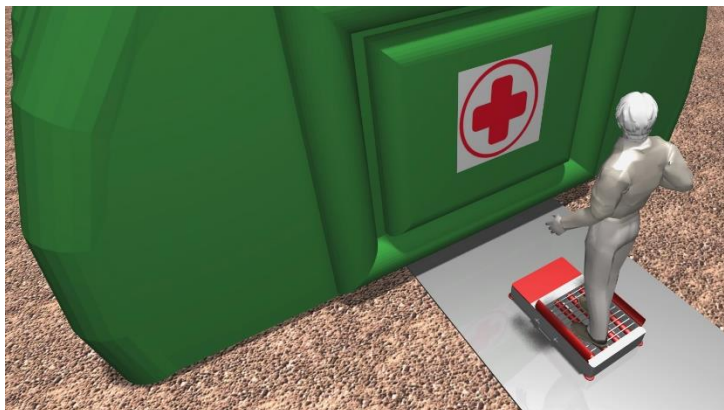


Рис. 2. Пример установки устройства перед палаткой

Виртуальная модель конструкции предлагаемого автоматического аппарата представлена на рис. 3. Трехмерная модель выполнена в системе автоматизированного проектирования AutoCAD [1]. Аппарат является мобильным устройством, он имеет небольшой вес и габаритные размеры: 900 х 550 х 90 мм. Данный аппарат предназначен для работы преимущественно в сухую погоду для удаления частиц песка и почвы с подошвы обуви.

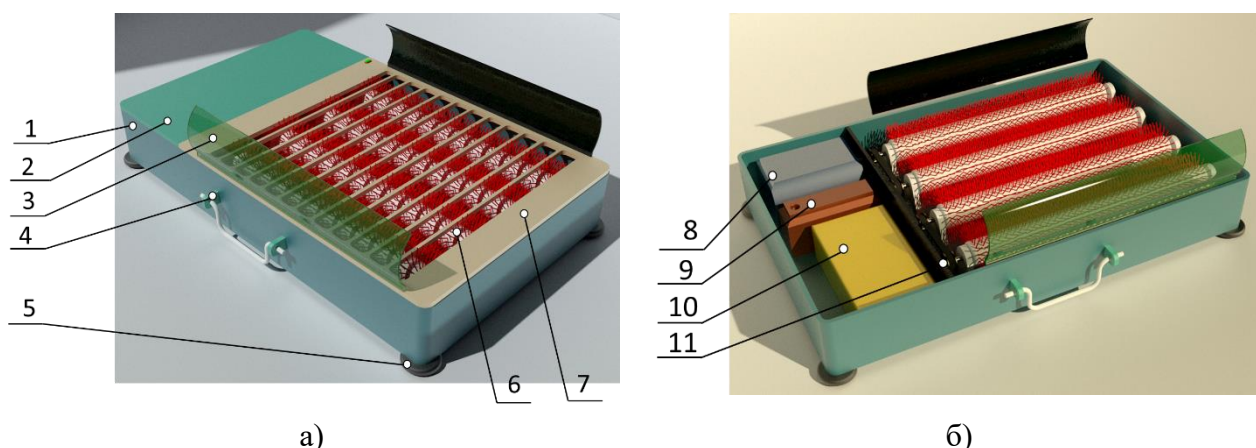


Рис. 3. Автоматический аппарат для очистки обуви: а — внешний вид; б — внутреннее устройство: 1 — корпус; 2 — отсек органов управления; 3 — фартук; 4 — рукоятка для транспортировки устройства; 5 — ножки резиновые; 6 — цилиндрические щетки; 7 — решетка; 8 — мотор-редуктор; 9 — блок управления; 10 — аккумуляторная батарея; 11 — ременная передача

Данный аппарат состоит из металлического корпуса (рис. 3) (поз. 1), разделенного на два отсека, в первом отсеке установлены четыре цилиндрические щетки (поз. 6), предназначенные для очистки обуви от грунтового загрязнения.

Цилиндрические щетки приводятся в движение с помощью мотор-редуктора, который присоединен к валу первой цилиндрической щетки (поз. 1) (рис. 4).

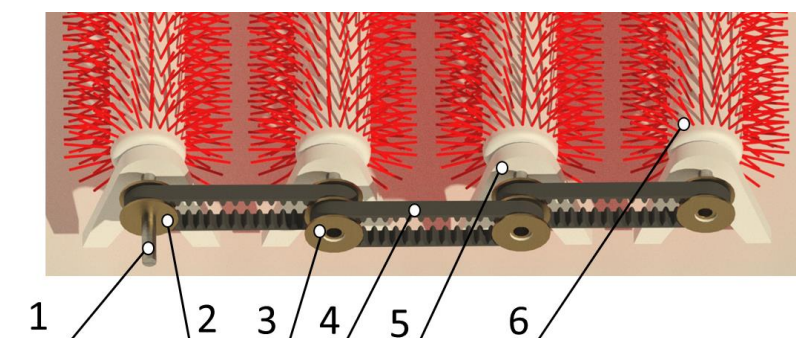


Рис. 4. Привод автоматического аппарата для очистки обуви: 1 — вал мотора-редуктора; 2 — шкив одноручьевого; 3 — шкив двухручьевого; 4 — зубчатый ремень; 5 — опора; 6 — вал с цилиндрической щеткой

Вращение от первой щетки на остальные щетки передается за счет зубчатых ремней (поз. 4), установленных на одно- и двухручьевые шкивы (поз. 2 и поз. 3). Зубчатые ремни обеспечивают постоянство передаточного числа, так как проскальзывание ремня исключено.

Во втором герметичном отсеке установлены все необходимые органы управления устройством (рис. 3-б): мотор-редуктор (поз. 8), блок управления (поз. 9), аккумуляторная батарея (поз. 10). Корпус аппарата устанавливается непосредственно на грунт на резиновые ножки (поз. 5). Для предотвращения распространения частиц грунта от щеток в разные стороны по бокам корпуса установлены складные пластмассовые фартуки (поз. 3). Для транспортировки устройства на его корпусе предусмотрена металлическая рукоятка (поз. 4). Аппарат для очистки обуви должен быть оснащен датчиком давления, который включает мотор редуктор если давление на

металлическую сетку (поз. 7) будет превышать 30 Н. После того как человек покинул поверхность металлической сетки, вращение цилиндрических щеток автоматически прекращается [2, 3].

Данный прибор должен быть автономным, для этого во втором отсеке корпуса установлена аккумуляторная батарея большой емкости. Наличие источника постоянного тока позволяет использовать данное устройство в местах, где отсутствует электричество, а также к достоинствам конструкции можно отнести отсутствие под ногами проводов, протянутых к источнику питания. Так как устройство работает, только в тот промежуток времени, когда человек очищает обувь, находясь на устройстве, поэтому заряда аккумуляторной батареи должно хватить на длительный срок. Для дезинфекции обуви в отсек с цилиндрическими щетками можно заливать дезинфицирующий раствор, для этого необходимо просто поднять металлическую сетку и залить необходимый объем антисептика (поз. 7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вокуев Д.Н. Современное программное обеспечение для визуализации проектных решений / Д.Н. Вокуев, В.Е. Иванов, П.В. Пучков // 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. 456-459.
2. Пучков П.В. К вопросу о разработке робототехнических комплексов специального назначения // Актуальные вопросы перспективных направлений применения вооружения, военной и специальной техники: Сборник научных трудов II Межведомственной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 06 ноября 2020 года. Санкт-Петербург: ООО «Медиапапир», 2020. С. 405-409.
3. Кропотова Н. А. Робототехника на службе безопасности / Н.А. Кропотова, П.В. Пучков // Гражданская оборона на страже мира и безопасности: Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 3-х частях, Москва, 28 февраля 2020 года. Том Часть II. Москва: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России, 2020. С. 353-356.

УДК 621.8

Т.Н. Логачева, В.П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К РЕШЕНИЮ КОМПЛЕКСА ВОПРОСОВ ПО УТИЛИЗАЦИИ ОТРАБОТАННОГО МАСЛА И ОТОПЛЕНИЮ ПОМЕЩЕНИЙ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ

Аннотация: материал статьи посвящен вопросу безопасной утилизации отработанного автомобильного масла; особое внимание уделяется сбору отработанного масла с пожарных автомобилей в пожарно-спасательных частях; рассматривается возможность централизованного сбора отработанного масла с последующим его использованием в качестве топлива для отопления помещений.

Ключевые слова: отработанное масло, техническое обслуживание, пожарный автомобиль, отопление на отработанном масле.

T.N. Logacheva, V.P. Zarubin

TO SOLVE A COMPLEX OF ISSUES RELATED TO THE DISPOSAL OF USED OIL AND HEATING OF PREMISES OF FIRE AND RESCUE UNITS

Abstracts: the material of the article is devoted to the issue of safe disposal of used automobile oil; special attention is paid to the collection of used oil from fire trucks in fire and rescue units; the possibility of centralized collection of used oil with its subsequent use as fuel for heating premises is considered.

Keywords: waste oil, maintenance, fire truck, waste oil heating.

Проведение аварийно-спасательных работ невозможно без использования мобильных средств пожаротушения. Пожарные автомобили различного класса и назначения предназначены для решения разнообразных боевых задач в области тушения пожаров и обеспечения пожарной безопасности. Однако для качественного выполнения поставленных задач техника должна находиться в исправном состоянии. Поэтому нормативной документацией предусмотрено проведение работ по техническому обслуживанию всех узлов и агрегатов машин. В зависимости от модели автомобиля его оснащенности и наработки проводится определенный набор операций по обслуживанию согласно порядковому номеру технического обслуживания. Осмотр, регулировки, очистка от загрязнений, устранение люфтов, замена фильтров и ряд других работ проводится в соответствии с условиями эксплуатации и пробегом автомобиля, а также количеством наработки в стационарном положении. Особое внимание уделяется контролю наличия смазочных материалов и своевременной их замене в узлах и агрегатах. Снижение количества смазочного материала и его загрязнение оказывают негативное влияние на работу механизмов и может привести к поломке. Учитывая это во всех пожарно-спасательных частях на пожарных автомобилях замена смазочного материала должна проводиться своевременно [1, 2].

В случае штатной замены масла в агрегатах пожарного автомобиля порядок действий сводится к сливу отработанного масла и заправки чистым. Все манипуляции могут проводиться как с использованием специализированного оборудования, так и с минимальным набором инструментов и приспособлений (рис. 1). Стоит отметить, что наличие специализированного оборудования повышает качество проведения операций, облегчает работу обслуживающего персонала и минимизирует потери отработанного и чистого масла [3, 4].



Рис. 1. Оборудование и способы слива отработанного масла

Вопрос качественной замены масла и минимизация потерь при сливе и заливке масла стоит достаточно остро. Как известно промышленные и бытовые отходы классифицируются соразмерно нанесению вреда. Все выработавшие свой срок вещества, выброшенные в окружающую среду без должной утилизации, наносят экологии непоправимый ущерб. В соответствии с разработанной системой классификации, использованное машинное масло имеет 2-й класс опасности. То есть экосистема может серьезно пошатнуться при бесконтрольном выбросе масел на непредназначенные для этого участки. Для полного уничтожения следов загрязнения, оставшихся после выливания отработанных масел на землю, понадобится около тридцати лет. Если рассмотреть конкретные случаи, то можно убедиться, насколько серьезные проблемы ожидают экологию при неправильной утилизации масляных отходов [5]. Попадая в почву, машинное масло оказывает сильное влияние на рост и развитие растительности. Оно воздействует на корневую систему растений отравляя ее. Растение гибнет. Попадая в воду, на поверхности появляется вредоносное масляное пятно большой площади, под которым погибают все живые организмы и растения. Вода становится непригодной для пищевого употребления. Это означает, что обращение с маслом и другими смазочными материалами требует особого внимания и аккуратности.

Вопросами утилизации отработанного масла занимаются специализированные предприятия и исследовательские институты. Существуют научные исследования и практические разработки по повторному использованию отработанного масла в машинах и механизмах после его специальной очистки. А также использование отработанного масла в качестве топлива для обогрева помещений различного назначения. Отопление на отработанном масле – один из самых экономичных и выгодных способов получения качественной тепловой энергии. Подходит для обогрева помещений площадью от 300 квадратных метров, начиная от коттеджей и гаражей, заканчивая производственными цехами и даже небольшими жилыми кварталами. Наиболее популярно отопление на отработанном масле среди автосервисов, автосалонов, ангаров и складов, где имеется постоянный доступ к бросовому топливу. Использование системы отопления на отработанном масле позволяет существенно экономить, как на отоплении, так и на утилизации масел. Наряду с другими видами

топлива, такими как газ или уголь, отработка отличается низкой ценой и высокой эффективностью, а за счет простоты конструкции котла система неприхотлива к виду масла, использующегося как топливо и обладает высокой отказоустойчивостью. При сжигании 1 кг отработки выделяется примерно 10,5-10,8 кВт, что на 60-70 % выше, чем у газовых и твердотопливных котлов. Учитывая низкую цену за литр, такой вид отопления может по праву считаться экономичным. Котлы на отработанном топливе не нуждаются в разработке проектов по подключению к магистралям, как для газового оборудования, не требуют наличия мощных электросетей, а также проведения массы других дорогостоящих работ. Средняя стоимость отработанного масла по России в 2024 году составляет около 18 рублей за литр, против 55р/литр за дизельное топливо. Компаниям, у которых отработанное масло является побочным продуктом деятельности предприятия намного выгоднее продавать топливо для отопления, нежели тратить огромные средства на его очистку и переработку.

Работа оборудования для отопления на отработанном масле основана на пиролизическом разложении — сжигании газо-воздушной смеси, которая образуется в результате испарения топлива. Агрегаты различаются по принципу подачи масла в сжигающую камеру. Можно условно выделить капельно-испарительные устройства (рис. 2 а) и использующие элемент горения (рис. 2 б).



а)



б)

Рис. 2. Оборудование для отопления на отработанном масле:

а — капельная печь; б — топливный котел

Капельные печи — работают без использования горелок, топливонасосов и компрессоров. В таких печах используется 2-х ступенчатое сжигание топлива: жидкое топливо подается в нагретый испаритель, где смешивается с воздухом и испаряется и частично сгорает, поддерживая температуру испарителя. Несгоревшие пары топлива поступают в камеру дожигателя смешиваясь с притоком вторичного воздуха и сгорают полностью. Подходят для обогрева небольших площадей, так как имеют невысокое КПД. Отличаются низкой ценой и достаточно быстрой окупаемостью.

Котлы на отработанном масле — используют для обогрева помещений любых размеров. Принцип работы основан на сжигании топлива в специальной камере с использованием автоматического поджига. Система имеет более сложное устрой-

ство, требует подключение компрессора и питания от внешней сети, поэтому ее цена в несколько раз выше котлов капельного типа, но и эффективности хватает чтобы отопить очень большую площадь, поэтому такие системы используют только промышленные предприятия.

Рассматривая вопрос замены отработанного масла с пожарных автомобилей в пожарно-спасательных частях, и дальнейшую утилизацию отработки можно предложить организовать сбор отработанного масла с дальнейшим его использованием в качестве отопления помещений пожарно-спасательных частей, не подключенных к городским тепловым сетям. Так, например, анализ статистических данных позволяет сделать заключение, что есть пожарно-спасательные подразделения, в которых отапливаются котлами на твердом топливе. Учитывая стоимость дров и угля и сравнивая на затраты со сбором и транспортировкой отработанного масла можно отметить явную экономию финансовых средств и быструю окупаемость необходимого переоборудования котельных. Конечно, стоит отметить колебания цен на твердое топливо и отработанное масло по регионам России, но учитывая наличие отработанного масла на ремонтных участках в пожарно-спасательных частях затрачивать средства на его приобретение не нужно. Необходимо организовать сбор отработки по частям и ее перевозку в подразделения, которые отапливают свои помещения с помощью котлов или печей. Конкретные затраты на переоборудование, сбор, хранение, транспортировку и отопление таим жидким топливом необходимо проводить по конкретным пожарно-спасательным отрядам с учетом климатических особенностей и размеров отапливаемых помещений. Важную роль в расчетах будет составлять количество «собственного» отработанного масла с пожарных автомобилей, стоящих на вооружении в подразделениях.

Схема сбора и утилизации отработанного масла в пожарно-спасательных частях пожарно-спасательного отряда может выглядеть следующим образом. При наличии в отряде частей, помещения в которых имеют отопление от котлов на твердом топливе, провести переоборудование отопления на котлы, работающие на отработанном масле. Организовать сбор, транспортировку и хранение отработанного масла для последующего использования в качестве топлива в этих подразделениях. В случае недостаточного количества, накопленного за год отработанного масла с автомобилей отряда, предусмотреть поставки отработки из подразделений отряда, находящегося в транспортной доступности с минимальными затратами.

Таким образом, предложенные мероприятия позволят обеспечить дешевым топливом пожарно-спасательные части, не подключенные к центральному отоплению, и решить вопрос с безопасной утилизацией отработанного масла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антамохин А.С. Разработка конструкции устройства для проведения работ по замене смазочных материалов в узлах и агрегатах пожарной техники / А.С. Антамохин, В.П. Зарубин // 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. 3-9.
2. 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.

3. Репный В. И. Разработка приспособления для замены смазочных материалов в узлах трения машин и механизмов / В. И. Репный // Энергия-2021: Тезисы докладов Шестнадцатой всероссийской (восьмой международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 6-ти томах, Иваново, 06-08 апреля 2021 года. Том 4. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2021. С. 74.

4. Зарубин В. П. К вопросу сбора отработанных технических жидкостей в пожарно-спасательных частях / В. П. Зарубин, С. Э. Кузьева // Пожарная и аварийная безопасность: Сборник материалов XII международной научно-практической конференции, посвященной году гражданской обороны, Иваново, 29-30 ноября 2017 года. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2017. С. 290-291.

5. Оганин А.Г. О способах утилизации отработанных технических жидкостей / А.Г. Оганин, И.А. Легкова, В.П. Зарубин // 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. 304-306.

УДК 69.059.4

М.И. Ломакин¹, Ю.М. Ниязова², Д.Г. Смекалов³

¹ ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ),

² ФГБОУ ВО МИИГАиК,

³ ФГБНУ «Аналитический центр»

МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация: рассматривается задача определения предпочтительного времени выполнения восстановительных работ технологического оборудования производственной системы в непараметрическом случае, когда не делается никаких предположений о виде распределения времени восстановительных работ.

Ключевые слова: технологическое оборудование, время выполнения восстановительных работ, случайная величина, функция распределения, моменты, уровень гарантии.

M.I. Lomakin, Yu.M. Niyazova, D.G. Smekalov

A MODEL FOR ESTIMATING THE PREFERRED RECOVERY TIME OF A PRODUCTION SYSTEM

Abstract: The problem of determining the preferred time for performing restoration work of technological equipment of a production system is considered in the nonparametric case when no assumptions are made about the type of distribution of restoration work time.

Keywords: technological equipment, recovery time, random variable, distribution function, moments, guarantee level.

Эффективность функционирования производственных систем предприятий во многом определяется организацией выполнения восстановительных работ после возможных отказов технологического оборудования.

В производственных системах промышленных предприятий используется различное технологическое оборудование [1]: металлорежущее, деревообрабатывающее, кузнечно-прессовое, литейное электропечное, дробильно-размольное, сортировочное, электрические машины, компрессорно-холодильное оборудование и насосы, оборудование вентиляции и кондиционирования, трубопроводы общехозяйственные, подвижный состав автомобильного транспорта.

Кроме названного «обычного» оборудования в производственных системах используется современные станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Это оборудование позволяет выполнять сложные операции по обработке материалов с высокой точностью и скоростью [2].

На российских промышленных предприятиях затраты на эксплуатацию технологического оборудования значительно выше (по некоторым оценкам в 3–5 раз) его начальной стоимости. Очевидно, что необходима оптимизация этих затрат, чтобы обеспечить снижение себестоимости продукции предприятия и повышение эффективности функционирования технологического оборудования.

Для решения этой задачи необходимо перейти от системы планово-предупредительного ремонта технологического оборудования на систему ремонта по ее фактическому состоянию.

Любое технологическое оборудования в процессе функционирования или использования по назначению через некоторое время, как правило, случайное, отказывает в силу разнообразных причин. После возникновения отказа технологического оборудования проводят восстановление его работоспособности или заменяют другим оборудованием, новым либо аналогичным.

Работы по восстановлению работоспособности или замене оборудования заранее планируются эксплуатационной службой предприятия. Основой планирования этих работ является информация о временах выполнения определенных восстановительных операций, которая представлена в соответствующей документации, например, в технологических картах выполнения конкретных восстановительных работ.

Рассмотрим задачу определения предпочтительного времени выполнения восстановительных работ.

Рассмотрим такую подсистему технологического оборудования предприятия как станок с числовым программным управлением. Примером такого станка может быть «СТШ ЭКО» – станок с ЧПУ для шлифования алмазными кругами твердосплавных пластин, применяемых в инструментальной промышленности. Он разработан станкостроительной компанией «СТАН». Главные его особенности – встроенный робот-манипулятор и «продвинутая» система управления. Благодаря этому станок может работать в полностью автоматическом режиме без участия человека [3].

Пусть по результатам эксплуатации станков (однотипных) с ЧПУ (далее станков) получена информация о времени выполнения восстановительных работ при их отказах:

$$\xi v = (\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_m), \quad (1)$$

где $\xi_j, j = 1, 2, \dots, m$ есть продолжительности времени выполнения восстановительных работ – случайные одинаково распределенные величины в соответствии с неизвестным законом распределения $F(t)$.

Задача состоит в том, чтобы определить наиболее предпочтительное время выполнения восстановительных работ.

В качестве предпочтительного времени выполнения восстановительных работ целесообразно выбирать такое время, в течение которого с определенной гарантией восстановительные работы будут выполнены, т.е. необходимо определить такое t_n , для которого имеет место соотношение:

$$P_\gamma = P(\xi < t_n) = F(t_n) \geq \gamma. \quad (2)$$

здесь γ — величина вероятности — заданный уровень гарантии; ξ — случайная продолжительность восстановительных работ.

В частности, для экспоненциального распределения времени выполнения восстановительных работ, для которого функция распределения имеет вид:

$$F(t) = P(\xi < t) = 1 - e^{-\lambda t}. \quad (3)$$

где λ — интенсивность восстановлений, предпочтительное время выполнения восстановительных работ определится соотношением:

$$t_n \geq -\frac{\ln(1 - \gamma)}{\lambda}. \quad (4)$$

Однако распределение времени восстановительных работ технологического оборудования, как правило, не является экспоненциальным, кроме того информация о времени выполнения восстановительных работ при отказах технологического оборудования представлена ограниченной малой выборкой. В этом случае для нахождения предпочтительного времени выполнения восстановительных работ необходимо использовать непараметрический подход, при котором не делается никаких предположений об исходном распределении.

Далее для определения предпочтительного времени выполнения восстановительных работ будем результаты исследований одного из авторов настоящей статьи [5–9]

Найдем на основе выборки ξ начальные моменты (далее — моменты) случайной величины продолжительности восстановительных работ ξ :

$$\mu_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \xi_i^j; j = \overline{1, k}; k > 0. \quad (5)$$

Определим аналогично [5-9] множество функций распределения F_0 , имеющих k моментов, равных моментам, определенным в соответствии с выражением (5), в виде:

$$F_0 = \left\{ F(t): \int_0^{\infty} t^j dF(t) = \mu_j, j = \overline{1, k} \right\}, \quad (6)$$

здесь μ_j – j -ые моменты распределения случайной величины ξ .

Так как функция распределения случайной величины ξ неизвестна, то следует перейти к задаче определения гарантированных оценок предпочтительного времени восстановительных работ, т.е. найти t_{π} из следующего соотношения:

$$\min_{F(t) \in F_0} F(t_{\pi}) \geq \gamma. \quad (7)$$

Для решения последней задачи необходимо найти нижние оценки неизвестной функции распределения $F(t)$ на множестве распределений с заданными моментами.

В работах [5–9] получено общее решение задачи нахождения нижних оценок $\min_{F(t) \in F_0} F(t_{\pi})$ на множестве распределений с заданными моментами.

Однако следует отметить, что оценки моментов, определенные по малой выборке значений (5) являются довольно грубыми. Для уточнения оценок моментов может быть использован следующий подход [10]: «исходная выборка преобразуется в вариационный ряд, который делится на два вариационных ряда путем разбиения на пары, в первый ряд помещаем меньшие, а во второй ряд помещаем большие элементы». Для каждого нового вариационного ряда находим по соотношениям (5) моменты. В итоге получаем:

μ_{1j} – j -ые моменты распределения случайной величины ξ , найденные по первому вариационному ряду;

μ_{2jx} – j -ые моменты распределения случайной величины ξ , найденные по второму вариационному ряду.

Очевидно, что имеет место неравенство:

$$\mu_{1jx} \leq \mu_{jx} \leq \mu_{2jx}. \quad (8)$$

Определим множество функций распределения F_1 в следующем виде:

$$F_1 = \left\{ F(t): \mu_{1jx} \leq \int_0^{\infty} t^j dF(t) \leq \mu_{2jx}, j = \overline{1, k} \right\}. \quad (9)$$

В этом случае задача определения нижних оценок $\min_{F(t) \in F_0} F(t_{\pi})$ может быть записана следующим образом, найти

$$P_n = \min_{F(t) \in F_0} \int_0^{t_n} dF(t) \quad (10)$$

Для ее решения следует использовать подход, предложенный в работах [5-9], при этом система моментных ограничений будет задаваться системой неравенств следующего вида:

$$\mu_{1jx} \leq \sum_{i=1}^v p_i \tau_i^j \leq \mu_{2jx}, \quad j = \overline{1, k}, \quad (11)$$

где τ_i — точки роста (скачков) дискретного распределения; p_i — величина роста дискретного распределения в точке τ_i ; v — количество точек роста дискретного распределения.

В неравенствах (11) одна из точек роста совпадает с точкой t_n .

В этом случае для определения $P_n = \min_{F(t) \in F_0} F(t_n)$ используются только численные методы. Определив P_n находим t_n — предпочтительное время выполнения восстановительных работ технологического оборудования производственной системы.

Таким образом, в настоящей статье предложен подход и модель для определения предпочтительного времени выполнения восстановительных работ технологического оборудования производственной системы в непараметрическом случае, когда не делается никаких предположений о виде распределения времени восстановительных работ. Оценки предпочтительного времени восстановительных работ находятся из условия превышения значения нижней оценки функции распределения на множестве функций распределения с заданными моментами над уровнем гарантии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ящура А. И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования: справочник. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. 504 с.
2. Компания, включенная в ОПК: особенности и преимущества [Электронный ресурс] URL: <https://freewaygrp.ru/faq/kompaniya-vklyuchennaya-v-opk-osobennosti-i-preimuschestva.html>.
3. Кушнир К.А. Анализ развития предприятий оборонно-промышленного комплекса России // Вестник Евразийской науки, 2018 №4. [Электронный ресурс] URL: <https://esj.today/PDF/12ECVN418.pdf>
4. В России разработали новые станки с ЧПУ [Электронный ресурс] URL: <https://военное.рф/2023/Выставки15/?ysclid=lp3yp62xnq116341838>
5. Ломакин М.И., Ниязова Ю.М., Докукин А.В. и др. Оценка качества бизнес-процессов в условиях неполных данных // Сварочное производство. 2022. №8. С. 52-58.
6. Mikhail Lomakin, Alexey Buryi, Alexander Dokukin, Anatoly Strekha, Julia Niyazova, Alexander Balvanovich Estimation of quality indicators based on sequential measurements analysis // International Journal for Quality Research, № 1, 2020. P. 147-162.
7. Ломакин М.И. Гарантированные оценки вероятности безотказной работы в классе распределений с фиксированными моментами// Известия АН СССР, Автоматика и телемеханика, 1990. №1. С.154-161.

8. Ломакин М.И., Сухов А.В., Докукин А.В., Ниязова Ю.М. Оценка показателей надежности космических аппаратов в условиях неполных данных // Космические исследования. 2021. Т.59. № 3. С 235-239.

9. Buryi A.S., Lomakin M.I., Sukhov A.V. Quality assessment of «stress-strength» models in the conditions of big data // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2020. № 9(3). С. 3276.

10. Сайкин А.И., Журавлева Е.Ю. Метод уточнения эффективных оценок генеральных моментов распределений случайных величин по малым выборкам // Вестник государственного технического университета. 2007. Т. 4. №1 (28). С. 115-120.

УДК 62-192

М.И. Ломакин¹, Ю.М. Ниязова², Д.Г. Смекалов³

¹ ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ),

² ФГБОУ ВО МИИГАиК,

³ФГБНУ «Аналитический центр»

ОЦЕНКА МОМЕНТОВ ОСТАТОЧНОГО ВРЕМЕНИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация: рассматривается задача оценки высших моментов остаточного времени функционирования производственной системы. Под производственной системой понимается организационно-технологическая система, включающая совокупность ресурсов (прежде всего, материальных, информационных, трудовых) и производственных (производственно-технологических) процессов. Функционирование производственной системы представлено альтернирующим процессом восстановления.

Ключевые слова: производственная система, моменты, функция распределения, вероятность безотказной работы

M.I. Lomakin, Yu.M. Niyazova, D.G. Smekalov

EVALUATION OF THE MOMENTS OF THE REMAINING OPERATING TIME OF THE PRODUCTION SYSTEM

Abstracts: The problem of estimating the highest moments of the residual operating time of the production system is considered. A production system is understood as an organizational and technological system that includes a set of resources (primarily material, information, labor) and production (production and technological) processes. The functioning of the production system is represented by an alternating recovery process.

Keywords: production system, moments, distribution function, probability of trouble-free operation

Основой промышленных предприятий являются их производственные системы. Современное понятие «производственные системы» предприятий возникло в XIX веке при промышленной революции, когда произошел переход к массовому производству от ремесленного. Возникновение этого понятия связывают с развитием капитализма и соответственно с развитием капиталистического способа произ-

водства. Исследования производственных систем стали проводиться в начале XX века Ф. Тейлором. Он предложил конкретные решения по рациональной организации производства [1]. Далее основные позиции результатов Ф. Тейлора были уточнены и развиты в исследованиях Г. Гантта, Ф. Гильберта, А. Файоля. Из отечественных ученых, занимавшихся исследованиями проблем производственных систем следует назвать имя великого русского ученого Алексея Капионовича Гастева, который заложил основы научной организации труда [2].

Несмотря на то, что производственные системы возникли достаточно давно и являются частью всех промышленных предприятий, тем не менее, понятие «производственная система» не является общепринятым и одинаково понимаемым. В настоящей статье для целей прикладных исследований под производственной системой будем понимать организационно-технологическую систему, включающую совокупность ресурсов (прежде всего, материальных, информационных, трудовых) и производственных (производственно-технологических) процессов.

Одними из важных показателей эффективности функционирования производственных систем промышленных предприятий являются показатели их надежности, в том числе показатели остаточной долговечности. Среди последних показателей наиболее часто используемым является показатель среднего остаточного времени функционирования (среднего остаточного ресурса) до возникновения предельного состояния производственной системы или ее отказа. Данный показатель является первым начальным моментом (далее — просто моментом) случайной величины — остаточного времени функционирования производственной системы.

Цель статьи определение более общих показателей долговечности функционирования производственной системы — высших моментов остаточного времени функционирования производственной системы.

В настоящей статье будем использовать основные понятия, определения и обозначения, принятые в работах по проблематике надежности, в том числе, в работах по проблематике оценки остаточного ресурса [3-6].

Производственную систему промышленного предприятия рассматриваем как организационно-технологическую систему, функционирование которой можно представить альтернирующим процессом восстановления [7], который представляет собой последовательность этапов функционирования до отказа производственной системы и последовательность этапов ее восстановлений.

Пусть ξ — время безотказного функционирования производственной системы. Под остаточным временем функционирования производственной системы сверх времени τ будем понимать длительность ее функционирования от момента τ до возникновения отказа.

Обозначим значение остаточного времени функционирования производственной системы через ξ_T , имеем

$$\xi_T = (\xi - \tau) \mid (\xi > \tau). \quad (1)$$

Величина ξ_T — условная случайная величина, $\mid$ — знак условия (это не знак деления).

Функция распределения случайной величины ξ_T определится в виде [3,4]:

$$G(t) = P(\xi - \tau < t \mid \xi > \tau) = \frac{P(t < \xi < t + \tau)}{1 - F(t)} = \frac{F(t + \tau) - F(t)}{1 - F(t)} = 1 - \frac{P(t + \tau)}{P(t)}.$$

В последнем соотношении $P(t) = 1 - F(t)$, где $F(t)$ — функция распределения времени функционирования производственной системы; $G(t)$ — функция распределения остаточного времени функционирования производственной системы.

Остаточное среднее время функционирования производственной системы определим следующим образом:

$$R(\tau) = M(\xi_T). \quad (2)$$

$M(\xi_T)$ — математическое ожидание случайной величины ξ_T .

Известно, что остаточное среднее время или первый момент остаточного времени функционирования производственной системы [5] может быть определен в виде:

$$R(\tau) = \int_0^{\infty} t dG(t) = \frac{1}{P(\tau)} \int_{\tau}^{\infty} P(t) dt. \quad (3)$$

Определим высшие моменты остаточного времени функционирования производственной системы

$$R_k(\tau) = M(\xi_T^k), \quad (4)$$

где $R_k(\tau)$ — k -й момент остаточного времени функционирования производственной системы; ξ_T^k — k -я степень случайной величины ξ_T остаточного времени функционирования производственной системы; $M(\xi_T^k)$ — математическое ожидание случайной величины ξ_T^k .

Тогда имеем

$$\begin{aligned} R_k(\tau) = M(\xi_T^k) &= \int_0^{\infty} t^k dG(t) = -\frac{1}{P(\tau)} \int_0^{\infty} t^k dP(t + \tau) = \\ &= \frac{1}{P(\tau)} \left[-t^k P(t + \tau) \Big|_0^{\infty} + \int_0^{\infty} P(t + \tau) dt^k \right] = \frac{1}{P(\tau)} \int_0^{\infty} k t^{k-1} P(t + \tau) dt. \end{aligned} \quad (5)$$

В соотношении (5) учтено, что

$$-t^k P(t + \tau) \Big|_0^{\infty} = 0. \quad (6)$$

Для большинства используемых в теории надежности распределений, например, распределений Вейбулла-Гнеденко, нормального, логнормального, усеченного нормального, соотношение (6) следует из правила Бернулли-Лопиталья (правила раскрытия неопределенностей). В общем же случае последнее соотношение может не выполняться, однако, для распределений времени безотказной работы реальных систем распределение времени их безотказной работы определено на интервале $[0, A < \infty]$, тогда соотношение выполняется всегда.

В итоге получаем следующее соотношение для высших моментов остаточного времени функционирования производственной системы:

$$R_k(\tau) = \frac{1}{P(\tau)} \int_0^{\infty} k t^{k-1} P(t + \tau) dt. \quad (7)$$

При $k=1$ соотношение (7) совпадает с соотношением (3).

В настоящей статье получено общее соотношение для высших моментов остаточного времени функционирования производственной системы. Это соотношение совпадает с известным соотношением для среднего (первого момента) остаточного времени функционирования производственной системы. Знание высших моментов остаточного времени функционирования производственной системы позволит находить гарантированные оценки вероятности ее безотказной работы [6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория организации: Учебник для вузов; под общ. ред. В.Г. Алиева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЗАО «Издательство Экономика», 2003. 431 с.
2. Гастев А.К. Как надо работать. Практическое введение в науку организации труда. М.: Экономика, 1972. 478 с.
3. Байхельт Ф., Франкен П. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход: Пер. с нем. М.: Радио и связь, 1988. 392 с.
4. Гнеденко Б. В., Беляев Ю. К., Соловьев А. Д. Математические методы в теории надёжности: Основные характеристики надёжности и их статистический анализ. Изд. 2-е, испр. и доп. М.: Книжный дом «ЛИБРИКОМ», 2012. 584 с.
5. Садыхов Г.С., Савченко В.П., Елисеева О.В. Основы оценок остаточного ресурса изделий // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Естественные науки», 2011. С. 83-99.
6. Ломакин М.И. Гарантированные оценки вероятности безотказной работы в классе распределений с фиксированными моментами // Известия АН СССР. Автоматика и телемеханика, 1990. №1. С.154-161.
7. Байхельт Ф., Франкен П. Надёжность и техническое обслуживание. Математический подход: Пер. с нем. М.: Радио и связь, 1988. 392 с.

УДК 621.311.1

Д.С. Луговкин, Г.В. Чекан

Ивановский Государственный энергетический университет

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА НА УРОВЕНЬ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ АТОМНОЙ СТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Аннотация: Приведены основные параметры реактора интегрального типа РИТМ-200Н. Рекомендован электрогенератор ТВФ-60-2 для работы в паре с ним. Обозначены особенности климата, которые позволят оценить фактический уровень безотказности системы электроснабжения ядерного реактора и сопутствующего электрооборудования.

Ключевые слова: атомная станция малой мощности, водо-водяной ядерный реактор, система электроснабжения, вероятность безотказной работы.

D.S. Lugovkin, G.V. Chekan

INFLUENCE OF FAR NORTH CONDITIONS ON THE RELIABILITY LEVEL OF ELECTRICAL EQUIPMENT AT A LOW-POWER NUCLEAR PLANT

Abstracts: the main parameters of the reactor of the integral type RITM-200N are given. The TVF-60-2 electric generator is recommended to work in tandem with it. The features of the climate are indicated, which will allow us to assess the actual level of reliability of the power supply system of a nuclear reactor and related electrical equipment.

Keywords: low-power nuclear power plant, water-water energetic reactor, power supply system, probability of failure-free operation.

Республика Саха (Якутия) — самый большой регион Российской Федерации, площадью около 3,083 млн. км², расположенный в трех часовых поясах [1]. Климат — резко континентальный, что накладывает определённый характер на температуру воздуха и продолжительность зимнего периода. Самый большой перепад температур по средним показателям в регионе, — в городе Верхоянске, — равен 62,2 °С (средняя температура января -47 °С, средняя температура июля +15,2 °С). В данном населённом пункте разница между абсолютным минимумом (-67,8 °С) и абсолютным максимумом (38 °С) равен 105,8 °С. В сочетании с низким количеством осадков (181 мм) и иными, в том числе вышеуказанными климатическими условиями, эксплуатация оборудования имеет свои особенности.

РИТМ-200Н — наземная модификация реактора интегрального типа РИТМ-200, используемого на ледоколах ЛК-60Я. Тепловая мощность установки — 190 МВт. Топливная кампания реактора — до 7 лет, что крайне удобно при использовании в районах со слабой транспортной доступностью. Первый реактор такого типа планируется возвести в посёлке Усть-Куйга в Республике Саха в 2027 году. Используемая турбоустановка — Кт-55-3.4 Уральского Турбинного Завода [2].

Данная установка лежит в основе атомной станции малой мощности, общий вид которой приведен на рисунке.

Для водо-водяного ядерного реактора РИТМ-200Н с электрической мощностью 55 МВт необходим генератор. Ближайшим генератором согласно СТО 70238424.29.160.20.005-2009 является ТВФ-60-2 (водородное охлаждение) с выходным напряжением 6,3 кВ с током статора 6850 А, соединение фаз — двойная звезда [3].

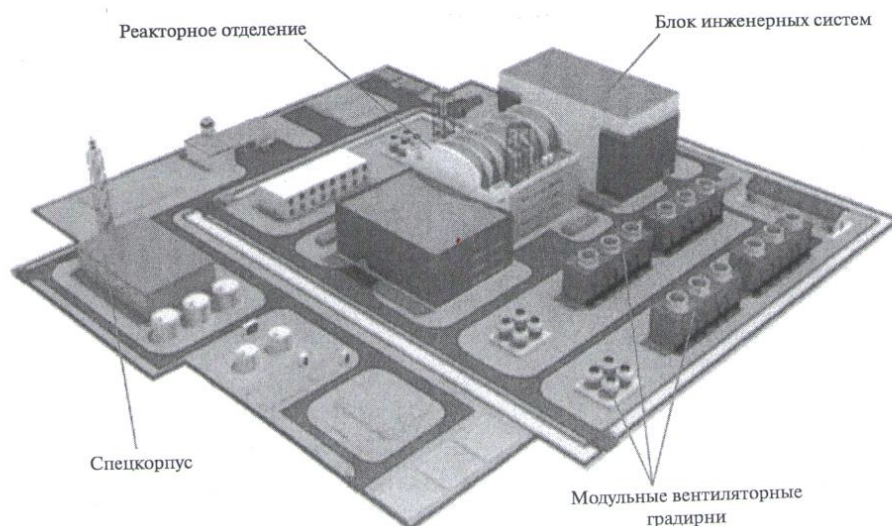


Рисунок. Общий вид атомной станции малой мощности

В связи с тем, что основные линии электропередач Якутии имеют номинальное напряжение 220 кВ, для реактора выбирается соответствующее открытое распределительное устройство (ОРУ) [4]. Предлагается использовать ОРУ 220 кВ по схеме двойная система шин с обходной.

При успешной реализации пилотного проекта в Якутии, планируется дальнейшее использование реакторов данного типа на иных труднодоступных территориях. Именно поэтому необходима надёжная работа оборудования, тем более в сложных климатических условиях, для обеспечения электроэнергией жилых районов, предприятий населённых пунктов, а также перспективных проектов тягового электроснабжения поездов в северных регионах.

Электрическая часть атомной станции малой мощности, состоящая из генератора, распределительного устройства и вспомогательного оборудования будет являться объектом исследования уровня надёжности, на который будут оказывать сильное влияние специфические условия эксплуатации.

Для нее предполагается разработка математической модели в специализированном программном комплексе и проведение серии расчетов при различных показателях надёжности оборудования [5]. Последние зависят от условий эксплуатации, что позволит оценить их влияние.

В завершении следует обратиться к выбору комплексных показателей надёжности для более глубокой проработки поставленной задачи. Поскольку основное электрооборудование атомной станции малой мощности относится к потребителям первой категории по надёжности электроснабжения, наиболее подходящим для его описания свойством, является безотказность. Поэтому самыми объективными показателями будут: среднее время наработки до первого отказа (T_0) и вероятность безотказной работы (P).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Республика Саха (Якутия). Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации // Совет Федерации Федерального Собрания Российской Федерации. [Электронный ресурс] URL: <http://council.gov.ru/services/reference/10289/> (дата обращения: 28.03.2024).
2. Петрунин В.В. Реакторные установки для атомных станций малой мощности // Вестник Российской Академии Наук, том 91, №6. М.: ООО «Объединенная редакция», 2021. С. 528-540.
3. Турбогенераторы серии ТВФ. Групповые технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования от 05.10.2009 № СТО 70238424.29.160.20.005-2009. [Электронный ресурс] URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200086650>
4. Схема ЛЭП и электроснабжения России // Схема ЛЭП и электроснабжения России. [Электронный ресурс] URL: <https://frexosm.ru/power/#7.39/58.769/125.611> (дата обращения: 28.03.2024).
5. Назарычев А.Н. Надежность и оценка технического состояния оборудования систем электроснабжения: учебное пособие / А.Н. Назарычев, Д.С. Крупнев. Новосибирск: Наука, 2020. 224 с.

УДК: 614.843.3

О.А. Малыженков, И.В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МОБИЛЬНЫЙ ДОЗАТОР

Аннотация: в статье представлено новое устройство дозирования пенообразователя, которое помогает пожарным адаптироваться к любой ситуации пожаротушения и легко устанавливается на пожарный автомобиль.

Ключевые слова: дозатор, насос, пожарный ствол, водяной привод, пена.

A MOBILE DISPENSER

Abstracts: the article presents a new innovative foaming agent dosing device that helps firefighters adapt to any firefighting situation and is easily installed on a fire truck.

Keywords: dispenser, pump, nozzles, water drive, foam.

С помощью дозатора объемного насоса с водяным приводом пожарные могут легко создать надежную систему с несколькими ручными стволами, которые легко адаптировать к различным ситуациям пожаротушения.

Это означает, что можно использовать несколько ручных стволов одновременно независимо друг от друга, быстро открывать и закрывать их с перерывами (пульсирующими) и размещать стволы на разном расстоянии и высоте от объемного дозатора с водяным приводом. Сам дозатор также может быть размещен в любом месте между основным насосом / гидрантом и стволами. Пока вода движется, пре-

вышая минимальный расход, указанный для каждого дозатора, пенообразователь точно дозируется в поток раствора пенообразователя.

Один дозатор может обеспечить работу нескольких стволов, управляемых независимо.

Дозатор объемного насоса с водяным приводом, такой как FIREMIKS, имеет существенно меньшие потери давления по сравнению с индукторами, что приводит к гораздо большей длине струи раствора пены / воды, увеличивая безопасное расстояние от очага пожара для пожарных, подачи концентрата и оборудования. Это особенно важно при крупных пожарах [1–4].

Дозатор FIREMIKS работает со всеми типами ручных пожарных стволов – например, с регулируемыми распылительными стволами, стволами нормального и высокого давления. Тип ствола не влияет на точность дозирования. Все мобильные модели FIREMIKS оснащены отдельным фильтром, устанавливаемым на входе водяного насоса, чтобы гарантировать, что в насос поступает только чистая вода.

Дозатор с водяным приводом, оснащенный поршневым насосом, обычно содержит 1 % и 3 % в качестве стандартных норм дозирования, установленных на заводе [1–4]. Доступны другие фиксированные нормы дозирования, например, 0,5 % и 2 %, а также выбираемые нормы дозирования, такие как 0,3–0 %, 6–1 % и 1–2–3 % в одной установке.

Также можно предложить мобильные дозаторы FIREMIKS с выбираемым пользователем уровнем расхода 0,5–1–3 %, доступные в двух вариантах подачи: 600 и 1000 л /мин.



Рисунок. Мобильный дозатор FIREMIKS

Такая конструкция обеспечивает компактность устройства с простыми функциями. Выбор скорости дозирования осуществляется с помощью простых в использовании запорных клапанов на головке поршневого насоса. Изменение скорости дозирования возможно без остановки подачи воды [1–4].

Последним дополнением к мобильной программе является небольшой удобный агрегат высокого давления FIREMIKS 200-0.3-0.6-0.9-PP-M-HP, рассчитанный на 50–200 л/мин и дозирование 0,3, 0,6 и 0,9 %, подходящий для работы при давлении до 30 бар.

Дозатор позволяет обеспечить восемь различных режимов подачи огнетушащих веществ – от самых маленьких агрегатов с максимальным расходом 180 л/мин до агрегатов с максимальным расходом 2400 л/мин. Устройства оснащены ручкой и нижним кронштейном или прочной окружающей рамой и, по запросу, поставляются с запирающимися колесиками.

Дозаторы FIREMIKS (см. рис.) обеспечивают точную скорость дозирования в пределах допусков, утвержденных EN, NFPA, FM и т.д., в широком диапазоне давления и расхода [4].

Любой дозатор с водяным приводом можно легко установить стационарно или мобильно в пожарных автомобилях или на прицепах, подключив к источнику пенообразователя. Основным преимуществом по сравнению с стационарными системами является более широкий диапазон рабочего давления, что позволяет избежать загрязнения водяного насоса концентратом пены. Основным преимуществом по сравнению с электронными системами является простота и то, что они не зависят от какого-либо источника электроэнергии. Еще одним преимуществом является то, что, поскольку частота вращения агрегата соответствует расходу, дозирование происходит мгновенно, даже если пожарные стволы быстро открываются и закрываются (пульсируют) [1–4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52283-2019 Техника пожарная. Насосы центробежные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. ГОСТ Р 51114-97 Установки пенного пожаротушения автоматические. Дозаторы. Общие технические требования. Методы испытаний.
3. Тербнев В.В., Ульянов Н.И., Грачев В.А. Пожарная техника. Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение. М.: Центр Пропagанды, 2007 328 с.
4. What's Next for Structural Turnout Gear? [Электронный ресурс] URL: <https://www.fireapparatusmagazine.com/ppe/what-is-next-for-structural-turnout-gear/> (дата обращения: 27.03.2024).

УДК 628.1

В.А. Малышев, А.В. Борисов

Академия гражданской защиты МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ШТАТНЫХ ВОДООЧИСТНЫХ СТАНЦИЙ И УСТАНОВОК ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ ВОДОЙ ПОСТРАДАВШЕГО НАСЕЛЕНИЯ В ВООРУЖЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

Аннотация: статья посвящена повышению надежности эксплуатации станций комплексной очистки воды при обеспечении водой питьевого качества пострадавшего населения.

Ключевые слова: станции комплексной очистки воды, ультрафильтрационные аппараты, шахтные воды, гидроциклоны, применение обратного осмоса.

V.A. Malyshev, A.V. Borisov

IMPROVING THE RELIABILITY OF MODERN FULL-TIME WATER TREATMENT PLANTS AND INSTALLATIONS WHILE PROVIDING WATER TO THE AFFECTED POPULATION IN THE ARMED FORCES

Annotation: The article is devoted to improving the reliability of operation of integrated water treatment plants while providing drinking quality water to the affected population.

Keywords: integrated water treatment plants, ultrafiltration devices, mine waters, hydro-cyclones, reverse osmosis application.

Проблема снабжения водой стоит перед человечеством с древнейших времён. Причем в процессе развития цивилизации вода используется не только для питьевых и бытовых целей, но и как мощнейшее средство развития производительных сил. В тоже время в ходе боевых действий лишение противника воды всегда являлась средством достижения победы [1, 2].

Учитывая это с началом проведения спасательной военной операции (СВО) работа основного источника водоснабжения в Донецкой народной республике (ДНР) канала Северский Донец – Донбасс была прекращена, а насосные станции отключены и заминированы. У большинства имеющихся скважин уровни воды были к минимальным и не обеспечивали потребности населения. Поэтому более года жители городов и посёлков ДНР получали не питьевую, а техническую воду в течение 2 часов один раз в три дня.

Многие предприятия переходили в режим жёсткой экономии водных ресурсов. Питьевые потребности населения решаются исключительно за счёт привозной бутилированной, получаемой гражданами в качестве гуманитарной помощи, воды либо реализуемой на розлив из автоцистерн.

Для обеспечения населения питьевой водой МЧС России направило шесть станций комплексной очистки воды (СКО) с обслуживающими расчетами: СКО-8 контейнерного типа пять ед. и одну установку СКО-10 смонтированную на автомобиле КамАЗ.

Данные средства предназначены для очистки воды от естественных загрязнений, отравляющих и радиоактивных веществ, бактериальных средств и опасных химических веществ [3] и имеют аналогичную технологическую схему работы (рис. 1).

Названные станции были развернуты на поверхностных источниках воды (небольших реках и прудах), исходная вода из них имела, как правило, высокую мутность, что при эксплуатации станций приводило к загрязнению мембран и, не смотря на увеличение их обратных промывок, снижало ресурс основных модулей обработки воды – ультрафильтрационных аппаратов и производительность станций в целом. Аналогичный недостаток выявился при попытке обработки шахтных вод, которые при водоотливе подавались на поверхность земли по трубам и сбрасывались в карьеры. При этом воды шахт и карьеров, а в особенности угольных, сильно загрязнены как механическими веществами, так и солями химических веществ, что подтверждалось данными проведенных анализов (таблица).

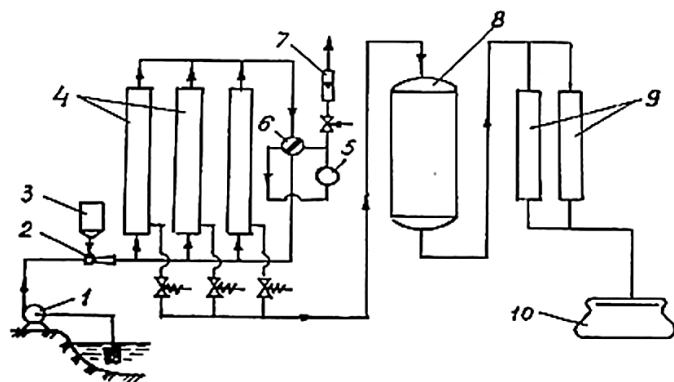


Рис. 1. Технологическая схема станции комплексной очистки воды:
 1 — выносной насос подачи воды;
 2 — эжектор; 3 — растворный бак;
 4 — блок ультрафильтрации;
 5 — циркуляционный насос;
 6 — четырехходовой кран;
 7 — ротаметр;
 8 — сорбционный фильтр;
 9 — блок бактерицидных ламп;
 10 — резервуар для очищенной воды

Таблица. Химический состав шахтных вод

Наименования показателей	Единицы измерения	Значения показателей
Жесткость	мг-экв/л	от 8,8 до 17,2
Солесодержание	г/л	от 2,0 до 5,5
Железо	мг/л;	свыше 1,0
Марганец	мг/л	свыше 0,5
Сульфаты	г/л	от 0,9 до 1,5

Вместе с тем применение станций СКО частично облегчило вопросы подачи воды питьевого качества населению ДНР.

Проведя анализ технологической схемы работы (рис. 1) станции комплексной очистки воды можно сделать вывод, что в целях повышения надежности ее элементов необходимо производить предварительную очистку исходной воды либо методом отстаивания с применением коагулянтов, либо изыскать возможность применения специальных устройств.

Предварительные расчеты показывают, что, не смотря на кажущую простоту метода предварительного отстаивания и последующего коагулирования воды, требуется специальная подготовка расчетов, дополнительное оснащение станции лабораторной посудой для подбора доз коагулянта, эшелонирования в спасательном формировании запасов реагентов, запасных резервуаров — отстойников, насосов и мотопомп. Кроме этого, как показывают расчеты, в состав комплекта средства необходимо дополнительно, как минимум, включить 3-4 резервуара — отстойника, насос или мотопомпу, запас жидкого или сухого коагулянта не менее 150 кг (как минимум на 100 часов работы), что потребует изыскания дополнительной площади для их размещения.

Наиболее приемлемым способом повышения надежности работы рассматриваемых средств является предварительная очистка исходной воды с помощью гидроциклонов (рис. 2).

Рассматривая устройство напорного гидроциклона следует отметить, что данный аппарат (рис. 2) состоит из корпуса, который имеет цилиндроконическую форму и вверху снабжен тангенциально расположенным штуцером (патрубком) для ввода исходной высокомутной природной воды, нижним штуцером для вывода осадка, а также верхним патрубком, который необходим для вывода очищенной воды.



Рис. 2. Напорный гидроциклон

Работа гидроциклонов основывается на использовании центробежной силы – силы, которая в десятки раз превосходит силу тяжести, под воздействием которых происходит осаждение взвешенных веществ в фильтрах и резервуарах-отстойниках. При этом очистка воды происходит с гораздо большей скоростью, чем отстаивание, фильтрация с применением коагулянтов. Одним из явных преимуществ очистки воды гидроциклонами считается отсутствие необходимости в использовании каких-либо дополнительных средств, вроде химических реагентов и особых типов фильтрующего материала.

Расчет гидроциклона включает в себя не только технологический расчет, но и гидравлический. В технологическом расчете определяются основные параметры гидроциклона, его производительность и характеристика сливов. Гидравлический же расчет сводится к определению перепада давления на входе и выходе аппарата.

В начале технологического расчета предполагается точно установить требования, которые предъявляются к гидроциклонам в данной операции и исходные условия их работы. В частности, применительно к станциям комплексной очистки воды, производительность должна составлять не менее 12 м³/ч, очищенная вода не должна содержать мутность, резко снижающей ресурс мембран, т.е. достигать значений, менее 60 мг/л.

Анализируя технологию работы станции комплексной очистки воды (рис.1) можно сделать вывод, что предварительная очистка воды с помощью гидроциклона должна осуществляться либо до, либо после выносного насоса 1 подачи воды.

Вместе с тем применение гидроциклонов позволит лишь сохранить ресурс ультрафильтрационных аппаратов, но не обеспечит удаление из воды высокие концентрации солей жёсткости, сульфатов и др. Единственным эффективным и отработанным методом, соответствующего СанПИН 1.2.3685-21 [4], является обратный осмос.

Данная технология применена в переносной водоочистной установке ПВУ-600 производительностью до 600 л/ч и в станции комплексной очистки воды СКО - 10/5, производительностью по очистке воды 10 м³/ч и по опреснению 5 м³/ч.

В целом доукомплектование станций комплексной очистки СКО-8 и СКО-10 резервуарами РДВ-5000 или применение гидроциклонов для предварительной очистки воды от взвешенных частиц позволит существенно повысить надежность станций за счет сохранения установленного ресурса ультрафильтрационных аппара-

тов и несколько увеличить производительность станций из-за уменьшения частоты промывки этих аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Иванеев С.А. Проблемы водоснабжения войск в условиях чрезвычайного положения // Журнал Армейский сборник. 2012. №1. С 43-46.
2. Прямыцын В.Н., Чертов В.В. В боевой обстановке войска готовы пить любую воду // Военно-исторический журнал. 2019. № 1. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/v-boevoy-obstanovke-voyska-zachastuyu-gotovy-pit-lyubuyu-vodu-istoriya-vodosnabzheniya-v-otechestvennyh-vooruzhyonnyh-silah/viewer/>. (дата обращения: 12.03.2024)
3. ЗАО «Полимерфильтр». Станция комплексной очистки воды производительностью 10 м³/час: М., 2021 г. [Электронный ресурс] URL: <http://www.polymerfilter.ru/products/sko/sko10-1/>. (дата обращения: 22.01.2023).
4. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 г № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

УДК 614.84

В.А. Малышев, А.В. Борисов

Академия гражданской защиты МЧС России

РЕМОНТНО-ЭВАКУАЦИОННАЯ МАШИНА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, РЕМОНТА И ЭВАКУАЦИИ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: статья посвящена обоснованию выбора средств для устранения отказов и проведения ремонтно-восстановительных работ пожарной и аварийно-спасательной техники в ходе аварийно-спасательных работ или в местах ее эвакуации.

Ключевые слова: отказы пожарной техники, машины технической помощи, ремонт и эвакуация неисправных пожарных машин, отказы пожарной техники.

V.A. Malyshev, A.V. Borisov

REPAIR AND EVACUATION MACHINE FOR MAINTENANCE, REPAIR AND EVACUATION OF FIRE FIGHTING EQUIPMENT

Abstracts: the article is devoted to the justification of the choice of means for eliminating failures and carrying out repair and restoration work of fire and rescue equipment during emergency rescue operations or in the places of its evacuation

Keywords: failures of fire fighting equipment, technical assistance machines, repair and evacuation of faulty fire fighting equipment failures

От технического состояния агрегатов, узлов, систем и механизмов пожарно-спасательной техники в мирное и военное время зависит качество и своевременность выполнения аварийно-спасательных и других неотложных работ (далее — АСДНР).

Специфика выполнения этих работ сопряжена с тяжелыми условиями их эксплуатации машин и оборудования, требует повышения эффективности их использования и возможным исключением отказов как базовых шасси, так и специального оборудования особенно в ходе проведения АСДНР.

Изучение и анализ материалов научных исследований [1, 2] позволил сделать вывод, что число отказов основных пожарных автомобилей по базовому шасси составляет — от 30 до 57 % от общего числа отказов, а по пожарной надстройке соответственно — до 43 %. В общем числе отказов двигателя преобладают отказы системы питания (34 %) и системы охлаждения (21,83 %), кривошипно-шатунного механизма и механизма газораспределения (26,4 %). Увеличение отказов в большинстве случаев вызывается и тенденцией старения пожарной техники, а ее эксплуатация в условиях работы как на пожарах в городской застройке, так в регионах Крайнего Севера и Арктической зоны, негативно сказывается на реализации потенциальных свойств пожарного автомобиля и надежности, требует проведения ремонтно-восстановительных работ на месте либо эвакуации его к местам проведения ремонта.

Возрастающее число аварий на потенциально-опасных объектах и районов бедствий от природных явлений и катастроф предопределяет необходимость разработки, производства и использования средств проведения ремонтно-восстановительных работ, основанных на разных принципах (способах) их применения, в зависимости от назначения, класса грузоподъемности или полной массы объекта эвакуации.

Учитывая, что пожарная и аварийно-спасательная техника выполнена на базовых шасси серийных автомобилей и она оснащена специальным оборудованием, предназначенным для тушения пожаров и проведения АСДНР, подвижные мастерские технического обслуживания и эвакуации должны отвечать следующим требованиям:

- иметь высокие средние скорости движения, проходимость, маневренность и достаточный запас хода и минимальное время на развертывание и свертывание;
- обладать высокой надежностью;
- обладать высокой производительностью, целесообразной унификацией и универсальностью оборудования, приспособлений и инструмента;
- обеспечивать условия для высококачественного выполнения работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту машин;
- иметь оборудование, простое по конструкции, малогабаритное, легкое, несложное в обслуживании, наладке и работе.

В настоящее время наибольшее распространение получил такой метод, как перевозка необходимого инструмента и оборудования «россыпью» на транспортных автомобилях и прицепах, с последующим применением его на месте нахождения неисправных машин.

К сожалению, передвижные ремонтные мастерские для устранения отказов на месте нахождения неисправных машин и эвакуации техники в структуре пожарно-спасательных организаций отсутствуют. Вместе с тем, в научных исследованиях и специальной литературе [3, 4] неоднократно поднимались вопросы создания машин технической помощи (ремонтных мастерских, летучек) и даже предлагались варианты их оснащения инструментом и имуществом.

Обзор предлагаемых вариантов передвижных ремонтных мастерских показал то, что они требуют соответствующего обоснования, доработки, подбора комплекта технологического оборудования и его размещения на базовом шасси. Более того представляется необходимым учесть, что в комплекты технологического оборудования и ремонтного фонда (запасных частей) должны входить соответствующие, наиболее часто выходящие из строя, детали для различного типа базового колесного шасси отечественного производства (ЗИЛ, ГАЗ, Урал, КамАЗ и др.) и иномарок, а также для пожарной надстройки.

Анализ информации, полученной от Главных управлений МЧС России субъектов Федерации и спасательных воинских формирований, позволил определить перечень необходимого оборудования для оснащения передвижных ремонтных мастерских.

В состав оборудования передвижных ремонтных мастерских для восстановления базовых шасси и пожарной надстройки на местах выхода их из строя и эвакуации признано целесообразным иметь тяговые лебедки, транспортное оборудование для эвакуации колесной автомобильной техники с поврежденными ходовой частью и рулевым управлением, устройства для транспортирования машин методом «полупогрузка», приспособления для буксирования машин, верстаки с тисками, газосварочное оборудование, сварочный полуавтомат, заточной и сверлильный станки, контейнеры с инструментом, материалами, запасными частями и оборудованием, емкости под топливо, масла и специальных жидкостей для дозаправки машин, грузоподъемное оборудование в виде гидравлического крана манипулятора, устройства для аварийного запуска двигателей машин и другое оборудование.

Размещение основного оборудования для ремонта, верстаков, станков и контейнеров с инструментом, материалами, запасными частями целесообразно осуществлять в рабочем отсеке. Кроме этого, должны быть предусмотрены места для укладки комплектов гидравлического аварийно-спасательного инструмента.

Следует отметить, что в свое время на Мытищинском приборостроительном заводе в соответствии с Планом научно-технической деятельности МЧС России на 2011–2013 годы, был изготовлен опытный образец передвижной мастерской технического обслуживания и ремонта пожарной техники, пожарного и аварийно-спасательного оборудования [4, 5] (рис. 1).



Рис. 1. Передвижная мастерская технического обслуживания и ремонта пожарной техники «Аварийная техническая служба АТС»

Однако данная мастерская оказалась востребована не в полной мере.

Корпорацией «Проект-сервис» налажено производство значительной по составу линейки автономных многофункциональных средств, успешно используемый как в Вооруженных силах, так и в гражданском секторе машин технической помощи (МТП) [6], модели которых могли быть включены в структуры организаций МЧС России после некоторой дополнительной оснастки.

Однако в настоящее время технические возможности МТП являются недостаточными и потребовали модернизации. Одним из недостатков можно назвать отсутствие основного или резервного источника электроэнергии переменного тока для освещения или электроснабжения оборудования, а также для использования в качестве сварочного аппарата и рабочего отсека, располагаемого в кузове - фургоне.

Вместе с тем, заводы корпорации «Проект-сервис» освоили серийное производство уже востребованных новых моделей аварийно-восстановительных мастерских, летучек и машин технической помощи МТП.

Указанные машины технической помощи предназначены для обеспечения и поддержания подвижности автомобильной, в том числе и военной, техники путем оказания непосредственной технической помощи водителям (механикам-водителям) машин в устранении незначительных повреждений и отказов, дозаправке (при необходимости) топливом, маслами и специальными жидкостями, а также для вытаскивания застрявших и транспортирования поврежденных машин.

Предлагаемые машины технической помощи имеют транспортное оборудование для перевозки машин в полупогруженном положении и двойные жесткие буксиры (рис. 2).

На платформе базового шасси размещаются комплекты технологического оборудования и ремонтного фонда (запасных частей) для замены или ремонта деталей различного типа базового колесного шасси отечественного производства (ЗИЛ, ГАЗ, Урал, КамАЗ и др.).



Рис. 2. Машина технической помощи МТП-А2М.2.

Изучение линейки продукции НПО «Проект-Техника» специалистами в области эксплуатации пожарно- и аварийно-спасательной техники позволило выделить средство ремонта и эвакуации нового поколения, которое уже нашло применение в спасательных воинских формированиях, такое как ремонтно-эвакуационная машина колесная легкая (РЭМ-КЛ) на шасси Урал-532362 (рис.3).

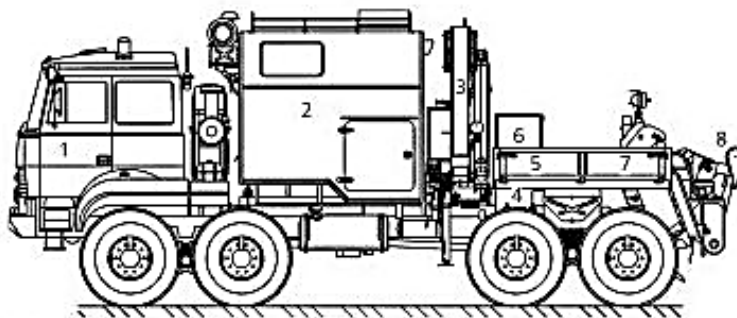


Рис. 3. Ремонтно-эвакуационная машина колесная легковая (РЭМ-КЛ):
1 — базовое шасси Урал 532362-0001042; 2 — кузов-фургон (рабочий отсек);
3 — кран-манипулятор ИМ-95; 4 — надрамник; 5 — грузовая платформа;
6 — электроагрегат; 7 — лебедка; 8 — транспортное устройство

Основным назначением машины является не только оказание помощи водителям в восстановлении неисправного состояния колесного базового шасси и его эвакуации, но и позволяет применить данную РЭМ в принятии в восстановительных работах, поскольку в рабочем отсеке размещены станки, контейнеры с запасными частями, оборудование для диагностирования неисправностей и их устранению, а на платформе дополнительно размещено гидравлическое оборудование (разжим-кусачки, домкрат двойного действия, гайкорез, ручной насос), которое можно применять в ходе проведения АСДНР.

В случае дополнительного размещения частично в рабочем отсеке и частично на грузовой платформе контейнеров с запасными частями для ремонта пожарных насосов, мотопомп, бензопил, бензорезов, мотоперфораторов, а также гидравлического аварийно-спасательного оборудования. пожарных рукавов, рукавных задержек, пожарных разветвлений, стволов пожарных, генераторов пены и т.д.).

Результаты экспертного опроса специалистов подтверждает целесообразность выбора РЭМ-КЛ, которая после некоторой дополнительной комплектации может быть принята на снабжение и использована как передвижная ремонтно-эвакуационная машина пожарно- и аварийно-спасательных формирований МЧС России.

Модернизация подвижных ремонтных мастерских, дополнительная комплектация пожарно-техническим оборудованием и применение их в качестве эвакуационной техники позволит обеспечить:

повышение эффективности ремонта на месте выхода пожарно-спасательной техники эвакуации с места выполнения работ в безопасное место либо к месту дислокации спасательного формирования;

сокращение времени, в течение которого механизмы в случае отказов приводятся в работоспособное состояние.

Таким образом, на современном этапе развития пожарной и спасательной техники подвижные ремонтные комплексы позволяют выполнить ремонт различной сложности за небольшие промежутки времени.

В то же время, следует заметить, что создание нового образца ремонтно-эвакуационных мастерских особенно по каждому из видов пожарно- и аварийно-спасательной спасательной техники экономически не выгодно поскольку приводит к значительным материальным затратам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зудов Г.Ю., Буслаева И. И., Лебедев М.П., Левин А.И. Работоспособность автомобиля КАМАЗ в условиях криолит зоны. // Вестник ИргТУ. 2018. № 10. С 166-177. [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rabotosposobnost-avtomobilya-kamaz-v-usloviyah-kriolitozony> (дата обращения 11.03 2024)
2. Киселев В.В. Обзор статистических данных по отказам узлов пожарных автомобилей// Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России/ NovaInfo 57. 2016 г. С. 49-52. [Электронный ресурс] URL: <https://novainfo.ru/article/10024> (дата обращения 11.03 2024 г.)
3. Видоменко Н.В. Подвижные средства технического обслуживания пожарных машин // Международный научный журнал «Вестник науки». 2024. № 2 (71) Том 3. С. 609-615. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/podvizhnye-sredstva-tehnicheskogo-obsluzhivaniya-pozharnyh-mashin/viewer> (дата обращения 11.03 2024 г.)
4. Чепрунов О.Е. Проблемы совершенствования производственное технологической базы материально-технического обеспечения гарнизона государственной службы по обслуживанию и ремонту пожарной техники// Наукосфера. 2021. № 1. С. 156-161. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=wjcumi> (дата обращения 19.02.2024 г.)
5. Сычев С.А., Зарубин В.П. Возможность использования передвижной мастерской для проведения технического обслуживания и ремонта пожарной техники // Сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2017 г. С. 240-242 [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=zcbcmd> (дата обращения 11.03 2024 г.)
6. Подвижные средства технического обслуживания, ремонта и эвакуации. Каталог М.: корпорация «Проект-техника», 2024 г. [Электронный ресурс] URL: <https://www.prt.ru/catalog/podvizhnye-sredstva-tekhicheskogo-obsluzhivaniya-remonta-i-evakuatsii/> (дата обращения 12.03 2024 года).

УДК 351.861; 614.8

В.А. Малышев, А.В. Борисов, О.Н. Михайлин

Академия гражданской защиты МЧС России

ВЫБОР БАЗОВОГО ШАССИ ПОД МОНТАЖ ОБРАЗЦОВ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: в статье приводятся требования руководства Российской Федерации по оснащению новыми образцами спасательной техники, проведен анализ отечественных научных исследований и разработок новых образцов с оценкой возможности их использования в качестве базовых шасси в перспективных образцах аварийно-спасательной техники.

Ключевые слова: критерии выбора базовых шасси, основные методы подбора, образцы базовых шасси.

V.A. Malyshev, A.V. Borisov

Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia

SELECTION OF THE BASE CHASSIS FOR MOUNTING SAMPLES EMERGENCY RESCUE EQUIPMENT

Abstract: the article presents the requirements of the leadership of the Russian Federation for equipping new models of rescue equipment, analyzes domestic scientific research and development of new samples with an assessment of the possibility of their use as basic chassis in promising models of rescue equipment

Keywords: criteria for the selection of basic chassis, basic selection methods, samples of basic chassis

Ежегодно МЧС России сталкивается с ростом возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, что предопределяет необходимость поддержания высокого уровня готовности сил и средств аварийно-спасательных формирований за счет применения современной и перспективной техники, увеличения ее эффективности и производительности, своевременной доставки спасателей к месту аварийно-спасательных работ, спасания людей, материальных ценностей и природных богатств.

На расширенном заседании коллегии МЧС Президент России В. В. Путин 17 февраля 2022 г поставил задачу к 2030 году в ведомстве довести долю новой спасательной техники до 81 %, а пожарных автомобилей – не менее 56 % [1].

На практике в силовых структурах под новым образцом принято считать, что это впервые созданный или созданный взамен предшествующего высокоэффективный образец техники с гораздо лучшими качественными показателями, полностью удовлетворяющими перспективным общим техническим требованиям (ОТТ) с упреждением на 10–15 лет, не уступающий по техническим характеристикам перспективным зарубежным аналогам и имеющий значительный запас технического ресурса и срока службы. В значительной степени это относится и к развитию военной автомобильной техники (ВАТ), которая применяется в качестве базового шасси под монтаж вооружения и военной техники.

При этом, стержневым руководящим документом реализации единой военно-технической политики в области развития военной автомобильной техники (ВАТ), к которым относятся автомобили, тракторы, колесные и гусеничные тягачи, боевые машин, и определяющим перспективы ее развития на последовательные планируемые периоды является Типаж военной автомобильной техники для силовых структур [3, 4].

Предполагается после 2025 года переход к одномарочности и унификации образцов грузовой автомобилей с увеличением грузоподъемности, многотопливные силовые установки, бортовые информационно-управляющие системы (БИУС), более современную трансмиссию и ходовую часть. Это, в свою очередь, требует осуществить выбор базового шасси к новым, разрабатываемым, образцам аварийно-спасательной техники.

Законодательным актом по выбору базового шасси для вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) в силовых структурах являлось Руководство по применению бронетанковых и автомобильных базовых шасси под монтаж вооружения и военной техники, утвержденное и введенное в действие приказом Министра обороны Российской Федерации от 24.12. 1997 года № 483. К сожалению, данный приказ в настоящее время отменен.

Однако основными принципами определения перспектив оснащения формирований МЧС России современными средствами по-прежнему остаются качественные характеристики базовых шасси автомобильной и гусеничной техники, обусловленных прогнозируемыми условиями ее использования, которые должны полностью удовлетворять требованиям установленного на его платформе специального оборудования.

Следует отметить, что в практике выбора базовых шасси, как правило, применяются математические и экспертные методы оценки представленных образцов техники. При этом некоторые методы трудоемки, обладают низкой достоверностью поскольку учитывают ограниченное количество показателей ее качества.

Анализ опыта применения аварийно-спасательных машин, находящихся на оснащении спасательных формирований, в условиях чрезвычайных ситуации позволил сформулировать основные направления совершенствования базовых шасси аварийно-спасательной техники [4]:

- высокая надежность конструкции при низкой себестоимости производства и эксплуатации;
- обеспечение работоспособности базового шасси в условиях действия различных поражающих факторов;
- оптимальное сочетание тягово-скоростных, тормозных свойств, плавности хода, подвижности и проходимости, устойчивости движения и управляемости;
- повышение показателей проходимости, обеспечиваемую конструкцией машины и характеризующее возможность движения по дорогам и вне дорог с заданной и максимальной скоростями;
- простая и компактная конструкция базового шасси, массово-габаритные параметры, в том числе: габаритные размеры образца, удельную грузоподъемность, размеры грузовой платформы, монтажные размеры и другие;
- минимальная масса и габариты при сравнительно большом коэффициенте грузоподъемности;
- автономность по топливу, быстроходность и легкость управления;

- минимальные объемы работ по техническому обслуживанию;
- комфортабельность шасси для водителя, экипажа и личного состава, безопасность в эксплуатации, удобство ремонта, уровень шума и вибрации, удобство транспортировки, минимальное количество операций при подготовке их к использованию и др.

В ряде работ [5, 6] предложены модели оценки качества шасси на стадиях производства и эксплуатации с учетом параметров окружающей среды и интервала жизненного цикла изделия.

В качестве основного критерия оценки сравнения и выбора лучшего образца базового шасси принято считать степень обеспечения требуемого уровня качества, под которым понимается совокупность свойств продукции, определяющих степень пригодности для монтажа специального оборудования и использования по назначению.

Качество должно оцениваться по некоторому множеству характеристик [4] совокупности свойств продукции (параметрам: назначения; подвижности; транспортабельности; надежности; технологичности; живучести; готовности; с учетом климатических и др. природных факторов; специальных требований спасательных воинских формирований (СВФ) МЧС России. Полученные значения характеристик сводятся к одному обобщающему показателю, который представляет собой функцию от единичных показателей характеризующую однородную группу свойств, и определяет степень пригодности образца для монтажа специального оборудования и его использования по назначению.

При этом необходимо учитывать, что комплексные групповые оценки, образующие интегральный показатель, требуют проводить с применением весовых коэффициентов.

Среди различных методов наиболее разработанными и апробированными во многих областях техники являются методы комплексных, называемые также некоторыми авторами методами квалиметрической экспертизы [8], основанные на применении комплексного (обобщенного) показателя, который представляет собой функцию от единичных показателей. Обобщенный показатель представляет собой функцию, зависящую от единичных показателей, которые характеризуют однородную группу свойств. Определение значений показателей может как математическим, так и экспертными методами.

Схематически это можно представить так, что качество как отдельное комплексное свойство продукции рассматривается сначала на начальном (нулевом) уровне иерархической системы (дерева) свойств (рис. 1). И по мере поступления информации о конкретной продукции число уровней постепенно возрастает.

На нулевом уровне дерева расположена главная цель, которая заключается в определении качества конкретного автомобильного шасси.

На первом уровне данная цель конкретизируется и рассматриваются конструктивные и эксплуатационные свойства шасси. В дальнейшем каждые из выше указанных свойств уточняются (второй уровень) в соответствии с требованиями Заказчика по выбору образца аварийно-спасательной техники [9, 10, 11]. В частности, конструктивные свойства могут включать взаимосвязанные по целевому назначению функциональные элементы (имеется в виду шасси, двигатель, грузоподъемность); блочно-модульное исполнение образца; надежность. Что касается эксплуата-

ционных свойств то они конкретизируются отдельно на свойства шасси, как связанные, так и не связанные с движением изделия.

На следующих уровнях (третий и последующие) детально конкретизируются и раскрываются вышеназванные свойства и требования.

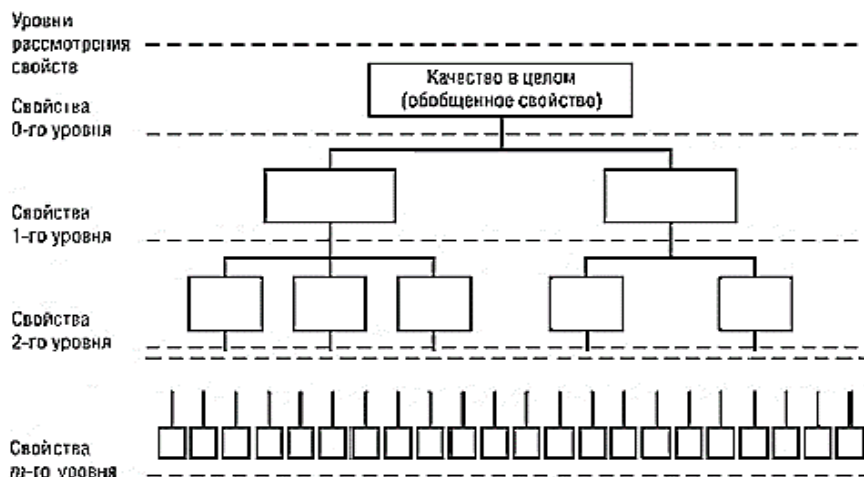


Рис. 1. Дерево свойств для оценки качества образцов автомобильной техники

В квалиметрии оценка качества продукции также предполагает проведение экспертного опроса использование мнений специалистов. При этом члены группы экспертов независимо один от другого выставляют определенные оценки каждому из заранее разработанных показателей оцениваемого образца шасси, применяемого по одному назначению. Таким образом, производится количественная оценка качества этой продукции.

Объективность результатов экспертизы зависит от наличия достоверной информации об оцениваемых образцах изделий, правильности, простоты и однозначно составлении анкеты, ее соответствия разработанному дереву свойств рассматриваемого образца, состава экспертной группы. Причем количество экспертов в группе зависит от целей и необходимой достоверности оценки, а также трудоемкости экспертных работ.

В ходе выполнения научно-практической работы [4] была создана экспертная группа в составе 5-ти специалистов и по данным открытой печати изучены транспортно-технологические машины основных производителей Российской Федерации, проведен анализ отечественных научных исследований и разработок, новых образцов с оценкой возможности их использования в качестве базовых шасси в перспективных образцах аварийно-спасательной техники в системе МЧС России.

В ходе выполнения НПР [4,9] были определены наиболее вероятные образцы базовых шасси аварийно-спасательной техники в перспективе после соответствующей доработки.

Одной из выносливых и неприхотливой в обслуживании моделей высокой ремонтпригодностью и относительно большой грузоподъемностью является автомобиль КАМАЗ-43118 (производитель ПАО «КАМАЗ»).

Полноприводное шасси КАМАЗ-43118 (рис. 2) может применяться в качестве монтажной базы автобусов, автокранов; топливозаправщиков, пожарных автомобилей, тягачей и в составе автопоезда с прицепом-ропуском.

Для доставки спасателей к местам проведения АСДНР, а также использования при выполнении ремонтных и аварийно-спасательных работ на нефти - газопроводах, линиях электропередач и др. объектах в том числе и для условий Крайнего Севера, в степи и тундровых зонах (рис. 3).



Рис. 2. Грузовой автомобиль КАМАЗ-43118



Рис. 3. Новейший полноприводный вахтовый автобус-вездеход КАМАЗ-6250

Кузов имеет силовой каркас, сваренный из стальных труб, и внешнюю облицовку из композитов. В салоне вместимостью 32 пассажира установлены современные комфортабельные сиденья. Комфортные условия обеспечивают кондиционер и дополнительный отопитель, а удобная посадка и высадка людей за счёт автоматической выкатной подножки.

Для доставки спасателей к местам проведения АСДНР, использования в качестве как базового шасси для монтажа автокранов, экскаваторов и другой техники МЧС России может найти применение Российский крупнотоннажный грузовой автомобиль Урал NEXT (производитель – Автомобильный завод Урал) (рис. 4).

На шасси Урал NEXT разработано и предлагается несколько модификаций грузовых автомобилей и спецтехники с колесной формулой 4×2; 4×4; 6×2; 6×4; 6×6.

Предполагается, что автомобиль будет выпускаться в нескольких модификациях таких, как: седельный тягач, самосвал, тентовая платформа, автокран и другие образцы специальной техники. Для доставки спасателей к местам проведения АСДНР и использования при выполнении ремонтных и аварийно-спасательных работ на нефти - газопроводах, линиях электропередач и др. объектах в условиях Крайнего Севера, в степи и тундровых зонах могут найти применение двухзвенные транспортеры ДТ-10ПМ, ДТ-20ПМ, ДТ-30ПМ (производитель Ишимбайский завод транспортного машиностроения). Данная техника относится к принципиально новому типу быстроходных транспортных средств – сочлененным гусеничным машинам, сочетающим большую грузоподъемность и грузоместимость с высокими показателями проходимости и маневренности в особо тяжелых дорожных и климатических условиях (рис. 5)



Рис. 4. Российский крупнотоннажный грузовой автомобиль Урал NEXT



Рис. 5. Двухзвенные транспортеры ДТ-10ПМ, ДТ-20ПМ, ДТ-30ПМ

Семейство двухзвенных гусеничных транспортеров обладает высокой проходимостью во все времена возможностью эксплуатации при температуре окружающего воздуха от минус 45 °С до 40 °С и преодолению водных преград без специальной подготовки.

Плавающее транспортное средство высокой проходимости гусеничный снегоболотоход ТТМ-5906 (рис. 6) предназначено для перевозки различных грузов, буксировки прицепов массой до 5,5 т и других транспортных работ преимущественно в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока (Производитель — Нижегородский ООО «НПО «Транспорт»).

Данное средство может являться средством спасения материальных ценностей и людей при наводнениях и как базовое шасси для образцов спасательной техники.



Рис. 6. Плавающее транспортное средство высокой проходимости гусеничный снегоболотоход ТТМ-5906

Снегоболотоход ТТМ-5906 рассчитан на эксплуатацию (при безгаражном хранении) в условиях бездорожья, включая снежную целину, сыпучие пески и болота всех типов с преодолением на плаву водных преград, допускается применение водометного движителя.

Вместе с тем выбор базового шасси под конкретный образец аварийно-спасательной техники зависит в значительной степени от весовых и габаритных показателей монтируемого рабочего оборудования и требует подбора базового шасси к каждому образцу.

Таким образом, представляется целесообразным ограничение номенклатуры (сокращение количества типов) базовых образцов современных транспортных средств, предназначенных для эксплуатации, путем осуществления процедуры отбора на основании объективных критериев оценочных показателей (параметров качества транспортного средства), разработанных соответствующими организациями.

В этой связи было бы целесообразным, прежде всего с экономической точки зрения, остановиться на выборе базовых шасси основными заказчиками ВВСТ, в частности, Министерству обороны и Национальной гвардии России. Тем более данное Министерство обороны имеет огромный опыт в рассматриваемом направлении, а также в создании инфраструктуры по эксплуатации, ремонту и обслуживанию техники в различных климатических условиях и может осуществлять подготовку соответствующих специалистов.

Для ускорения работ целесообразно по ряду наиболее приоритетных машин, отобранных Министерством обороны России, запланировать проведение НИОКР. Для уточнения общей компоновки, конструктивных параметров, эксплуатационных показателей и выполнения исследований необходимо организовать испытания опытных образцов колесных и гусеничных машин в различных регионах с разными природно-климатическими условиями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реформа МЧС: Владимир Путин поставил перед ведомством 5 приоритетных задач [Электронный ресурс] URL: <https://sakhalinmedia.ru/news/1240836/> (дата обращения: 3.10.2023 г).
2. Буренок В.М., Дурнев Р.А., Крюков К.Ю. Образец техники: устаревший, современный или перспективный // Вооружение и экономика электронный научный журнал, 2017. № 5 (42). С. 5-15. [Электронный ресурс] URL: <http://www.viek.ru> (дата обращения 22.01.2024 г)
3. Филин О. А. Основные аспекты модернизации образцов вооружения, военной и специальной техники как сложных технических систем // Молодой ученый. 2020. № 41 (331). С. 34-39. [Электронный ресурс] URL: <https://moluch.ru/archive/331/74090/> (дата обращения: 22.01.2024).
4. Анализ отечественных научных исследований и разработок новых образцов транспортно-технологических машин // Отчет о научно-практической работе. АГЗ. 2023. 61 с.
5. Костров Б.В. Суменкова Н.А. Математическая модель для оценки качества автомобильных базовых шасси // Известия тульского государственного университета. 2018. № 2. С.366-374. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=yxjdek> (дата обращения: 3.10.2023 г).
6. 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(104). С. 120-123 [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-metoda-kompleksnogo-sravneniya-obektov-avtobronetankovoy-tehniki-na-etape-proektirovaniya/viewer> (дата обращения: 22.01.2024).
7. Мазунова Л.Н., Беляков В.В., Макаров В.С., Бушуева М.Е., Ерофеева Л.Н., Аникин А.А., Наумов. Сравнительный анализ методов многокритериальной оценки конкурентноспособности и подвижности автотракторной техники с учетом весовой значимости характеристик. // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2022. № 1 (136). С.125-136. [Электронный ресурс] URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48184057> (дата обращения: 29.01.2024).]
8. Жданко, Д. А. Методы оценки технического уровня машин и оборудования: учебное пособие / Д. А. Жданко, Т. А. Непарко. Минск: БГАТУ. 2022. – 112 с. URL: https://www.bsatu.by/sites/default/files/field/publikatsiya_file/metody-ocenki-tehnicheskogo-urovnya-mashin-i-oborudovaniya.pdf (дата обращения: 22.01.2024).

9. ГОСТ р 22.9.24 2014. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Машины аварийно-спасательные. Классификация. Общие технические требования. [Электр. ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293768/4293768047.pdf> (дата обращения: 25.09.2023 г)

10. Васильченко В.Ф., Ивченко Д.И., Андреев М.В. Боевые свойства как основа для обоснования тактико-технических требований к военной автомобильной технике // Известия ТулГУ. 2021. № 3. С. 160-169. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/boevye-svoystva-kak-osnova-dlya-obosnovaniya-taktiko-tehnicheskikh-trebovaniy-k-voennoy-avtomobilnoy-tehnike/viewer> (дата обращения: 22.01.2024).

11. Малышев В.А., Борисов А.В. О выборе образцов наземных гусеничных транспортных средств для оснащения аварийно-спасательных формирований, расположенных в районах Арктики // Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции 15 апреля 2021 г. ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С 93-101.

УДК 621.311.22

Д.И. Менделеев, А.А. Потапов

АО «Татэнерго» филиал «Казанская ТЭЦ-2»

ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАПОРНОЙ И РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ НА ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Аннотация: в условиях повышенных требований к надежности работы в рамках эксплуатации промышленного оборудования необходимо подходить к этому вопросу более тщательно. Даже маленькие детали в общем процессе имеют значительную роль, как, например, запорная и регулирующая арматура. В данной статье рассмотрены нюансы технического обслуживания, правильной настройки и эксплуатации, которые влияют на надежность и стабильность работы энергетического объекта.

Ключевые слова: запорная арматура, регулирующая арматура, надежность эксплуатации, теплоэлектростанция, промышленное оборудование, эксплуатация теплоэлектростанций.

D.I. Mendeleev, A.A. Potapov

JSC «Tatenergo» branch Kazan Thermal Power Station-2

ISSUES OF OPERATION OF SHUT-OFF AND CONTROL VALVES AT THERMAL POWER PLANTS

Abstracts: In conditions of increased requirements for operational reliability during the operation of industrial equipment, it is necessary to approach this issue more carefully. Even small parts play a significant role in the overall process, such as shut-off and control valves. This article discusses the nuances of maintenance, proper configuration and operation, which affect the reliability and stability of the operation of an energy facility.

Keywords: shut-off valves, control valves, operational reliability, thermal power plant, industrial equipment, operation of thermal power plants.

Запорная и регулирующая арматура играют ключевую роль в работе теплоэлектростанций, обеспечивая надежное и эффективное функционирование системы. Эти устройства предназначены для контроля потока рабочей среды, регулирования давления и температуры, а также обеспечения безопасности оборудования [1–3].

Одним из основных нюансов эксплуатации запорной и регулирующей арматуры на теплоэлектростанциях является правильное и своевременное техническое обслуживание. Регулярная проверка состояния арматуры, ее чистка, смазка и замена изношенных деталей позволяют предотвратить возможные аварийные ситуации и обеспечить бесперебойную работу оборудования.

Также важным аспектом является также правильная настройка регулирующих устройств для оптимального контроля параметров рабочей среды. Неправильная настройка может привести к неэффективной работе системы, излишнему расходу энергии или даже повреждению оборудования.

Еще одним важным моментом является обучение персонала по правилам эксплуатации запорной и регулирующей арматуры. Работники должны знать, как правильно использовать устройства, как проводить проверку и обслуживание, а также как реагировать на возможные аварийные ситуации [4–6].

Выход из строя запорной и регулирующей арматуры на теплоэлектростанциях может иметь серьезные последствия, включая:

1. Потерю контроля над потоком рабочей среды, что может привести к аварийной ситуации и повреждению оборудования.
2. Нарушение технологического процесса и снижение эффективности работы системы, что может привести к ухудшению производительности и повышению энергопотребления.
3. Возможность утечки рабочей среды, что может представлять опасность для персонала и окружающей среды.
4. Нарушение стабильности работы теплоэлектростанции и возможность простоя оборудования, что приведет к финансовым потерям и снижению производительности.

Причины выхода из строя запорной и регулирующей арматуры могут быть разнообразными, включая:

1. Износ и коррозия материалов из-за длительной эксплуатации или недостаточного обслуживания.
2. Неправильная установка или настройка арматуры.
3. Механические повреждения, например, из-за ударов или вибрации.
4. Недостаточное смазывание или загрязнение элементов арматуры.
5. Неправильное использование или эксплуатация устройств.
6. Несоответствие рабочих параметров арматуры требованиям технологического процесса.

Арматура подразделяется на запорную (рис. 1) и регулирующую (рис. 2). Запорная арматура обычно находится в положении «Открыто» или в положении «Закрыто». Переключается такая арматура редко, и используется для достижения конечных положений. Время нахождения в этих крайних положениях может составлять от нескольких минут до нескольких месяцев. Управление происходит через бинарный сигнал ОТКРЫТЬ либо ЗАКРЫТЬ. Такой режим работы называется режимом «Открыть – Закрыть.»

Регулирующая арматура может находиться в любом заданном положении, которое может быть настроено за короткий промежуток времени. Управление положением арматуры происходит, например, через сигнал 4–20 мА, временной интервал между срабатываниями составляет всего несколько секунд. Количество пусков и режим работы электродвигателя. Работая в режиме регулирования или в режиме «Открыть – Закрыть», привод подвержен определенным механическим нагрузкам, специфическим для данного конкретного режима, что необходимо учитывать при выборе типа привода.

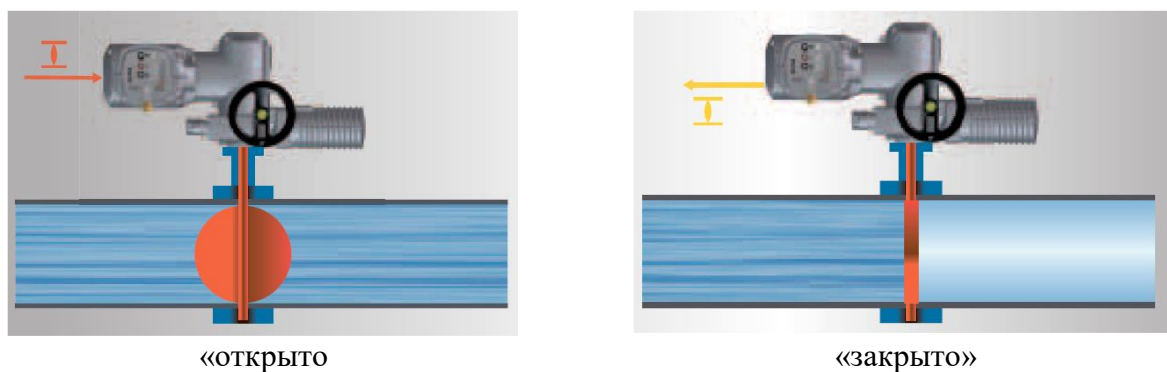


Рис. 1. Запорная арматура на трубопроводе

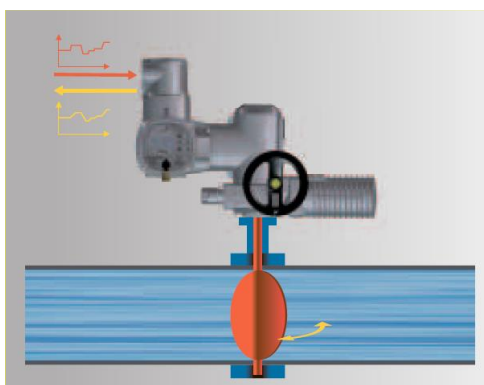


Рис. 2. Регулирующая арматура на трубопроводе

В условиях промышленной автоматизации большая часть арматуры, как запорной, так и регулирующей имеют функцию дистанционного управления с щита управления. Это упрощает процесс управления, однако при неправильной настройки приводов или конечных положений, возможны ситуации, описанные выше.

Неполноповоротные электроприводы предназначены для управления промышленной арматуры, например, заслонками или кранами. Они представляют собой модульную, состоящую из отдельных функциональных блоков, конструкцию. Приводы приводятся в действие от электродвигателя или при ручном управлении - от маховика. Ограничение поворота в конечных положениях осуществляется через конечные путевые выключатели. В конечном положении «ЗАКРЫТО» возможно отключение от выключателя крутящего момента. Вид отключения указывает изготовитель арматуры. Дополнительно, для защиты арматуры от перегрузки, предусмотрен механический ограничитель поворота, который при правильной эксплуатации не должен быть задействован.

Пример регулировки ограничителя представлен на рис. 3.

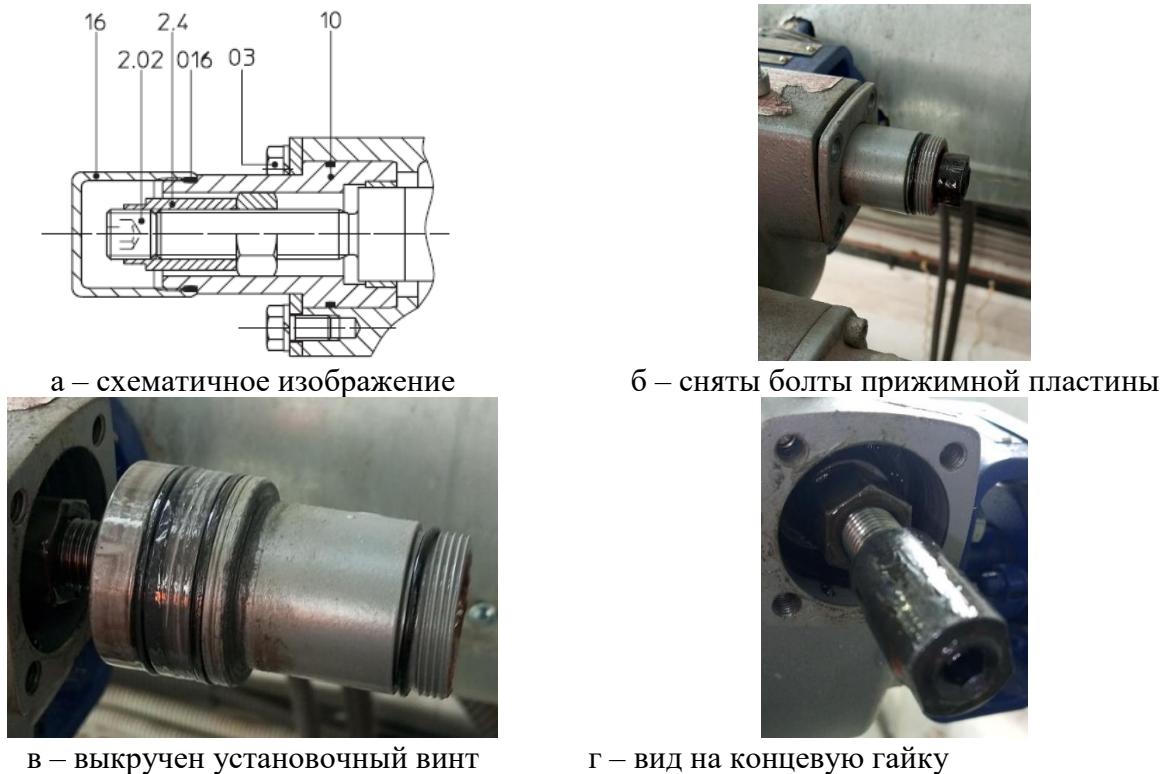


Рис. 3. Настройка ограничителя поворота электропривода арматуры

Последовательность регулировки ограничителя:

- 1) отвернуть болты (03);
- 2) снять защитный колпачок;
- 3) вращать маховик по часовой стрелке (в сторону закрывания) до полного закрывания арматуры (конечное положение «закрыто»), при перекручивании конечного положения следует сделать несколько оборотов обратно и повторно привести арматуру в конечное положение «закрыто»;
- 4) проверить, вращается ли ограничитель (10); в противном случае вращать ограничитель по часовой стрелке до упора;
- 5) повернуть ограничитель (10) на 1/8 оборота против часовой стрелки;
- 6) притянуть болты (03) крест-накрест;
- 7) вставить защитный колпачок.

В целом, эксплуатация запорной и регулирующей арматуры на теплоэлектростанциях требует внимательного отношения, профессионального подхода и строгого соблюдения всех технических требований. Правильная эксплуатация арматуры позволит обеспечить стабильную работу системы и продлить срок службы не только конкретной арматуры, но и всего оборудования в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Менделеев Д.И. Влияние работы антиобледенительной системы на надежность эксплуатации газотурбинных и парогазовых установок // 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. 177-181.
2. Менделеев Д.И., Галицкий Ю.Я. Исследование влияния абсорбционной холодильной машины на режимы работы парогазовой установки // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11, № 4 (44). С. 37-46.
3. Менделеев Д.И. Исследование влияния состояния оборудования блоков ПГУ и режимов их работы на выполнение заданного графика выработки электроэнергии / Д. И. Менделеев, Г. Е. Марьин // Энергия-2018: Тринадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: в 6 томах, Иваново, 03-05 апреля 2018 года. Том 1. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2018. С. 7.
4. Марьин Г. Е. Анализ влияния основных параметров паротурбинного цикла на эффективность работы бинарных ПГУ / Г.Е. Марьин, Д.И. Менделеев, Р.Р. Гайнутдинов // Электроэнергетика глазами молодежи-2019: материалы юбилейной X Международной научно-технической конференции, Иркутск, 16–20 сентября 2019 года. Том 1. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. С. 276-279.
5. Akhmetshin, A. Modeling of asynchronous motor operation modes for the correct selection of voltage regulation devices / A. Akhmetshin, G. Marin, D. Mendelev // E3S Web of Conferences, Prague, 14-15 мая 2020 года. Prague, 2020. P. 01015. DOI 10.1051/e3sconf/202017801015.
6. 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.

УДК 620.176.24

А.А. Михайлишина, М.А. Ноздрин

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА СРЕЗ

Аннотация: проведены испытания меди, бронзы, алюминия, дюралюминия на двусторонний срез и кручение. Приводится сравнение полученных экспериментально результатов касательных напряжений в зоне пропорциональности и при разрушении. На основании проведенных испытаний и расчетов разработано методическое обеспечение лабораторной работы «Испытание пластичных материалов на срез».

Ключевые слова: сопротивление материалов, срез, пластические материалы, лабораторная работа.

A.A. Mikhaylishina, M.A. Nozdrin

LABORATORY TESTING OF MATERIALS FOR SHEAR

Abstracts: Copper, bronze, aluminum, and duralumin were tested for double-sided shear and torsion. A comparison is given of the experimentally obtained results of tangential stresses in the proportional zone and at fracture. Based on the tests and calculations carried out, methodological support for the laboratory work «Shear testing of plastic materials» was developed.

Keywords: strength of materials, shear, plastic materials, laboratory work.

Срезом называют такой вид деформации, при котором на брус с противоположных сторон на весьма близком расстоянии друг от друга действуют две равные силы, перпендикулярные к оси бруса и направленные в противоположные стороны. Примером такого действия сил может быть разрезание материала ножницами, а также болтовые и заклепочные соединения, нагруженные поперечными силами.

Для пластичного материала в случае интенсивных пластических деформаций, охватывавших все поперечное сечение бруса, касательные напряжения могут быть приняты равномерно распределенными по площади поперечного сечения S [1]. В таком случае касательные напряжения для случая двустороннего среза (рис. 1) равны

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{max}}}{2S}. \quad (1)$$

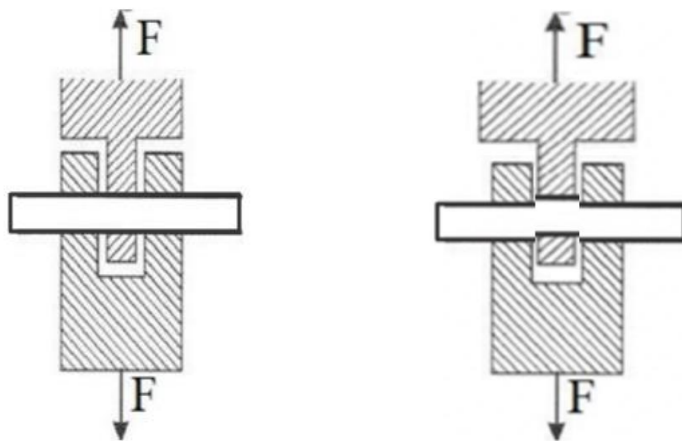
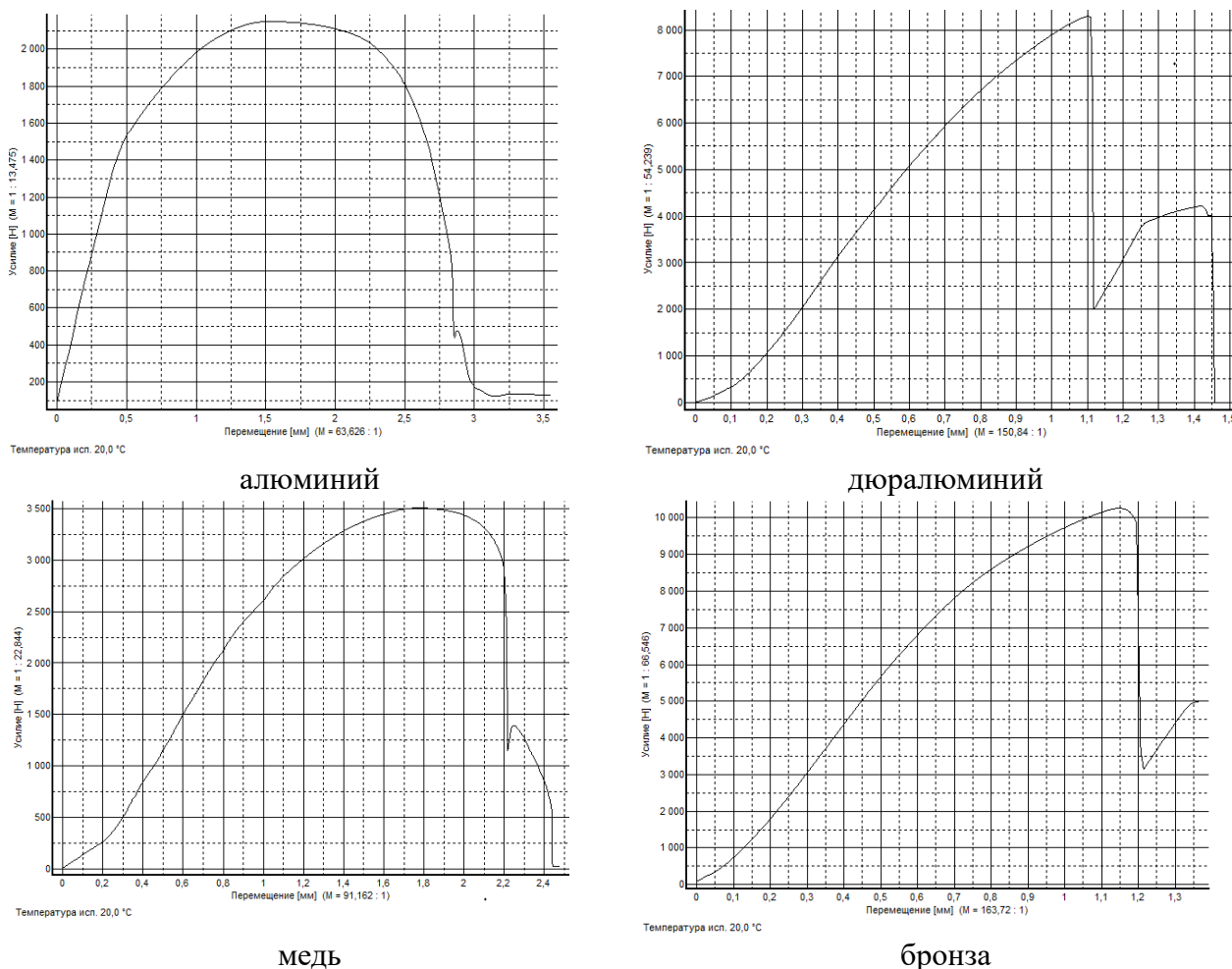


Рис. 1. Двусторонний срез

Проведены испытания на срез на стенде УТС 101-10 0-У Testsystems четырех видов пластичных материалов на двусторонний срез: алюминий, медь, бронза, дюралюминий. Каждый материал представлен пятью образцами длиной 6 см.

Результаты испытаний представлены на графиках (рис 2). Новые скачки по графикам вверх после среза одной из сторон характеризуют технологическое удобство в проведении эксперимента — необходимость срезать и вторую сторону для облегчения удаления образца из приспособлений держателя.



Относительная деформация при разрушении у бронзы и дюралюминия 25 % — близко к хрупко-пластичному состоянию. У меди эти показания 46 %, что характеризует её как пластичный материал (рис. 3). У алюминия — средние значения около 35 %.



Рис. 3. Медный образец после испытания

Кроме этого, проведены испытания на учебной лабораторной машине КМ-50-1 трех видов пластичных материалов на кручение — медь, бронза, дюралюминий. Длина рабочих частей каждого из образцов $L = 100$ мм.

При кручении прямого круглого бруса в его поперечных сечениях возникают только касательные напряжения τ . Эти напряжения распределены вдоль радиуса поперечного сечения по линейному закону. Касательные напряжения при этом не превышают предела текучести материала при сдвиге [2]:

$$\tau_{\text{п}}^{\text{кр}} = \frac{M_{\text{п}}}{W_0^{(16)}} \quad (2)$$

До окончания зоны пропорциональности образцы нагружаются вручную, чтобы определить M_{π} - момент, до которого сохраняется прямолинейная зависимость между нагрузкой и деформацией.

Увеличение крутящего момента $M > M_{\pi}$ приводит к расширению области пластичности и смещению границы упругих и пластических деформаций. При увеличении нагрузки размеры упругой области сечения уменьшаются. Напряжения, равные пределу текучести, возникают не только у наружной поверхности бруса, но и в некоторой зоне поперечного сечения, имеющей форму кольца. Внутри кольцевой зоны напряжения ниже предела текучести, то есть материал находится еще в упругом состоянии (рис. 4). С увеличением крутящего момента зона упругого состояния исчезает, а зона пластического состояния материала занимает всю площадь поперечного сечения [3]. При этом во всех точках сечения напряжения равны пределу текучести $\tau_T^{кр}$.

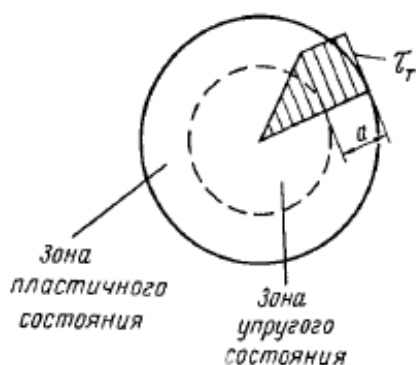


Рис. 4. Касательные напряжения в поперечном сечении при $M > M_{\pi}$

В этом случае полярный момент сопротивления сечения равен [3]

$$W_o^{(12)} = \frac{\pi d^3}{12}, \quad (3)$$

а во всех точках сечения напряжения равны пределу текучести

$$\tau_T^{кр} = \frac{M_T}{W_o^{(12)}} \quad (4)$$

Проведем сравнительный анализ касательных напряжений на двусторонний срез $\tau^{ср}$, МПа с касательными напряжениями на кручение $\tau^{кр}$, МПа в зоне пропорциональности (табл. 1) и при разрушении (табл. 2).

Результаты у меди и дюралюминия практически совпадают, а расхождение у бронзы составило 16,3 %. Дюралюминий и медь оказались прочнее алюминия в 5 раз, а бронза в 8,3–10 раз.

Таблица 1. Касательные напряжения в зоне пропорциональности

№ опыта	Материал						
	Алюминий	Дюралюминий		Медь		Бронза	
	$\tau^{cp}_{п}$, МПа	$\tau^{cp}_{п}$, МПа	$\tau^{кр}_{п}$, МПа	$\tau^{cp}_{п}$, МПа	$\tau^{кр}_{п}$, МПа	$\tau^{cp}_{п}$, МПа	$\tau^{кр}_{п}$, МПа
1	23,58	128,97	133,95	122,52	141,47	227,53	269,68
2	25,16	156,61	137,30	121,70	138,52	225,36	275,87
3	28,30	130,51	133,95	144,12	138,52	235,35	278,97
4	31,45	-	-	148,54	135,58	241,03	275,87
5	29,87	-	-	153,78	135,58	221,18	272,76
Среднее	27,67	138,70	135,07	138,13	137,93	230,09	274,63

Таблица 2. Касательные напряжения при разрушении

№ опыта	Материал						
	Алюминий	Дюралюминий		Медь		Бронза	
	$\tau^{cp}_{в}$, МПа	$\tau^{cp}_{в}$, МПа	$\tau^{кр}_{в}$, МПа	$\tau^{cp}_{в}$, МПа	$\tau^{кр}_{в}$, МПа	$\tau^{cp}_{в}$, МПа	$\tau^{кр}_{в}$, МПа
1	68,75	256,40	178,32	179,44	229,89	308,78	340,97
2	68,86	264,02	190,88	182,20	216,63	308,71	381,27
3	67,57	260,88	198,41	182,90	203,36	306,02	386,87
4	68,14	-	-	182,84	221,05	301,32	387,46
5	67,27	-	-	183,73	221,05	315,80	347,17
Среднее	68,12	260,43	189,20	182,22	218,40	308,13	365,15

Расхождение у бронзы остается аналогичным табл. 1 — 15,6 %, у меди — 16,6 %.

На основании проведенных испытаний и расчетов разработано методическое обеспечение лабораторной работы «Испытание пластичных материалов на срез».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические указания к проведению лабораторных работ на стенде «Учебная гидравлическая испытательная машина». Тринити. Ярославль, 2020. 24 с.
2. Самуль В.И. Основы теории упругости и пластичности: Учеб. пособие для студентов вузов. 2-е изд., перераб. М.: Высш. школа, 1982. 264 с., ил.
3. Федоров Ю.А. Расчет стержневых систем из упругопластических материалов: Учеб.-метод. пособие / ФГБОУ «Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина». Иваново, 2022. 80 с.

УДК 621

О. А. Никанин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РЕЖИМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ НИЖЕГОРОДСКОГО МЕСТНОГО ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ГАРНИЗОНА И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОВЫШЕНИЮ ИХ НАДЕЖНОСТИ

Аннотация: В статье обозначены основные задачи технической службы, проводящей техническое обслуживание и ремонт пожарной техники. Рассмотрены режимы работы пожарного автомобиля. Приведена информация о среднегодовом пробеге и наработке основных пожарных автомобилей. Проанализированы основные типы неисправностей автомобильной техники. Определены основные факторы, влияющие на техническое состояние пожарных автомобилей.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, ремонт, техническое обслуживание, наработка, пробег, неисправность.

О. А. Nikanin

MODES OF OPERATION OF FIRE TRUCKS ON THE EXAMPLE OF THE NIZHNY NOVGOROD LOCAL FIRE AND RESCUE GARRISON AND RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING THEIR RELIABILITY

Abstracts: The article outlines the main tasks of the technical service conducting maintenance and repair of fire equipment. The modes of operation of a fire truck are considered. Information is provided on the average annual mileage and operating time of the main fire trucks. The main types of malfunctions of automotive equipment are analyzed. The main factors affecting the technical condition of fire trucks have been identified.

Keywords: fire truck, repair, maintenance, operating time, mileage, malfunction.

Пожарная техника является материальной основой обеспечения тактических действий подразделений государственной противопожарной службы (ГПС) по ликвидации пожаров и их последствий. От её технического состояния, умения личного состава правильно эксплуатировать весь комплекс, находящегося в его распоряжении оборудования и снаряжении, а также пожарную технику в целом зависит боеготовность и оперативные возможности ГПС.

Одной из подсистем ГПС является её техническая служба. Важнейшими задачами, стоящими перед техническими службами ГПС являются:

- обеспечение технической готовности пожарной техники, средств связи, находящихся на вооружении органов управления подразделения ГПС;
- материально-техническое обеспечение деятельности органов управления подразделений ГПС;
- организация эксплуатации пожарной техники.

Режимы работы пожарных автомобилей, находящихся в боевом расчете подразделений, обычно включают:

- ежедневную кратковременную работу двигателя при проверке автомобиля в период смены караулов;
- движение с максимально допустимой скоростью при следовании на пожар;
- работу двигателя с нагрузкой в стационарных условиях при подаче воды на пожаре;
- движение автомобиля в транспортном режиме при возвращении с пожара;
- выезды на учение или занятия;
- выезды на проведения аварийно-спасательных работ, не связанные с пожарами;
- стоянку автомобиля в гараже в состоянии боевой готовности.

Средний годовой пробег основных пожарных автомобилей составляет по гарнизону: для автоцистерн – 4478,5 км.; средняя годовая наработка двигателей при работе в стационарных условиях для автоцистерн – 360 часов.

Ежедневный запуск и работа двигателя при смене караулов продолжается в течение нескольких минут. За этот промежуток времени система охлаждения, смазки, питания и их приборы не полностью выходят на стационарный режим работы. Это, в конечном итоге, сказывается на их работоспособности, а, следовательно, на надежности работы двигателя в целом.

Следование автомобиля на пожар является экстремальной ситуацией.

В связи с необходимостью прибытия к месту пожара в минимальное время оно осуществляется практически на непрогретом двигателе. Значительную нагрузку несут также детали силовой передачи и ходовой части автомобиля. Условия работы механизмов и систем двигателя на пожаре более благоприятны по сравнению с их работой в период следования их на пожар. В то же время насос и его привод работают в экстремальном режиме.

Возвращение автомобилей с места пожара или проведения аварийно-спасательных работ, движение при выезде на практическое занятие или учение производятся в более спокойной обстановке, в соответствии с общим режимом интенсивностью движения транспорта.

Краткий анализ приведенных режимов работы пожарных автомобилей и их особенностей позволяет установить, что наиболее вероятными причинами их невыполнения, в порядке уменьшения вероятности возникновения, могут быть неисправности:

- двигателя;
- силовой передачи и ходовой части;
- насоса и его привода;
- рулевого управления и тормозов;
- электрооборудования, механизмов и деталей автомобиля.

Из наиболее характерных отказов агрегатов первой группы следует отметить такие: пробой прокладки головки блока цилиндров, пробой прокладки центробежного фильтра систем смазывания, отказ бензонасоса, катушки зажигания, карбюратора.

По силовой передаче и ходовой части в первую очередь следует назвать такие неисправности: поломка подшипников крестовин карданных соединений, срыв шпилек ступиц колес, ослабление крепления стремянок заднего моста. Для специ-

альных агрегатов наиболее характерны: течь масла в коробке отбора мощности, срыв шпонки, засорение рабочего колеса.

В механизмах управления автомобиля наиболее часто встречаются следующие неисправности:

- разрыв диафрагмы в тормозных кранах,
- ослабление крепления наконечников поперечных тяг,
- течь масла в гидроусилителе рулевого управления.

Как следует из анализа приведенных отказов большинство из них связано с крепежными работами, проверка и подтяжка которых предусмотрена перечнем работ при ежемесячном техническом обслуживании. Очевидно, что их возникновение является следствием недостаточного внимания к данным работам. Это подтверждается и практикой проведения ежемесячного технического обслуживания автомобилей в подразделениях пожарной охраны. Безотказная работа пожарных автомобилей на всех этапах эксплуатации может быть гарантирована только при условии тщательного и качественного выполнения всего объема работ, предусмотренных типовым перечнем по их техническому обслуживанию. Проводимая в настоящее время диагностика технического состояния пожарных автомобилей также нуждается в совершенствовании, целесообразна диагностика не столько двигателя в целом, сколько отдельных его приборов и систем. В условиях насыщения различных агрегатов новых пожарных автомобилей электронными приборами, более широкое применение автоматизированного управления их работой, постановка и осуществление этих вопросов является весьма актуальной.

Условия эксплуатации автомобиля характеризуется большим количеством факторов, которые влияют на техническое состояние автомобиля. Во-первых, пожарные автомобили эксплуатируются в различных климатических и дорожных условиях. Как правило, прогрев двигателя и механизмов трансмиссии происходит при следовании на пожар, к месту проведения аварийно-спасательных работ. В этих условиях эксплуатация машин всегда сопровождается повышенной интенсивностью изнашивания рабочих поверхностей деталей. Вследствие этого ухудшаются проходимость и динамические качества автомобиля, подача пожарного насоса. Во-вторых, режим эксплуатации и квалификация личного состава, эксплуатирующего машины.

В настоящее время материальные и технические ресурсы, используемые в подразделениях МЧС России, несколько ограничены. Именно поэтому особенно важно полное и эффективное их использование. Аварийно-спасательная и пожарная техника используется в крайне неблагоприятных условиях, что, несомненно, приводит к более быстрому ее износу. В этих условиях особенно важно поддержание уже имеющихся в подразделениях МЧС технических средств в исправном состоянии и проведение своевременного ремонта, по возможности, с наименьшими финансовыми затратами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В.В., Жуков Л.В. Иванов В.Е. Повышение долговечности зубчатых колес коробок переключения передач пожарной автомобильной техники за счет улучшения противозносных свойств трансмиссионных масел // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2023. № 1. С. 18-21. DOI 10.36652/0202-3350-2023-24-1-18-21.
2. 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.

3. Киселев В.В., Зарубин В.П. Повышение износостойкости шарнирных соединений карданных передач пожарных автомобилей // Пожарная и аварийная безопасность. 2023. № 1(28). С. 7-13.

4. 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.

5. Повышение износостойкости деталей дифференциала пожарных автомобилей за счет применения алмазного выглаживания / А.В. Топоров, П.В. Пучков, В.П. Зарубин, В.В. Киселев // Пожарная и аварийная безопасность. 2022. № 3(26). С. 6-13.

6. Киселев В.В. Снижение износа зубчатых колес коробок переключения передач пожарных автомобилей за счет улучшения противоизносных свойств трансмиссионного масла / В.В. Киселев, В.П. Зарубин, А.А. Покровский // Пожарная и аварийная безопасность. 2022. № 4(27). С. 24-29.

7. Снижение износа деталей главной передачи пожарных автомобилей за счет улучшения триботехнических характеристик смазочных материалов / В. В. Киселев, А. В. Топоров, В. П. Зарубин, Н. А. Кропотова // Пожарная и аварийная безопасность, 2021. № 3(22). С. 5-10.

8. Повышение долговечности трансмиссий пожарных автомобилей применением смазочных композиций / В. В. Киселев, Н. А. Кропотова, В. П. Зарубин, А. А. Покровский // Пожарная и аварийная безопасность, 2019. № 1(12). С. 34-39.

УДК 621

О.А. Никанин, А.А. Корчагин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР ОТКАЗОВ ЭЛЕМЕНТОВ БАЗОВОГО ШАССИ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ НИЖЕГОРОДСКОГО МЕСТНОГО ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ГАРНИЗОНА

Аннотация: в статье представлен анализ данных, полученных при работе с отчетами о служебной деятельности и боевой работе подразделений гарнизона за последние 5 лет, основных видов выездов. Рассмотрены основные отказы элементов надстройки пожарных автомобилей и их базовых шасси. Сгруппированы причины отказов пожарных автомобилей можно по типовым признакам.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, ремонт, техническое обслуживание, отказ, базовое шасси, надстройка, неисправность.

О.А. Nikanin, A.A. Korchagin

OVERVIEW OF FAILURES OF ELEMENTS OF THE BASIC CHASSIS OF FIRE TRUCKS ON THE EXAMPLE OF THE NIZHNY NOVGOROD LOCAL FIRE AND RESCUE GARRISON

Abstracts: the article presents an analysis of the data obtained when working with reports on the performance and combat work of the garrison units over the past 5 years, the main types of trips. The main failures of the superstructure elements of fire trucks and their basic chassis are considered. The causes of fire truck failures can be grouped according to typical features.

Keywords: fire truck, repair, maintenance, failure, basic chassis, superstructure, malfunction.

Пожарный автомобиль, как и любой другой специальный автомобиль создаются на базе существующих шасси. Основными элементами автомобиля являются двигатель, шасси и кузов. Шасси автомобиля в свою очередь включает в себя следующие три основных элемента — это ходовая часть, механизм управления и трансмиссия. Назначение двигателя заключается в преобразовании тепловой энергии сгорающего топлива в механическую работу движения. Шасси автомобиля объединяет в единое целое механизмы, передающие крутящий момент от двигателя к ведущим колесам. Шасси служит основанием для установки на нем двигателя, кузова, мостов с колесами, элементов подвески автомобиля подвесок, а также управляющих систем. В структуре шасси автомобиля можем выделить три группы устройств, а именно: трансмиссия, ходовая часть и механизмы управления.

На основании данных, полученных при работе с отчетами о служебной деятельности и боевой работе подразделений гарнизона за последние 5 лет следует, что в большинстве случаев подразделения за одни дежурные сутки совершают в среднем по одному выезду на пожар (27 % от всех выездов), причем среднее время тушения пожара составляет 0,5–1,5 часа, и выезды по следующим причинам:

- ликвидация последствий ДТП на автомобильных дорогах (12 %);
- проведение ПТЗ (ПТУ) (8 %);
- проверка противопожарного водоснабжения (4 %);
- отработка плана боевой и профессиональной подготовки (10 %);
- оказание помощи организациям, населению (15 %);
- ложные выезды и т.д. (24 %).

На вооружении Нижегородского местного пожарно-спасательного гарнизона состоит как достаточно новые пожарные автомобили (со сроком эксплуатации менее 10 лет), так и пожарные автомобили, которые накопили высокую степень амортизации (срок эксплуатации свыше 10 лет). Для оценки распределения отказов по узлам и агрегатам пожарных автомобилей анализировалась лишь пожарная техника со сроком службы более 10 лет.

На рис. 1 представлена диаграмма отказов элементов пожарной надстройки пожарных АЦ (в процентах к общему числу отказов).

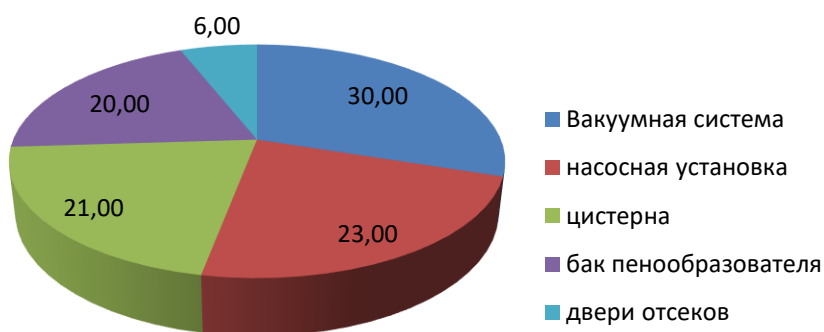


Рис. 1. Отказы элементов надстройки

Анализ данных показывает, что на первом месте по числу отказов стоит вакуумная система пожарного автомобиля (до 30 %), далее следует насосная установка, включая в себя насос, задвижки, трубопроводы. Довольно часто имеют место случаи подтекания воды в результате трещин цистерн и не герметичности соединений трубопроводов. Отмечаются невысокое качество замков дверей отсеков и прочие отказы пожарной надстройки. Следует отметить при этом, что наибольший процент наблюдаемых ПА составляли автомобили, оборудованные газоструйными вакуумными аппаратами и пожарными насосами ПН-40 УВ.

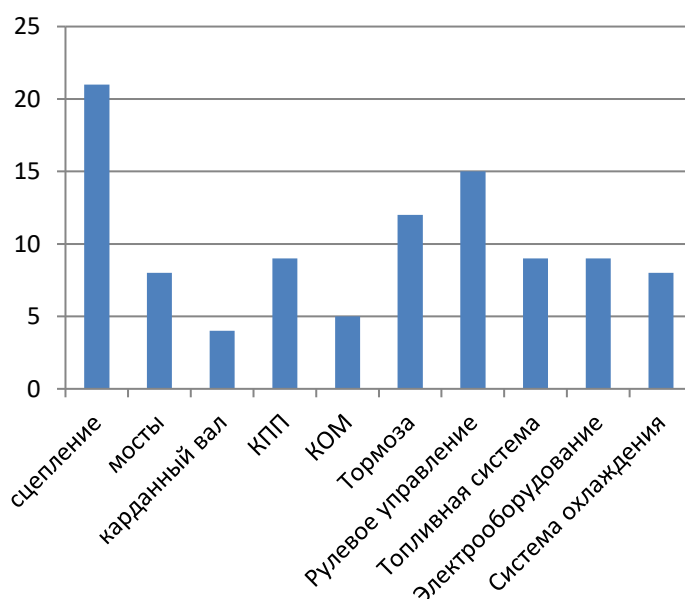


Рис. 2. Отказы элементов базовых шасси

Следует отметить, что среди базовых шасси наименее долговечной остается: сцепление (21 % от общего числа отказов по ПА); рулевое управление (15 %); тормоза (12 %). То есть элементы системы, обеспечивающей безопасность движения автомобиля крайне опасным, особенно для оперативного транспорта, каким является ПА.

Полученные из гарнизона данные позволили установить, что в боевом расчёте ПА поступают с различным уровнем надёжности в зависимости от того, на каком предприятии они изготовлены и какая марка шасси использована для монтажа. Так установлено, что наибольший процент отказов (43,5 %) зафиксирован по базовому шасси ЗИЛ. Во многом этот факт объясняется тем обстоятельством, что ряд заводов изготовителей используют для производства новых ПА шасси (как правило, ЗИЛ-131), взятые из неприкосновенных запасов, в том числе в результате реформирования войск гражданской обороны. Эти автомобильные шасси требуют предварительного проведения капитального ремонта и тщательного предпродажного обслуживания, что часто на заводах-изготовителях ПА не проводится. Отсюда и частые поломки элементов шасси в эксплуатации.

Проведённый анализ отказов элементов конструкции ПА показал, что причины этих отказов можно сгруппировать по следующим признакам:

- низкое качество проектирования, даже если принятые конструктивные решения не классифицируются как проектные ошибки;
- высокий уровень износа узлов и механизмов;

- применение устаревшей технологии изготовления при производстве ПА нового поколения;
- низкое качество слесарно-сборочных работ на предприятии;
- неверный выбор материалов для изготовления элементов пожарной надстройки;
- низкое качество подготовки поверхностей под окраску, несовершенная технология окраски и сушки ПА.

Главной же причиной выпуска ПА с недостаточной эксплуатационной надёжностью является отсутствие на отдельных предприятиях современной системы управления качеством продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев, В. В. Повышение долговечности зубчатых колес коробок переключения передач пожарной автомобильной техники за счет улучшения противоизносных свойств трансмиссионных масел / В. В. Киселев, Л. В. Жуков, В. Е. Иванов // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2023. № 1. С. 18-21. DOI 10.36652/0202-3350-2023-24-1-18-21.
2. 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.
3. Киселев, В. В. Повышение износостойкости шарнирных соединений карданных передач пожарных автомобилей / В. В. Киселев, В. П. Зарубин // Пожарная и аварийная безопасность, 2023. № 1(28). С. 7-13.
4. 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.
5. Повышение износостойкости деталей дифференциала пожарных автомобилей за счет применения алмазного выглаживания / А. В. Топоров, П. В. Пучков, В. П. Зарубин, В. В. Киселев // Пожарная и аварийная безопасность, 2022. № 3(26). С. 6-13.
6. Киселев В. В. Снижение износа зубчатых колес коробок переключения передач пожарных автомобилей за счет улучшения противоизносных свойств трансмиссионного масла / В. В. Киселев, В. П. Зарубин, А. А. Покровский // Пожарная и аварийная безопасность. 2022. № 4(27). С. 24-29.
7. Снижение износа деталей главной передачи пожарных автомобилей за счет улучшения триботехнических характеристик смазочных материалов / В. В. Киселев, А. В. Топоров, В. П. Зарубин, Н. А. Кропотова // Пожарная и аварийная безопасность, 2021. № 3(22). С. 5-10.
8. Повышение долговечности трансмиссий пожарных автомобилей применением смазочных композиций / В. В. Киселев, Н. А. Кропотова, В. П. Зарубин, А. А. Покровский // Пожарная и аварийная безопасность, 2019. № 1(12). С. 34-39.

УДК614.84

Н.Н. Оревин, Д.В. Сорокин, И.В. Багажков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА ОПАСНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ОБЪЕКТЫ. ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ РАЗРАБОТОК В ОБЛАСТИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Аннотация: в данной статье представлены современные научно-технические разработки в области противопожарной защиты на опасных производственных объектах, а также их достоинства и преимущества. Доказано, что данное направление имеет множество различных отраслей и развивается в полной мере, согласно научно-техническому прогрессу.

Ключевые слова: научно-технические, производственные объекты, противопожарная защита, разработки.

N.N. Orevin, D.V.Sorokin, I.V.Bagazhkov

AUTOMATION OF FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS FOR HAZARDOUS PRODUCTION FACILITIES. AN OVERVIEW OF MODERN SCIENTIFIC AND TECHNICAL ENGINEERING DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF FIRE EXTINGUISHING

Abstracts: the article presents modern scientific and technical developments in the field of fire protection at hazardous production facilities, as well as their advantages and advantages. It is shown that this direction has many different modifications and is developing fully, according to scientific and technological progress.

Keywords: scientific and technical, production facilities, fire protection, developments.

Научные разработки представляют проекты по изобретению реальных, экономически практичных проектов современной продукции, на основе использования актуальных результатов, технических исследований в области материального пожарного производства. Наиболее подходят к противопожарной защите производства.

Для эффективного обеспечения противопожарной безопасности нужно не забывать о наличии опасных факторов пожара на защищённом объекте. В основном существуют три варианта опасностей: опасность поражения электрическим током, легковоспламеняющиеся материалы и горючие материалы. Для ликвидации пожаров на взрывоопасных объектах в основном применяют спринклерные установки пожаротушения, но наука не стоит на месте и с течением времени появляются всё новые и новые разработки. В данной статье мы рассмотрим некоторые разновидности данных разработок:

- 1) автоматическая установка пенного пожаротушения;
- 2) системы подавления водяного тумана;
- 3) система видеонаблюдения за пожаром [1].

Автоматическая установка пенного пожаротушения приведена на рис. 1.

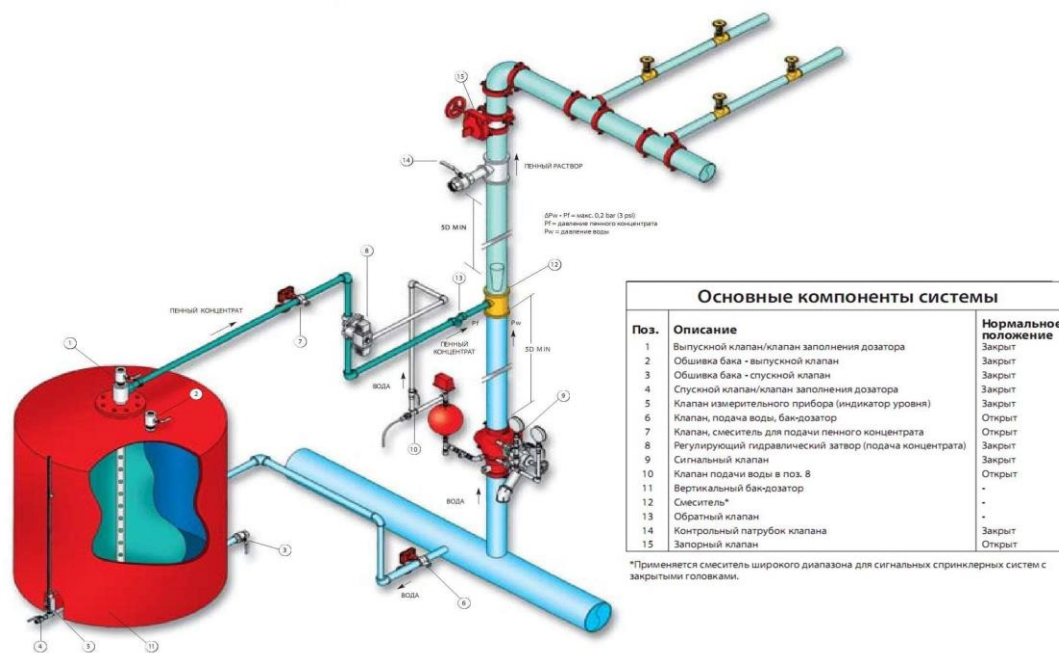


Рис. 1. Автоматическая установка пенного пожаротушения

Работа данных установок пожаротушения внутри замкнутого пространства помещения как с присутствием противопожарных перегородок, дверей, окон, люков, так и с низкой пропускной способностью, имеющего открытые строительные, проектировочные проемы, еще более актуальна; занимает мало времени, не требуя специальной подготовки, увеличения сил и средств, дополнительного участия специалистов профессионального обучения, т.к. весь процесс от обнаружения возгорания до полного устранения пожара происходит в автоматическом режиме.

Преимущества:

- 1) маленький расход огнетушащего вещества по сравнению с водными установками пожаротушения;
- 2) исключение дополнительного расхода воды предотвращает косвенный материальный ущерб от повреждения отделки конструкций, материальных ценностей;
- 3) присутствует функция выбора способа тушения — локального или объемного;
- 4) подходит для тушения не полностью герметичных помещений, что делает данные установки куда более применимыми для применения на многих объектах защиты, где использование газовых, аэрозольных, порошковых систем запрещено;
- 5) Производимые на данный момент пенообразователи, как и пена, получаемая из них, безопасны для здоровья человека, легко выводятся с поверхности конструкций, корпусов оборудования, после ликвидации пожара.

Недостатки:

- 1) пена на водной основе, поэтому такие установки не подходят для неотапливаемых помещений.
- 2) по той же причине ими нельзя тушить включенное электрическое оборудование, аппаратуру и т.д. [2].

Экологичность — это одна из самых основных задач, которая стоит перед пожаротушением будущего. Системы подавления водяного тумана, такие как HI-FOG от Marioff, устраняют пожар, затрачивая небольшое количество воды, чем классические спринклерные системы. Вода находится под высоким давлением и выпускается с помощью специальных оросителей и распылительных стоек. Вода может достигать значительно большей площади поверхности, поскольку она содержится в виде маленьких капель. Система подавления водяного тумана приведена на рис. 2.



Рис. 2. Системы подавления водяного тумана HI-FOG

Преимущества данной системы:

- 1) эффективное тушение пожара, подтвержденное испытаниями и сертификатами независимых организаций, работающих в данном направлении;
- 2) небольшой расход воды сокращает величину ущерба при тушении, расходов на восстановление и затраты простоя;
- 3) тонкораспыленная вода — является безопасной для людей и окружающей среды;
- 4) надежные компоненты обеспечат продолжительный срок службы, поэтому данные установки — оправдываются как с экологической, так и с экономической точки зрения;
- 5) все установки полностью переформируются с учетом возложенных потребностей;
- 6) монтаж прост, что экономит время и средства [3].

Система видеонаблюдения за пожаром основывается из аналитических алгоритмов на основе видеозаписей, которые фиксируют камеры в специальные системы обнаружения первичных признаков пожара (рис. 3).



Рис. 3. Система видеонаблюдения за пожаром

Затем все это обрабатывается компьютерными программами, которые определяют различия дыма или пламени от пожара. Данные алгоритмы могут основываться на нескольких аспектах, таких как изменения яркости, концентрации, движения и т. д. В зависимости различия систем, они способны обнаруживать в дополнение к обнаружению / определению местоположения.

Преимущества:

- 1) могут дополнять любые пожарные системы и установки;
- 2) обнаруживают дым и огонь на негерметичных пространствах;
- 3) распознавание огня и дыма происходит в момент начала возникновения пожара;
- 4) идентификация пожара на ранних стадиях;
- 5) передача видео сообщения о пожаре в автономном режиме [4].

В статье приведен обзор современных научно-технических инженерных разработок в области пожаротушения, а также обоснованы их достоинства и недостатки применения на опасных производственных объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://moluch.ru/archive/460/101194/>
2. <https://fireman.club/statyi-polzovateley/pennyie-ustanovki-pozharotusheniya-klassifikatsiya-i-primenenie/>
3. <https://obrazovanie-gid.ru/konspekty/avtomaticheskie-sistemy-protivopozharnoj-zaschity-zdaniy-povyshennoj-etazhnosti-konspekt-mchs.html>
4. <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sistem-videonablyudeniya-dlya-obespecheniya-pozharnoy-bezopasnosti-obektov/viewer>

УДК 621.86

Н.Л. Павлюкова, Б.Ю. Грабовенко

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРУЗОЗАХВАТНОГО МЕХАНИЗМА ДЛЯ БПЛА

Аннотация: рассмотрен проект конструкции автоматического грузозахватного устройства для беспилотного летательного аппарата, захватывающего и перемещающего груз, который имеет форму прямоугольного параллелепипеда.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, дрон, беспилотник, грузозахватный механизм, трехмерное моделирование, проектирование, захват грузов.

N.L. Pavlyukova, B.Y. Grabovenko

DESIGNING A CARGO-HANDLING MECHANISM FOR UAV

Abstracts: the design of an automatic cargo gripping device for UAV for capturing and moving cargo having the shape of a box is considered.

Keywords: unmanned aerial vehicle, drone, cargo grabbing mechanism, three-dimensional modeling, design, cargo capture.

В настоящее время стремительно растет спрос на беспилотные летательные аппараты (БПЛА). БПЛА уже нашли применение в различных областях деятельности, например, в сельском хозяйстве для учета животных и контроле за посевами, в геодезии для обновления карт, для мониторинга различных объектов, при обследовании нефте- и газопроводов, при аэрофотосъемке, в экстренных и опасных ситуациях [5], для доставки грузов и т.п.

Для реализации широкого спектра функциональных возможностей БПЛА их оснащают специализированным оборудованием, [3] которое может включать:

- средства разведки;
- навигационные устройства;
- специальное технологическое оборудование;
- средства телекоммуникации;
- специализированные вычислители с программно-алгоритмическим обеспечением;
- защитные средства;
- средства захвата.

Наличие средств захвата позволяет поднимать упавшие объекты или доставлять объекты по назначению.

Известен проект Amazon по доставке грузов массой до 2,3 кг дронами-курьерами (рис. 1) [1].



Рис. 1. Дрон-курьер компании Amazon

При реализации проекта, несмотря на большие инвестиции, многочисленные испытания и многолетний опыт, выявлены проблемы с безопасностью, не все из которых решены. Особое внимание уделено проблеме избегания препятствий, учета погодных условий, обеспечение контролируемого снижения и посадки. С 2022 года компания реализует проект не только в малолюдной местности, но и в крупных городах.

Развитие технологий, связанных с беспилотной летательной техникой, является перспективным направлением для отечественных разработок. Предполагается, что к 2035 году над территорией России может одновременно находиться более 100000 дронов одновременно, поэтому их работа должна быть очень надежной и выполняться автоматически [4]. В связи с этим, была поставлена задача проектирования грузозахватного механизма для БПЛА.

Данный захват жестко крепится к дрону класса «микро» массой до 10 кг [2, 3]. Такие аппараты могут находиться в воздухе до 1 часа и передвигаться на высоте до 1 км. Спроектированное устройство предназначено для автоматического захвата, транспортировки и сброса груза, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда с габаритами не более 50×50×50 мм.

На первом этапе проекта разработаны рабочие элементы захвата (схваты). За основу выбран вариант клещевого схвата [6]. У разработанного механизма губки располагаются параллельно друг к другу, что обеспечивает базирование груза и надежный захват. Конструкция схвата имеет скелетонизированную структуру, что позволяет снизить массу изделия, но сохранить жесткость конструкции при высокой плотности заполнения при 3D-печати (рис. 2).

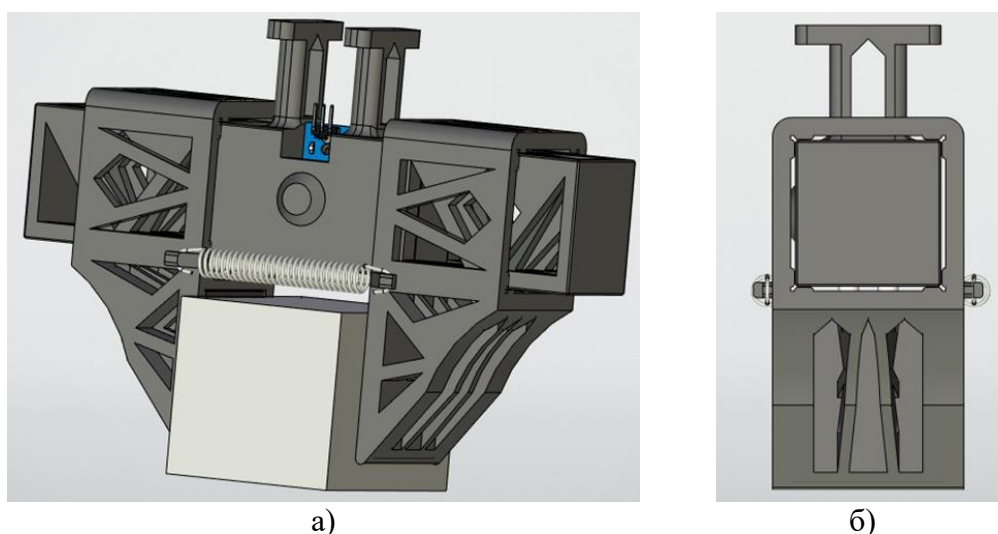


Рис. 2. Подвесной грузозахватный механизм: а – общий вид; б – вид с боку

На следующем этапе разработан привод захвата с кулачковым механизмом (рис. 3). Большое усилие зажима обеспечено установкой пружин растяжения (с минимальной рабочей нагрузкой 3 кг), которые раздвигаются с помощью миниатюрного, но достаточно мощного сервопривода марки SG90. Установка инфракрасного датчика расстояния (рис. 4) позволяет контролировать захват груза и его положение в процессе передвижения дрона.



Рис. 3. Кулачковый механизм

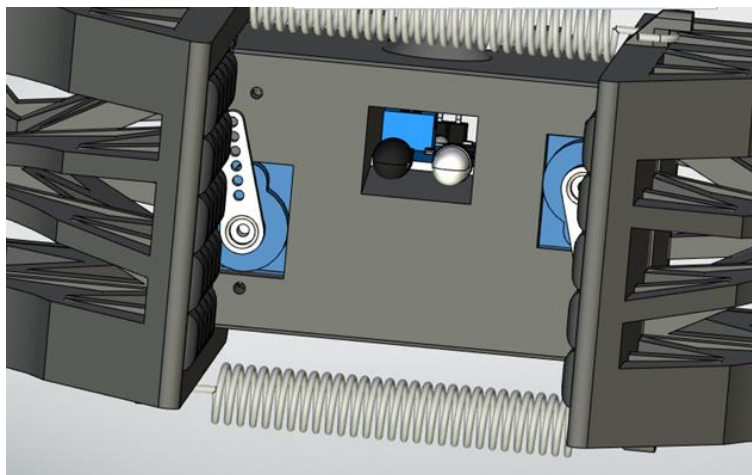


Рис. 4. Инфракрасный датчик
в корпусе грузозахватного механизма

Далее были подобраны материалы, подходящие для изготовления деталей грузозахватного механизма с помощью 3D-печати:

1) для губок и корпуса выбран пластик CarbonX (ASA+CF) — имеет низкую усадку и высокие механические свойства из-за включения карбоновых волокон, высокую стабильность свойств под УФ излучением и при перепадах температур;

2) для сменных накладок на губках схвата выбран пластик TPU (термопластичный полиуретан) – гибкий, резиноподобный материал, который позволит повысить надежность сцепления губок с поверхностью груза при этом не портить его поверхность.

На заключительном этапе произведена адаптация конструкции для промышленной 3D-печати: уменьшено количество деталей и сложных поверхностей (винтовых, зубчатых поверхностей), исключены посадки с натягом, что позволило снизить требования к точности 3D-печати, почти не требует применения поддержек. Весь комплект деталей печатается за один прием на принтере с габаритами рабочей зоны не менее 420 мм*420 мм*420 мм. Разработанные детали не требуют после печати дополнительной механической обработки.

Разработка моделей производилась в CAD-системах T-Flex и КОМПАС-3D.

К недостаткам устройства можно отнести то, что оно одноместное, достаточно жестко заданы габариты и форма груза. Планируется адаптация схвата для захвата грузов, расположенных в разном положении (например, под углом или в углублении), его изготовление в материале и проведение испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bloomberg рассказал о проблемах в проекте дронов-курьеров Amazon за \$2 млрд / Forbes [Сайт]. URL: <https://www.forbes.ru/tekhnologii/462051-bloomberg-rasskazal-o-problemah-v-proekte-dronov-kur-erov-amazon-za-2-mlrd> (дата обращения: 24.02.2024).

2. Беспилотные летательные аппараты: учебное пособие / С. Н. Денисенко, А. Ю. Смирнов, А. М. Хрусталева, И. Г. Штеренберг. – Санкт-Петербург: СПбГТИ (ТУ), 2023. – 115 с. – Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/365894> (дата обращения: 24.02.2024).

3. Беспилотный летательный аппарат / TAdviser [Сайт]. – URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%91%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82_\(%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BD,%D0%91%D0%9F%D0%9B%D0%90\)](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%91%D0%B5%D1%81%D0%BF%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B0%D0%BF%D0%BF%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%82_(%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%BD,%D0%91%D0%9F%D0%9B%D0%90)) (дата обращения: 17.03.2024).

3. Прогнозы и тренды в области беспилотников / Robotrends [Сайт]. URL: <http://robotrends.ru/robopedia/prognozy-i-trendy-v-oblasti-bespilotnikov> (дата обращения: 17.03.2024).

4. Федосеева Н.А. Перспективные области применения беспилотных летательных аппаратов / Н.А. Федосеева Н.А., М.В. Загвоздкин // Научный журнал. 2017. Т.22. №9. С. 26-29.

5. Челпанов И.Б. Схваты промышленных роботов / И.Б. Челпанов, С.Н. Колпашников. Л.: Машиностроение, 1989. 287 с.

УДК 621.45.03

С.Л. Панченко

Борисоглебский филиал ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аннотация: в статье обоснована актуальность интенсификации процессов охлаждения элементов авиационного газотурбинного двигателя. Описана конструкция экспериментальной установки, предлагаемой для исследования процессов охлаждения форсажной камеры и затурбинного кока-обтекателя.

Ключевые слова: авиационный газотурбинный двигатель, процессы охлаждения, экспериментальная установка

S.L. Panchenko

PILOT PLANT FOR COOLING PROCESSES OF AIRCRAFT GAS-TURBINE ENGINE ELEMENTS RESEARCHING

Abstracts: this article substantiates the relevance of aircraft gas-turbine engine elements cooling processes. Construction of pilot plant suggested for researching of afterburner and after turbine cock-fairing, is describe.

Keywords: aircraft gas-turbine engine, cooling processes, pilot plant.

В настоящее время летательные аппараты оснащены газотурбинными двигателями (далее — ГТД). Еще во время перехода авиации с поршневых двигателей на газотурбинные (1940–1950-е годы) наметилась устойчивая тенденция к обеспечению роста основных параметров термодинамического цикла работы ГТД: степени повышения давления в компрессоре и максимальной температуры газов перед газовой турбиной [3]. Данные параметры являются основными для цикла работы ГТД (цикл Брайтона-Стечкина), поэтому увеличение их значений обеспечивает рост полезной работы и термического КПД цикла, а значит и КПД двигателя.

Главным направлением совершенствования авиационных ГТД является обеспечение возрастания температуры газов перед газовой турбиной, поскольку от этого параметра напрямую зависит полезная работа цикла ГТД и удельная тяга, а при фиксированной тяге за счет большей температуры газов перед турбиной снижаются габаритные размеры и масса двигателя [3]. Поэтому увеличение температуры газа перед газовой турбиной принято в авиационном двигателестроении генеральным направлением развития авиационных ГТД [1]. Если в 1940-х годах данная температура составляла 900 К, то в настоящее время серийно выпускаемые авиационных ГТД достигли значений температуры 1600...1700 К, при этом в ближайшей перспективе и последующем она достигнет 2000...2200 К [2].

Такой прирост максимально допустимой температуры перед газовой турбиной совместно с ростом суммарной степени повышения давления в компрессоре обеспечит [3]:

- повышение удельной тяги и снижение удельной массы ГТД;
- снижение потребного расхода воздуха для обеспечения заданной тяги (мощности) и, как следствие, уменьшение лобовой площади ГТД и увеличение удельной лобовой тяги;
- для двигателей с форсажными камерами сгорания, которыми оснащены сверхзвуковые самолеты военного назначения, – снижение удельного расхода топлива на форсированных режимах работы.

Однако рост температуры газов перед газовой турбиной одновременно приводит к росту тепловой нагрузки в первую очередь на детали газовой турбины, а также других элементов ГТД, что отрицательно сказывается на ресурсе двигателя и всей силовой установки летательного аппарата, снижается надежность ее работы. Поэтому для обеспечения заметного роста температуры газов перед турбиной необходим рациональный выбор материалов деталей газовых турбин и других элементов ГТД, работающих в зоне максимальных температур воздуха и газов, а также обеспечение эффективного охлаждения деталей горячей части двигателя [3].

Для деталей газовых турбин в настоящее время разрабатываются жаропрочные материалы, в перспективе можно рассчитывать на использование специальных жаростойких композиционных материалов и керамики (например, на основе нитрида кремния). Также совершенствуются системы воздушного охлаждения газовых турбин. Вместе с тем при увеличении температуры газов, помимо газовой турбины и связанного с ней вала ротора с опорами, тепловой нагрузке подвергаются и другие элементы ГТД, находящиеся в его горячей части – затурбинный кок-обтекатель, форсажная камера сгорания, реактивное сопло. В результате этого снижается надежность и ресурс данных элементов и всего авиационного ГТД в целом. Поэтому вопрос интенсификации процесса охлаждения узлов горячей части двигателя является актуальным, и для повышения надежности работы авиационного ГТД в подобных условиях необходимо совершенствовать системы охлаждения данных элементов, интенсифицировать процесс теплообмена в них с целью лучшего отвода теплоты.

Для исследования процессов теплообмена при охлаждении элементов горячей части авиационного ГТД с целью их интенсификации предлагается конструкция экспериментальной установки, представляющей собой уменьшенную модель горячей части реального ГТД. В данной конструкции с целью отделения штатного теплозащитного экрана корпуса форсажной камеры сгорания от зоны с высокой температурой и соответственно, снижения тепловой нагрузки на данный экран, предлагается установить дополнительный кольцевой экран. Помимо этого, для интенсификации процесса охлаждения затурбинного кока-обтекателя предлагается его стенку сделать двойной с целью прохождения между стенками дополнительного охлаждающего воздуха. Отделение дополнительным экраном штатного экрана корпуса форсажной камеры сгорания от высокотемпературных газов позволит увеличить ресурс экрана, а также ресурс и надежность форсажной камеры в целом, а дополнительное охлаждение затурбинного-кока обтекателя позволит увеличить его ресурс.

Экспериментальная установка изображена на рисунке. Штатную систему охлаждения элементов горячей части ГТД (подача воздуха из системы охлаждения газовой турбины) имитирует вентилятор 2, установленный в корпусе 3 и приводимый в движение электродвигателем 1.

С целью исследования процесса охлаждения корпуса форсажной камеры сгорания предполагается измерение температуры t_1 стенки корпуса 12 в области топливного коллектора 7, где происходит горение топлива, а также температуры t_2 данной стенки на выходе из форсажной камеры. Также измеряется температура t_3 штатного теплозащитного экрана 11. Для оценки эффективности введения дополнительного экрана, отделяющего штатный теплозащитный экран от высокотемпературных газов, измерения необходимо проводить при наличии дополнительного экрана 9, а также при его отсутствии. Для этого конструкция и крепление дополнительного экрана предполагают возможность его снятия.

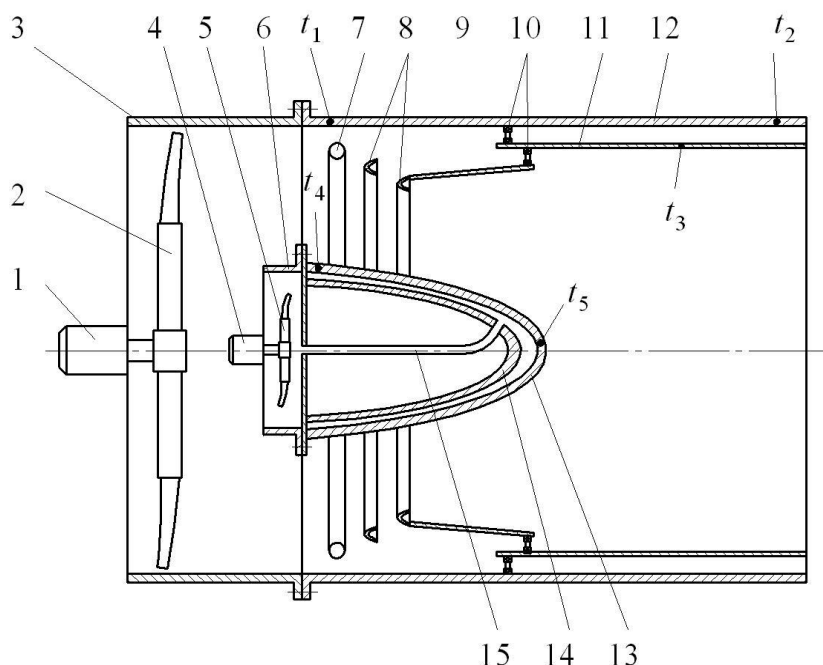


Рисунок. Экспериментальная установка для исследования процессов охлаждения элементов горячей части авиационного ГТД: 1, 4 — электродвигатель вентилятора; 2, 5 — вентилятор; 3, 6 — корпус вентилятора; 7 — кольцевой топливный коллектор; 8 — кольцевые стабилизаторы пламени; 9 — дополнительный экран; 10 — шарнирные соединения; 11 — теплозащитный экран; 12 — цилиндрический корпус; 13, 14 — соответственно наружная и внутренняя стенка затурбинного кока-обтекателя; 15 — трубка для подачи дополнительного охлаждающего воздуха в стенку затурбинного кока-обтекателя; $t_1 \dots t_5$ — характерные точки измерения температур

Для исследования процесса охлаждения затурбинного кока-обтекателя его стенка делается двойной, монтируется наружная 13 и внутренняя 14 стенки. В пространство между стенками подается воздух с целью дополнительного охлаждения кока-обтекателя, для подачи данного воздуха служит трубка 15. В данном случае воздух подается при помощи установленного в корпусе 6 вентилятора 5, приводимого в движение электродвигателем 4. Для оценки эффективности использования дополнительного охлаждения кока-обтекателя измерение температур наружной стенки 13 в его начале t_4 и конце t_5 необходимо проводить при наличии внутренней стенки

14 с системой дополнительного охлаждения и при их отсутствии. Поэтому внутренняя стенка 14 и элементы системы дополнительного охлаждения (электродвигатель 4, вентилятор 5, корпус вентилятора 6 и трубка 15) устанавливаются с возможностью их снятия.

Данная экспериментальная установка позволяет исследовать эффективность применения дополнительных элементов охлаждения горячей части авиационного ГТД (форсажной камеры сгорания, затурбинного кока-обтекателя), оценить снижение температуры данных узлов при применении дополнительного охлаждения, а также сделать вывод о целесообразности такого охлаждения с точки зрения снижения температурных нагрузок и соответственно, увеличения уровня надежности и ресурса отдельных элементов 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 элементов силовой установки и ее газотурбинного двигателя. Иркутск: ИВВАИУ (ВИ), 2006. 468 с.
2. Нечаев Ю.Н. Теория авиационных двигателей, ч. 1. Учебник для вузов ВВС / Ю.Н. Нечаев, Р.М. Федоров, В.Н. Котовский, А.С. Полев. Под ред. Ю.Н. Нечаева. М.: Изд. ВВА им. Проф. Н.Е. Жуковского, 2005. 366 с.
3. Панченко С.Л. Системы охлаждения газовых турбин двигателей летательных аппаратов и газотурбинных установок: учеб. пособие / С.Л. Панченко, С.А. Толстов, А.А. Тиньков – Воронеж: «Роза ветров», 2023. 165 с.

УДК 662.756.3

Д.А. Прилуцкий, И.А. Телегин, В.В. Терентьев, В.В. Рябинин

ФГБОУ ВО Верхневолжский ГАУ

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ БИОТОПЛИВА

Аннотация: в статье приведены основные процессы производства биодизеля, приведены реакции этерификации с участием этанола и метанола.

Ключевые слова: биотопливо, эфиров жирных кислот, получение, метанол, щелочь, этерификация.

D.A. Prilutsky, I.A. Telegin, V.V. Terentyev, V.V. Ryabinin

METHODS FOR PRODUCING BIOFUELS

Abstracts: the article presents the main processes of biodiesel production, esterification reactions involving ethanol and methanol.

Keywords: biofuels, fatty acid esters, production, methanol, alkali, esterification.

Основным источником энергии для тяговых и транспортных средств, использующихся в сельскохозяйственном производстве, является дизельный двигатель, работающий на нефтяном топливе. Заметное истощение сырьевых ресурсов для производства дизельного топлива — нефтяных месторождений, а также экологических угроз выводит на новую ступень проблему получения и использования альтернативных топлив.

Из множества акклиматизированных масленичных культур озимый рапс способен обеспечить наибольший выход масла с гектара уступая лишь подсолнечнику и арахису при наименьшей его себестоимости [1].

Именно сложные эфиры рапсового масла наиболее широко используются для замещения дизельного топлива в Европе, а вместе с широким ареалом произрастания, делает ее основной культурой для производства биотоплив и на территории РФ.

Суть производства биодизельного топлива - в удалении из растительного жира молекул глицерина, придающего ему недопустимую для использования в двигателях вязкость, и замещение его молекулами спирта. Правильное название этого процесса — этерификация.

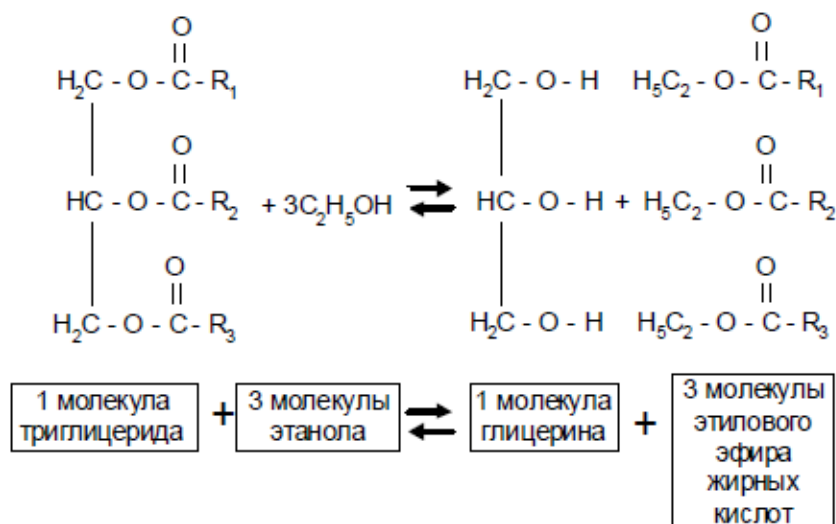
При реакции жирных кислот со спиртами (этерификации) получают сложные эфиры, которые по своим физико-химическим свойствам близки с традиционным дизельным топливом, и могут использоваться как его аналог.

Существует несколько классических способов получения эфиров жирных кислот.

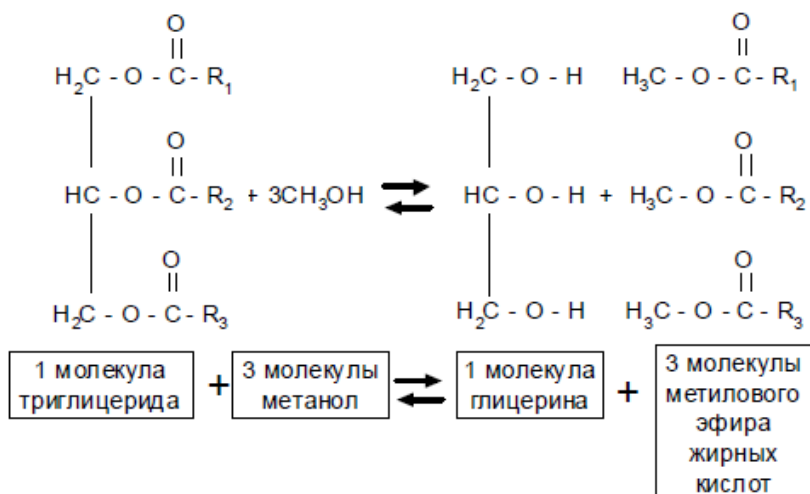
Процесс приготовления эфиров начинается с растворения жирных кислот в безводном спирте с добавкой катализатора. В качестве спирта используют этанол или метанол, а в качестве катализатора — кислоту или щелочь. При выборе этанола берут его удвоенный объем по отношению к объему жирных кислот, а катализатором служит 1–3 % концентрированной серной кислоты. Реакцию производят при температуре кипения кислот в течение 12 часов до полного связывания жирных кислот. По окончании этерификации кислоту, применявшуюся для ускорения этерификации, нейтрализуют раствором щелочи, остаток спирта отгоняют, промывают эфиры водой или проводят адсорбционную очистку, сушат.

Более быстрым способом получения метиловых эфиров жирных кислот из растительных жиров является способ прямой переэтерификацией триглицеридов жиров с метанолом в присутствии щелочного катализатора КОН или NaOH. Для этой цели в нагретый до 60–90 °С растительный жир (масло) приливают раствор КОН или NaOH в абсолютном метиловом спирте (обезвоженном). На 100 г растительного жира при этом расходуется около 20 г безводного метанола и 0,8 г КОН (NaOH). Смесь перемешивают в течение определённого времени, после чего дают ей отстояться. Через 5–10 минут происходит разделение смеси на глицерин и метиловые эфиры жирных кислот. Полученные эфиры промывают водой для их очистки от мыла, остатков катализатора и спирта, сушат. Операции водной промывки и сушки могут быть заменены на адсорбционную очистку.

Реакция этерификации с участием этанола [1] выглядит следующим образом:



Чаще используют более дешевые ингредиенты, например, не этиловый, а метиловый спирт, не NaOH, а KOH. Ниже приведена реакция с участием метанола [1]:



Реакция протекает в три стадии с образованием диацилглицеридов, затем моноацилглицеридов и, наконец, с расщеплением последних – образованием метиловых эфиров жирных кислот и глицерина.

В технической литературе описан ряд процессов переэтерификации и установок для их производства. Технологические процессы производства биодизеля можно классифицировать по принципу режима работы: на работающие в циклическом (периодическом) и непрерывном режимах. В свою очередь, каждый из этих процессов можно подразделить на другие виды, которые представлены на рисунке [2].



Рисунок. Основные процессы производства биодизеля [2]

Наибольшее распространение получили циклические процессы с использованием катализаторов и многореакторный непрерывный процесс. Первый используется в основном при относительно небольших объемах производства (до 900 т/год); для больших объемов производства (свыше 1000 т/год) предпочтителен второй.

В настоящее время во всем мире в основном применяются в качестве реагентов метанол и щелочь. [1]

Во всех схемах производства биодизеля в присутствии щелочного катализатора сначала происходит смешивание метанола со щелочью. При смешивании щелочи и метанола образуется метилат (метоксид), реакция экзотермическая:



Именно метилат натрия или калия можно считать ключевым аспектом каталитического цикла технологии переэтерификации. Они играют важную роль в общей рентабельности биодизельного производства. По данным [3, 4] метилат калия является лучшим катализатором, чем метилат натрия, поэтому при его использовании следует ожидать большей скорости и полноты реакций. Кроме того, соли калия, удаляемые из готового биодизельного топлива можно использовать как удобрения.

Затем, метилат смешивается в отдельной емкости (реакторе) с нагретым до температуры 55–90 °С растительным маслом, начинается реакция переэтерификации. Реакция переэтерификации в присутствии щелочных катализаторов происходит при непрерывном перемешивании компонентов и завершается через 1–10 часов (время зависит от температуры нагрева, состава компонентов, интенсивности перемешивания).

После завершения реакции переэтерификации требуется отстаивание для разделения первичного глицерина и метиловых эфиров растительных масел. Отстаивание может производиться в реакторе, но для повышения производительности уста-

новки и инициализации последующего процесса переэтерификации, чаще всего происходит в дополнительной емкости — разделительной колонне. Перед сбросом смеси в колонну избытки катализатора (щелочи) могут нейтрализоваться кислотой. Нейтрализация кислотой обеспечивает облегчение процесса промывки, но при этом может ухудшать качество готового биодизельного топлива.

В разделительной колонне, происходит осаждение глицерина на дне, а в верхней части концентрируются метиловые эфиры. Для разделения достаточно бывает и 20 минут, но некоторые авторы рекомендуют увеличить время осаждения до суток. При таком длительном отстаивании возможно отделение части мыла, которое появляется на границе раздела глицерина и эфиров, твердых частиц, воды.

Из разделительной колонны извлекаются неочищенные биотопливо и глицерин. Биотопливо в ректификационной колонне подвергается очистки и отгонке метанола. Из неочищенного глицерина отгоняется метанол и производится его очистка. Отогнанный метанол участвует в дальнейших реакциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев И.П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля: Монография / И.П. Васильев. Луганск: изд-во ВЛУ им. В. Даля, 2009. 240 с.
2. Слюсаренко В.В. Совершенствование процессов получения биодизеля из семян рапса // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Кишинев: Технический университет Молдовы, 2011. 31с.
3. Тютюнников Б.Н. Химия жиров: учеб. / Б.Н. Тютюнников. М.: Пищевая промышленность, 1965. 632 с.
4. Стопский Н.А. Химия жиров и продуктов переработки жирового сырья: учеб. / Н.А. Стопский. М.: Колос, 1992. 285 с.

УДК 614.842.6

Д.С. Рымаров, И.В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАНЦЕВЫХ ОГNETУШИТЕЛЕЙ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ И ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ

Аннотация: в статье представлена разработка технического решения по повышению эффективности ранцевых огнетушителей для тушения лесных и ландшафтных пожаров.

Ключевые слова: ранцевый огнетушитель, лесной пожар, ландшафтный пожар, ручной насос.

DEVELOPMENT OF A TECHNICAL SOLUTION TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF KNAPSACK FIRE EXTINGUISHERS FOR EXTINGUISHING FOREST AND LANDSCAPE FIRES

Abstracts: the article presents the development of a technical solution to improve the efficiency of knapsack fire extinguishers for extinguishing forest and landscape fires.

Keywords: satchel fire extinguisher, forest fire, landscape fire, hand pump.

Всем известно, что Россия славится своими большими лесами, которые ежегодно уничтожаются сезонными пожарами. Больше всего огненная стихия фиксируется в Республике Саха (Якутия), Хабаровском крае, Магаданской области, Амурской и Свердловской областях [1]. Чаще всего пожарные используют для борьбы с огнем пожарную технику и пожарно-техническое вооружение, ранцевые огнетушители, лопаты и прочие подручные средства.

Современный рынок представляет собой большой выбор ранцевых огнетушителей. Внешний вид и оперативно-технические характеристики у всех огнетушителей различаются, а предназначение одно — борьба с огнем в лесах и полях.

Например, ранец противопожарный «РП-18 Ермак» (рис. 1) [2] или ранцевый лесной переносной огнетушитель «Барьер» (рис. 2) [3]. Эти оба огнетушителя с ручным насосом. Для того, чтобы подать через них огнетушащее вещество, необходимо применить физическую силу. Но всем известно, что лесные и ландшафтные пожары тушатся не за два часа, а это значит, что при работе с ручным насосом пожарные будут очень быстро уставать.



Рис. 1. Ранец противопожарный «РП-18 Ермак»



Рис. 2. Ранцевый лесной переносной огнетушитель «Барьер»

Нами было собрано и испытано новое решения для такой проблемы как физическая усталость человека. Оно заключается в том, что ручной насос мы заменили на источник высокого давления (далее — ИВД), который приводится в работу всего лишь одним нажатием на кнопку питания. Данное устройство было приобретено нами в интернет-магазине [4]. Шланг для забора воды используется стационарный, к которому мы добавили с одной стороны быстросъемное соединение, а с другой стороны съемный фильтр для очистки воды (рис. 3), благодаря которому, засорение выходного отверстия ИВД уменьшится в большое количество раз. Тем самым, повышаем надежность огнетушителя и увеличиваем срок его службы. Источник высокого давления присоединяется к шлангу при помощи универсального байнетного соединения (рис. 4).



Рис. 3. Съёмный фильтр
для очистки воды



Рис. 4. Универсальное байонетное
соединение

У внедряемого в ранцевый огнетушитель устройства есть 3 вида насадок (рис. 5):

- 1) насадок красного цвета с компактной струей;
- 2) насадок белого цвета с распыленной струей;
- 3) насадок пенообразующий, объемом 0,5 л.



для компактной струи



для распыленной струи



пенообразующая

Рис. 5. Насадки

При помощи пенообразующего насадка можно подавать раствор пенообразователя низкой кратности.

У производственных образцов есть один общий минус, на который мы обратили внимание и решили его исправить, а именно неудобные и мягкие плечевые лямки, которые заменили на более широкие, жесткие и комфортные. Мы взяли подвесную систему от дыхательного аппарата АП «Омега» и закрепили на ней ранец противопожарный «РП-18 Ермак». Тем самым, снизили нагрузку на позвоночник и плечи, также защитили спину пожарного от переохлаждения при помощи ложементов на подвесной системе, который как раз находится между спиной и емкостью для воды.

Расход воды у ИВД 50 мл/сек (3 л/мин), это значит, что емкость с водой 18 литров опорожнится за 6 минут. Времени работы одного аккумулятора хватает на 35–40 минут непрерывной работы. В комплекте 2 таких аккумулятора, следовательно можно производить тушение пожара до 80 минут без дополнительной подзарядки. Дальность компактной струи до 10 метров, дальность распыленной струи до 6 метров.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что усовершенствованная разработка наиболее практичная, надежная, удобная, простая в использовании и довольно-таки необычная. Представленный ранцевый огнетушитель значительно уменьшает усталость пожарного, что немало важно при длительной и интенсивной физической нагрузке во время тушения пожара на открытой местности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Регионы России [Электронный ресурс] URL: <https://www.kommersant.ru> (дата обращения: 27.03.2024).
2. Ранец противопожарный РП-18 Ермак [Электронный ресурс] URL: <https://lessnab.com> (дата обращения: 27.03.2024).
3. Ранцевый лесной переносной огнетушитель «Барьер» [Электронный ресурс] URL: <https://www.unfire01.ru> (дата обращения: 27.03.2024).
4. Интернет-магазин [Электронный ресурс] URL: <https://ozon.ru/t/8635oKb> (дата обращения: 27.03.2024).

УДК 621.436

В.В. Рябинин, И.А. Телегин, В.В. Терентьев
ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»

ОСОБЕННОСТИ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЯ С ПРИСАДКОЙ ТОПЛИВА К ВОЗДУШНОМУ ЗАРЯДУ

Аннотация: в статье проводится анализ идеального цикла дизеля с присадкой топлива к воздушному заряду для выявления границ возможного улучшения использования тепла и описываются изменения в процессах сжатия и сгорания топлива, обосновывается возможность повышения показателей работы дизеля благодаря положительным изменениям в протекании процессов сжатия и сгорания.

Ключевые слова: раздельная подача топлива, идеальный цикл, процессы сжатия, процесс сгорания, присадка бензина к воздушному заряду дизеля.

V.V. Ryabinin, I.A. Telegin, V.V. Terentyev

FEATURES OF THE WORKING CYCLE OF A DIESEL ENGINE WITH AN ADDITIVE FUEL TO AIR CHARGE

Abstract: the article analyzes the ideal cycle of a diesel engine with fuel additive to an air charge to identify the boundaries of possible improvement in heat use and describes changes in the processes of compression and combustion of fuel, substantiates the possibility of increasing diesel performance due to positive changes in the course of compression and combustion processes.

Keywords: separate fuel supply; ideal cycle; compression processes; combustion process; gasoline additive to diesel air charge.

Одним из возможных вариантов улучшения показателей дизеля является раздельная подача топлива. Сущность раздельной подачи топлива заключается во введении небольшой порции топлива в цилиндры двигателя на такте впуска или в начале такта сжатия. Гомогенизированная смесь дополнительного топлива с воздухом находится вне концентрационных пределов воспламенения.

Дополнительное топливо может впрыскиваться форсункой или подаваться на такте впуска вместе с воздушным зарядом. Впрыск небольших количеств дополнительного топлива с хорошим распыливанием (иначе вероятен ускоренный износ двигателя из-за разжижения моторного масла на стенках цилиндра каплями топлива) в разряженный воздушный заряд и обеспечение высокой пробивной способности струй при впрыске основного топлива в более плотной среде при неизменных размерах распыливающих отверстий не нашел технического решения. По всей видимости, это противоречивое требование определило отсутствие данных об экспериментальных исследованиях этой разновидности раздельной подачи топлива.

Другим экспериментально исследованным способом введения дополнительного топлива в двигатель является его присадка к воздушному заряду. Такая схема подачи многократно увеличивает время смесеобразования, а также улучшает управление процессом сгорания, воздействием на интенсивность подачи основной части топлива. В данном случае в качестве добавочного топлива могут быть использованы горючие газы, дизельное топливо, бензин и другие виды углеводородных топлив.

Способ введения добавочного топлива определяется его свойствами. Горючий газ проще всего вводить в поток всасываемого воздуха также, как и легко испаряющиеся нефтепродукты. Топлива с иными свойствами предварительно испаряют в подогреваемом отработавшими газами газификаторе.

Многочисленные экспериментальные данные, например, изложенные в [1-3] свидетельствуют о высокой эффективности данного способа для увеличения мощности и топливной экономичности дизеля на работе на полных нагрузках. Теоретические предпосылки улучшения данных параметров двигателя определены положительными изменениями, наблюдаемыми в рабочем процессе (цикле).

Особенность рабочего цикла дизеля с раздельной подачей топлива заключается в том, что в период сжатия смеси воздуха с дополнительным топливом образуется однородная смесь. Происходящие в ней предпламенные окислительные процессы влияют на протекание процесса сгорания основной порции топлива, впрыскиваемого форсункой.

При сжатии топливовоздушной смеси протекают процессы предварительного окисления углеводородов с образованием промежуточных химических веществ: перекисей, органических кислот, спиртов, формальдегида и различных других карбонильных соединений. При определенных температурных и концентрационных условиях углеводороды проходят все стадии холоднопламенного окисления. Тепловой эффект реакций холоднопламенного окисления углеводородов составляет 4600...6700 кДж на 1 кг сгоревшего топлива, что при прочих равных условиях увеличивает температуру — T_c и давление — p_c конца такта сжатия.

Повышение параметров конца сжатия облегчает самовоспламенение и интенсифицирует процесс сгорания основной порции топлива. Иными словами, топливо, поступающее из форсунки воспламенится с минимальной задержкой и процесс сгорания завершится в термодинамически активной зоне, не позднее 40...60° поворота коленчатого вала (п.к.в.) за верхней мертвой точкой (ВМТ) в зависимости от цикло-

вой подачи топлива.

Известно, что жесткость и шумность работы дизеля в основном зависят от доли топлива впрыснутого за период задержки воспламенения. При использовании рассматриваемого способа работы двигателя за короткий период задержки воспламенения в цилиндр поступает незначительный объем горючего, и скорость распространения пламени зависит лишь от обогащения смеси вторичным топливом, впрыскиваемым форсункой. Получение плавного увеличения давления снижает шумность и динамические нагрузки на детали двигателя.

Процесс горения при подаче дополнительного топлива в фазе основного сгорания развивается быстрее, чем при традиционном дизельном процессе. Увеличивается скорость выделения тепла, что определяет лучшие топливно-экономические показатели работы двигателя с раздельной подачей топлива. Процесс сгорания при подаче дополнительного топлива охватывает больший объем заряда, существенно лучше используется воздух в цилиндре дизеля. По экспериментальным данным [3] уменьшение коэффициента избытка воздуха в данном процессе может достигать до величины $\alpha = 1,1 \dots 1,2$ без ухудшения процесса сгорания и дымления.

По ряду причин технического характера, бензодизельный процесс имеет некоторые преимущества, а именно, легкость хранения и введения в воздушный заряд, более низкая стоимость низкооктанового бензина по сравнению с дизельным топливом. Для определения границ возможного теплоиспользования в дизеле, работающем с присадкой бензина к воздуху, рассмотрим его идеальный (термодинамический) цикл. Степень совершенства этого цикла может оцениваться на основании сравнения его с циклом дизеля при условии, что количество подведенного тепла одинаково.

В бензодизельном процессе, во время сжатия смеси происходит испарение капель топлива с поглощением теплоты и при повышении температуры от сжатия до 600°K , получают развитие процессы холоднопламенного горения с выделением тепла. Не учитывая теплопередачу в стенки, значения параметров цикла в конце сжатия примут следующие математические выражение:

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{k-1} + \frac{q_1 \cdot x \cdot (Q_{\text{хп}} - r)}{C \cdot Q_{\text{нб}}}; \quad (1)$$

$$p_c = p_a \cdot \varepsilon \cdot \frac{T_c}{T_a}, \quad (2)$$

где T_a — температура рабочего тела в начале такта сжатия, $^\circ\text{K}$; q_1 — теплота, подведенная к рабочему телу от горячего источника, Дж; x — доля тепла, подводимая к рабочему телу от сгорания бензина; k — показатель адиабаты сжатия, для воздуха $k = 1,38$; $Q_{\text{хп}}$ — тепловой эффект холоднопламенного окисления углеводородов, в среднем $Q_{\text{хп}} = 5650$ кДж/кг; $Q_{\text{нб}}$ — низшая теплота сгорания бензина, $Q_{\text{нб}} = 44000$ кДж/кг; r — скрытая теплота парообразования, для бензина $r = 315$ кДж/кг; C — теплоемкость воздуха на участке процесса сжатия с подводом тепла, принимается $C = 0,876$ кДж/(кг $\cdot^\circ\text{K}$); p_a — давление в начале такта сжатия, Па;

ε — степень сжатия, для безнаддувных дизелей лежит в пределах 15...17.

По данным испытаний [1] лучшая топливная экономичность бензодизельного процесса достигается при $x=0,3...0,35$. На 1 кг рабочего тела в режиме полной мощности приходится около $q_1=2000$ кДж. Величину давления на такте впуска примем равной $p_a=0,085$ МПа, температуру $T_a=283^\circ\text{K}$, а степень сжатия $\varepsilon=16$. Результаты расчетов по формулам (1) и (2) занесем в таблицу. Параметры конца сжатия у дизельного цикла определяются по тем же формулам при условии, что $x=0$.

В соответствии с расчетами, температура конца сжатия увеличивается на 80–110°K. Данное повышение температуры, может использоваться для облегчения запуска дизеля при низких температурах окружающей среды. Для самовоспламенения топлива, температура заряда должна быть не ниже $T_c=700^\circ\text{K}$. В дизельном процессе при $T_a=243^\circ\text{K}$ температура конца сжатия составляет $T_c=697^\circ\text{K}$. При тех же условиях, в бензодизельном процессе (при $x=0,35$) $T_c=794^\circ\text{K}$ и запуск двигателя, вероятно, может быть осуществлен без применения пусковых жидкостей или подогревателей.

В двигателях с воспламенением от теплоты сжатия сгорание топлива происходит вначале (вблизи ВМТ) с высокой скоростью, затем замедляется и часть топлива сгорает в процессе расширения. Принимают, что одна часть теплоты подводится при постоянном объеме, а другая часть при постоянном давлении. Для расчета параметров идеального цикла используем формулы, приведенные в [4].

Степень предварительного расширения выражается из формулы [4]

$$\rho = \frac{q_1 \cdot Q_{\text{нб}} - x \cdot q_1 \cdot (Q_{\text{хп}} - r)}{C \cdot T_c \cdot k \cdot \lambda \cdot Q_{\text{нб}}} + \frac{1-\lambda}{k \cdot \lambda} + 1, \quad (3)$$

где λ — степень повышения давления, для дизелей с неразделенными камерами сгорания и объемным или объемно-плёночным смесеобразованием $\lambda=1,6...2,5$.

Температура рабочего тела в конце такта расширения

$$T_b = \frac{T_c \cdot \lambda \cdot \rho^k}{\varepsilon^{k-1}}. \quad (4)$$

Термический КПД обращенного цикла

$$\eta_t = 1 - \frac{q_2}{q_1} = 1 - \frac{C \cdot (T_b - T_a)}{q_1}, \quad (5)$$

где q_2 — количество теплоты отведенной от 1 кг рабочего тела за цикл, Дж/кг.

Результаты расчетов по формулам (3), (4) приведены в таблице.

Результаты термодинамического анализа рассматриваемого цикла показывают, что его термический КПД с увеличением присадки топлива к воздуху, поступающего в цилиндр, возрастает на 1,2–1,8 %. Однако, данное сравнение циклов не учитывает изменения процесса сгорания основной порции топлива в бензодизельном процессе и не объясняет лучшие результаты, получаемые при лабораторных испытаниях.

Таблица. Показатели цикла

Цикл	x	λ	$T_c, ^\circ K$	p_c, MPa	ρ	$T_b, ^\circ K$	η_t
Без присадки	0		812	3,90	2,002	1180	0,607
С присадкой	0,30	1,6	895	4,30	1,839	1157	0,617
То же	0,35		909	4,37	1,815	1154	0,618
Без присадки	0		812	3,90	1,810	1156	0,618
С присадкой	0,30	1,8	895	4,30	1,666	1135	0,627
То же	0,35		909	4,37	1,644	1132	0,628
Без присадки	0		812	3,90	1,657	1136	0,626
С присадкой	0,30	2,0	895	4,30	1,527	1119	0,634
То же	0,35		909	4,37	1,507	1116	0,635

В бензодизельном цикле увеличиваются параметры конца сжатия, сокращается время задержки воспламенения. К моменту подачи основного топлива в цилиндре уже находится топливовоздушная смесь, прошедшая все стадии подготовки к воспламенению. Количество впрыскиваемого форсункой топлива уменьшается на 30...35 %, соответственно сокращается и время впрыска. Процесс сгорания интенсифицируется, большая часть топлива сгорает вблизи ВМТ, т. е. при постоянном объеме. Увеличение доли тепла, подводимого в изохорном процессе, позволяет говорить о повышении значения λ (при соответствующем уменьшении ρ). Поэтому, при оценке степени совершенства бензодизельного цикла следует сравнивать значения термического КПД дизельного цикла, полученного при меньших значениях λ со значениями η_t цикла с присадкой, полученные при более высоких значениях степени повышения давления. При этих условиях, повышение термического КПД идеального цикла может достигать 5 %.

Теоретически степень использования тепла в рассматриваемом цикле может принимать и более высокие значения. Увеличивая долю тепла, вносимого с бензином и скорость подачи основного топлива, возможно, получить более высокие значения λ , но при этом увеличиваются давления цикла, что является ограничением дальнейшего совершенствования цикла по прочностным параметрам деталей двигателя.

Таким образом, использование бензодизельного процесса в комплексе с другими способами повышения эффективности дизелей имеет вполне обоснованные перспективы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Улучшения эксплуатационных свойств дизелей при двухфазной подаче топлива / В.В. Рябинин, И.А. Телегин, В. В. Терентьев // 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. 157-161.

2. Уханов А.П. Обогащение воздушного заряда тракторных дизелей углеводородными активаторами: монография / А.П. Уханов, М.В. Рыблов, Д.А. Уханов. Пенза: РИО ПГСХА, 2015. 199 с.

3. Хандов З.А., Ермаков В.Ф. Работа судового дизеля с двухфазной подачей. Л.: Судпромгиз, 1963. 83 с.

4. Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей. Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / Д.Н. Вырубов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин и др. Под ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983. 372 с.

УДК 621

Т.А. Салманов, В.В. Киселев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ МОБИЛЬНОЙ ПОЖАРНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ

Аннотация: пожарная робототехника стремительно развивается в последнее время, в силу специфики решаемых боевых задач для минимизации риска травмирования и гибели пожарных и спасателей. В статье представлена информация о применяемых в пожарной охране нашей страны и за рубежом робототехнических устройствах. Приведены основные типы используемых для их создания шасси, указаны основные технические и тактические характеристики.

Ключевые слова: робототехника, шасси, тушение пожара, поиск, управление, обезвреживание, разведка.

T.A. Salmanov, V.V. Kiselev

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MOBILE FIRE ROBOTICS

Abstracts: fire robotics has been developing rapidly lately, due to the specifics of the combat tasks being solved to minimize the risk of injury and death of firefighters and rescuers. The article provides information about robotic devices used in the fire protection of our country and abroad. The main types of chassis used to create them are given, the main technical and tactical characteristics are indicated.

Keywords: robotics, chassis, fire fighting, search, management, neutralization, reconnaissance.

Сегодня мы наблюдаем интенсивное развитие различных технологий, в том числе и в транспортной сфере. Активно развивается робототехника. Транспортные устройства, управление которых может осуществляться дистанционно или полностью автоматизированные устройства повышают эффективность трудовой деятельности человека или вовсе заменяют его в тех сферах, где есть потенциальная опасность для жизни и здоровья. В пожарной сфере автоматизированные устройства также нашли достаточно широкое распространение. В основном это беспилотные

летательные аппараты различных типов, применяемые для мониторинга оперативной обстановки. Кроме летательных аппаратов применяются и наземные робототехнические устройства. Такие устройства могут использоваться для подачи огнетушащих веществ, проведения разведки пожара, обнаружения загораний, поиска пострадавших, при обследовании подозрительных предметов и для решения других задач в опасной для человека среде.

Наибольшее распространение в пожарном деле получили наземные робототехнические устройства, которые применяются при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ.

Отечественными производителями выпущены различные образцы такой техники. Наибольшую известность получили такие роботизированные машины, как пожарный робот тяжелого класса, гусеничная платформа с лафетным стволом Ель-10, радиоуправляемый робототехнический комплекс пожаротушения Кедр, легкий мобильный робототехнический комплекс пожаротушения ЛУФ-60, мобильная телеуправляемая гусеничная установка Прометей и другие.

Пожарный робот тяжелого класса, гусеничная платформа с лафетным стволом Ель-10, оснащенный бульдозерным ковш-ножом (рис. 1). Также в состав оснащения входят гидравлические клещи для перемещения предметов массой до 1 тонны. Основное назначение данного роботизированного устройства — ликвидация техногенных аварий и тушение пожаров.



Рис. 1. Роботизированный комплекс Ель-10

Может подавать воду и пену на расстояние до 60 метров. В качестве базового шасси робота применена гусеничная платформа хорватского производства MV-10.

Другой робототехнический комплекс тяжелого класса, изготовленный на базовой платформе легкобронированного гусеничного тягача МТЛБ-Кедр включает в себя две единицы — это мобильный модуль и насосно-рукавная машина (рис. 2). Данный комплекс может осуществлять тушение пожаров в автоматическом режиме на удалении от водоисточника в несколько километров. Пожарный робот «Кедр» является отечественной разработкой. Эта машина не раз подтвердила свою эффективность при тушении сложных пожаров. Робот установлен на гусеничный тягач, поэтому легко преодолевает различные препятствия, а благодаря имеющейся в комплексе девятиметровой вышке, устройство легко может потушить огонь на значительной высоте. Пожарный робот может управляться не только с помощью радиосвязи, но и непосредственно водителем. Такой способ передвижения возможен только в тех условиях, когда возгорание осуществляется на открытой площадке, а в воздухе отсутствуют опасные для здоровья вещества.

Мобильная роботизированная установка «ЛУФ-60» активно используется российскими пожарными для оперативного устранения огня в автомобильных и железнодорожных тоннелях, а также в иных труднодоступных местах. Робот имеет гусеничную основу, однако при необходимости может быть оборудован катком, что позволяет подъезжать к железнодорожным путям. Тушение производится с использованием вилку-манипулятора, которая подает воду на расстояние до 65 метров. Среди особенностей использования «ЛУФ-60» следует отметить возможность создания точечной или распыленной струи воды.



Рис. 2. Пожарный робот Кедр



Рис. 3. Пожарный робот Луф 60

Роботизированная установка Прометей позволяет проводить разведку и тушить возгорания, находясь вне непосредственной близости от очага пожара. По сути, установка заменяет работу пожарного ствольщика, и способна подавать огнетушащий состав на расстояние до 45 м (рис. 4). По специфике своего назначения мобильная установка пожаротушения роботизированная МУПР «Прометей» предназначена в качестве самостоятельной единицы для проведения разведки, выявления очагов и скрытых участков горения и тушения пожаров (при подсоединенной напорной рукавной линии от пожарной автоцистерны, насосной станции или гидранта).



Рис. 4. Пожарный робот Прометей



Рис. 5. Пожарный робот (Китай)

Практически ежегодно мы можем увидеть на различных выставках и презентациях новые образцы пожарной робототехники зарубежного производства. Одним из зарубежных лидеров пожарного роботостроения является Китай. Например, пожарный робот, показанные на рис. 5, построен на гусеничном ходу и видит при помощи видеокамер, расчищает себе путь, выдерживает экстремально высокие температуры, отсасывает дым и выстреливает мощный поток воды на расстояние до 80 метров и на высоту до 50 метров. В общей сложности китайскими компаниями разработано и представлено свыше 100 моделей пожарных роботов различного функционального назначения: для мониторинга объекта защиты и проведения разведки на месте пожара, для подачи огнетушащих веществ, для дымоудаления и некоторых других видов работ.

Как показано выше, пожарные многих стран мира в настоящее время широко используют разнообразные телеуправляемые системы для тушения пожаров или проведения специальных работ на месте пожара. Следующее поколение пожарных роботизированных устройств сможет принимать ряд решений без участия человека. Технологический прорыв и массовое развертывание интеллектуальной и мобильной противопожарной техники сдерживает их высокая стоимость, часто превышающая несколько миллионов рублей. Отсутствие массового спроса не позволяет производителям задействовать эффект масштаба производства, поэтому цены на отдельные виды пожарной робототехники удерживаются на весьма высоком уровне. Тем не менее пожарная робототехника развивается, а мобильные пожарные роботизированные устройства постоянно совершенствуются. Дальнейшее развитие и разработка новых пожарных роботизированных устройств позволит повысить эффективность тушения пожаров и обеспечить безопасность пожарных и спасателей при работе в опасных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет ресурс: <https://www.montajgrad.ru/publications/pozharnyy-robot-kedr-vidy-i-printsip-raboty>.
2. Интернет ресурс: https://справка01.pф/articles/technics/pozharnyj_robot_kedr_luf-60.
3. Интернет ресурс: <https://kzst45.com/EN/catalog/spetstehnika-dlya-mvd/mobilnaya-robotizirovannaya-ustanovka-pozharotusheniya-prometey>.
4. Патент на полезную модель № 165103 U1 Российская Федерация, МПК A62C 27/00. Гусеничная пожарная машина: № 2015146347/12: заявл. 27.10.2015: опубл. 10.10.2016 / И.А. Малый, И.Ю. Шарбанова, О.И. Орлов [и др.]; заявитель 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» (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России).
5. Киселев В.В., Иванов В.Е. Конструирование робототехнического комплекса легкого класса на основе модульной компоновки для мониторинга, разведки и тушения загораний // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2021. № 11. С. 483-485.
6. Киселев В.В. Разработка разведывательно-поискового роботизированного устройства для пожарно-спасательных подразделений // В сборнике: Актуальные вопросы перспективных направлений применения вооружения, военной и специальной техники. Сбор-

ник научных трудов III Межведомственной научно-практической конференции. 2021. С. 203-207.

7. Киселев В.В. Конструирование робототехнического комплекса легкого класса на основе модульной компоновки для мониторинга, разведки и тушения загораний // В сборнике: Комплексные проблемы техносферной безопасности. Материалы VI Международной научно-практической конференции. В 3-х частях. Отв. редактор И.Г. Дроздов. Воронеж, 2021. С. 372-375.

8. Киселев В.В. Перспективы применения робототехники в области обеспечения пожарной безопасности // В сборнике: Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России. Иваново, 2020. С. 144-147.

УДК 614.841.41

Н.Л. Сафонова

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина»

ПРОБЛЕМА СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПРИ РАЗЛИТИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аннотация: в статье рассматриваются возможности негативного воздействия на окружающую среду при разливе в почву нефтепродуктов. Рассмотрены методы количественного определения химического загрязнения и описывается проблема состояния почвы при воздействии на нее нефтепродуктов.

Ключевые слова: разлив нефтепродуктов, анализ почвенного покрова, метод экспресс-скрининга.

N.L. Safonova

THE PROBLEM OF THE STATE OF THE SOIL COVER DURING THE SPILL OF PETROLEUM PRODUCTS

Abstracts: the article discusses the possibilities of negative environmental impact when oil products are spilled into the soil. The methods of quantitative determination of chemical pollution are considered and the problem of soil condition when exposed to petroleum products is described.

Keywords: oil spill, soil cover analysis, rapid screening method.

Опасным фактором, который может возникнуть при разливе нефтепродуктов и привести к чрезвычайным ситуациям, является негативное воздействие на окружающую среду. Нефтяное загрязнение по-разному влияет на различные элементы природной среды. В воздухе и в водоемах загрязнения могут рассеиваться под воздействием ветра, течений, осадков и т.д. При этом часто может сложиться ситуация, при которой содержание химических загрязняющих веществ в поверхностных водах, в частности нефтепродуктов, укладывается в существующие нормы, а при из-

менении гидрологической обстановки (волны, ветер) аналогичные пробы показывают значения, существенно превышающие допустимые. Такая ситуация может возникнуть, если вредные химические вещества накапливаются в твердофазных элементах окружающей среды (почвах, донных отложениях). В таких случаях часть подвижных нефтяных соединений может переходить в атмосферу или гидросферу, а затем переноситься водными и воздушными потоками в зоны накопления.

Например, 14 марта 2020 г. в Находке (Приморский край) на складе котельной КГУП «Примтеплоэнерго» произошел взрыв. В результате происшествия разлилось около 2,5 тысячи тонн мазута, был введен режим ЧС. По данным МЧС, на складе котельной разгерметизировалась емкость с топочным мазутом объемом почти три тысячи кубометров. Произошло загрязнение мазутом водного объекта и береговой полосы озера Соленое. Мазут вылился и в реку, которая перетекает в озеро. Это очень серьезная катастрофа [1].

Другим примером могут служить проведенные исследования состояния объектов окружающей среды у поселка Холодные Ключи Оренбургского района, где 24 сентября 2023 загорелись цистерны с нефтепродуктами. Приблизительная площадь пожара — 500 квадратных метров. Областная Экологическая служба проверила качество воздуха в поселках, расположенных вблизи возгорания цистерн с нефтепродуктами. Как сообщили в пресс-службе Минприроды, превышения ПДК вредных веществ не обнаружено. Воздух проверяли поздним вечером 24 сентября в поселках Юный и Каргала. В ходе исследований проб воздуха с жилых территорий превышений нормативного содержания вредных веществ не зафиксировано [2].

Больше, чем где-либо еще, в почве происходит накопление загрязняющих веществ, лишь частично подверженных миграции и вымыванию грунтовыми водами. Нефть, залегающая в грунте и погребенная в почвенных насыпях, становится постоянным источником загрязнения подземных вод и поверхностных водоемов, создавая наибольшую угрозу долгосрочному устойчивому воздействию на окружающую среду. Почва является важным компонентом окружающей среды, отражая ее долговременное состояние. Она выполняет роль депонирующего элемента природных экосистем. Когда нефтепродукты попадают в почву, они подвергаются различным изменяющимся факторам, таким как испарение, окисление, биodeградация и растворение в почвенных водах. Интересно отметить, что почва может служить универсальным индикатором химического загрязнения. Анализ почвенного покрова играет ведущую роль в экологическом мониторинге окружающей среды. Он позволяет определить уровень загрязнения и оценить его влияние на окружающие экосистемы и здоровье людей. Химический состав почвы оказывает значительное влияние на локальное состояние воздушной среды и водного бассейна. Например, некоторые химические вещества, содержащиеся в почве, могут испаряться и попадать в атмосферу, что приводит к загрязнению воздуха. Кроме того, загрязненная почва может стать источником загрязнения подземных вод и поверхностных водных ресурсов, влияя на качество питьевой воды и биологическое разнообразие водных экосистем [3].

Важной составляющей любой нормализации состояния природной среды является система аналитических методов количественного определения химических загрязнителей. Почва всегда содержит вещества органической природы. Некоторые из них, хотя и не являются нефтепродуктами, но при физико-химическом анализе могут давать аналитический сигнал, аналогичный аналитическому сигналу от техногенных нефтепродуктов. Конечно, чем эффективнее и избирательнее метод анализа,

тем больше возможностей для выделения техногенной составляющей из всего комплекса органических соединений почвы. Решение такой задачи возможно при наличии данных о фоновых значениях содержания органических компонентов в почвах, которые имелись до начала эксплуатации нефтехимических объектов [4]. Для того чтобы уверенно установить различия между компонентами нефтяного загрязнения и фоновыми органическими соединениями почв, необходимо проводить исследования на молекулярном уровне. При этом наилучшие результаты дают такие методы анализа, как газовая и жидкостная хроматографии, хромато-масс-спектрометрия, ЯМР-спектроскопия. Применение этих методов требует большого количества контрольно-измерительных приборов, аналитических и трудоемких работ.

На практике применяются методы экспресс-скрининга для обследования относительно больших территорий [5]. Не допуская анализа индивидуального состава нефтепродуктов, эти методы способны дать общую интегральную характеристику содержания нефтепродуктов. Быстрое массовое определение содержания нефтепродуктов позволяет быстро оценить степень загрязнения природных объектов, выявив зоны с различным уровнем загрязнения. Обработка результатов скрининговых определений методами математической статистики позволяет выявить локальные очаги или крупные участки нефтяного загрязнения на естественном фоне, выявить аномальные зоны загрязнения, рассчитать валовое количество загрязняющих веществ в природной среде, оценить экологический ущерб.

Нефтяное загрязнение является сложной проблемой, и одним из факторов, которые вносят неопределенность в его изучение, является понятие «нефтепродукты». Этот термин имеет несколько значений, что может вызывать путаницу. В различных научных областях эти термины могут иметь разное содержание, что усложняет общее понимание. Если мы рассматриваем все компоненты нефти как нефтепродукты, то это включает в себя широкий спектр углеводородов - алифатических, алициклических и ароматических соединений, а также гетерогенные смолистые и асфальтеновые соединения. Однако, согласно ГОСТу [6], нефтепродуктом считается готовый продукт, полученный в результате переработки нефти, газоконденсата, углеводородного или химического сырья. Для этого определения также используется термин «товарные нефтепродукты».

Методика, утвержденная для государственных экологических контролей [5], предполагает, что нефтепродукты являются неполярными и низкополярными углеводородами, несорбируемыми на алюминиевом оксиде. Способ состоит в выведении из почвы и донных отложений экстрагируемых органических соединений четыреххлористым углеродом (ЭОС-ЧХУ), хроматографическом отделении нефтепродуктов от родственных органических соединений других классов, и количественном определении нефтепродуктов (НП) по интенсивности поглощения в ИК-области спектра. Это определение допускает классификацию «нефтепродуктов» практически только углеводородной (УВ) части компонентов нефти. Экстрагируемые смолистые компоненты разделяют хроматографией на окиси алюминия. В некоторых случаях экстракцию осуществляют гексаном, а также тетрахлорэтиленом.

В нефтяной геохимии еще с советских времен принято использовать хлороформ в качестве экстрагента. Этот растворитель, более полярный, чем гексан или четыреххлористый углерод, извлекают из образца более широкий спектр веществ, главным образом смолистую асфальтеновую часть. Однако общее количество извлеченных углеводородов (Σ УВ) также увеличивается за счет того, что хлороформ

«распечатывает» часть пор образца почвы, закрытых асфальтенами. По некоторым оценкам количество извлекаемых углеводов увеличивается при этом на 30 %. При хлороформной экстракции на силикагеле проводят разделение углеводородной части экстракта и разделение его групп на метан-нафтовые углеводороды (МНУ) и ароматические углеводороды. Количественное определение проводят гравиметрическим методом. Как уже говорилось, оценка нефтяного загрязнения почвы является сложной задачей. Иногда даже очень высокие значения общего содержания нефтепродуктов не отражают техногенного загрязнения, а связаны с генетическими особенностями самой почвы. Задача установления градаций «фактического» уровня загрязнения почвенного покрова нефтепродуктами еще ждет своего разрешения. Многие руководящие документы, содержащие такие градации, дают заметно различающиеся количественные показатели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В Находке произошел взрыв емкости с мазутом и разлив топлива – в городе введен режим ЧС [Электронный ресурс] URL: <https://www.newsvl.ru/accidents/2020/03/14/188459/#ixzz8EKEsv7DH> (дата обращения: 25.03.2024).
2. Один человек пропал и один пострадал: под Оренбургом случился серьезный пожар на нефтебазе [Электронный ресурс]. URL: <https://www.orenburg.kp.ru/daily/27559/4828017/> (дата обращения: 25.03.2024).
3. Фаргиев М.А. Анализ состояния почвенного покрова на объектах нефтегазового комплекса по результатам изучения перераспределения нефтяного загрязнения между сопредельными природными средами / М.А. Фаргиев, М.А. Галишев, О.В. Щербаков // Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2013. №3 (27). С. 40-47.
4. Егорилов П.Н. Установление индивидуальных характеристик состава нефтепродуктов методами системного анализа / П.Н. Егорилов, Ю.Н. Бельшина, С.В. Шарапов и др. / Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере». 2013. №1 (25). С. 23-31.
5. Золотов Ю.А. Скрининг массовых проб / Ю.А. Золотов // Журнал аналитической химии. 2001. Т. 56. № 8. С. 794.

УДК 614.842.66

А.П. Сахнов, А.Е. Витохин, Д.Х. Муллоянов

Дальневосточная пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К ТУШЕНИЮ ПОЖАРОВ В АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВАХ И РАЗВИТИЕ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация: в данной работе содержится информация о различных видах систем пожаротушения для транспортных средств и их преимуществах, а также об особенностях системы “Firetrace”. Она описывается как простая в установке и надежная система, которая реагирует на признаки огня и тушит его в нужном месте.

Ключевые слова: инновационные подходы, тушение пожаров, автотранспортные средства, развитие систем пожаротушения, актуальные проблемы, перспективы.

A.P. Sakhnov, A.E. Vitokhin, D.H. Mulloyanov

INNOVATIVE APPROACHES TO EXTINGUISHING FIRES IN VEHICLES AND THE DEVELOPMENT OF FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS: CURRENT PROBLEMS AND PROSPECTS

Abstracts: this work contains information about various types of fire extinguishing systems for vehicles and their advantages, as well as about the features of the "Firetrace" system. It is described as an easy-to-install and reliable system that reacts to signs of fire and extinguishes it in the right place.

Keywords: innovative approaches, fire extinguishing, motor vehicles, development of fire extinguishing systems, current problems, prospects.

Пожары влияют не только на здания или сооружения, но также и на транспортные средства. Когда внутри автомобиля вспыхивает пожар, он может быть таким же сложным и запутанным, как и пожар, который возник в многоэтажном здании, отеле или кинотеатре. В современном мире существует немало разных способов тушения. На данный момент существуют несколько видов наиболее распространенных типов систем пожаротушения транспортных средств, которые положительно влияют на безопасность водителя и самого автомобиля.

Системы порошкового тушения [1]. Первая система, которая заслуживает рассмотрения, — это система порошкового пожаротушения, которые изолируют огонь подачи кислорода, что делает безопасным для оператора использование вторичных пожарных стартеров — объектами вокруг огня, которые могут возгораться, сгорать и нести ущерб людям и окружающей среде. Системы порошкового пожаротушения транспортных средств чрезвычайно полезны, но они не являются гарантом того, что возгорание будет ликвидировано. Это означает, что любые горючие или любые другие легковоспламеняющиеся вещества должны быть удалены или же смочены, чтобы они не загорались и не загорелись, тем самым причиняя ущерб.

Системы тушения тонкораспылённой водой [4]. Эта системы пожаротушения транспортных средств работают несколько по-другому. Они начинают с тушения или подавления пожара. Затем данная система охлаждает все, что может загореться и привести к дальнейшему распространению огня. Поскольку огнетушащим веществом является жидкость, она может впитываться в горючие материалы, предотвращая их горение. Так как они выполняют оба действия, системы распылённого пожаротушения являются наиболее популярным выбором для многих водителей, а также предприятий для установки в своих зданиях, независимо от того, какой отрасли служат эти здания.

Системы комбинированного тушения [2]. Комбинированное тушение используют одновременно как порошковые, так и водяные системы пожаротушения. Порошок, распределяемый системой, тушит пожар, в то время как жидкость, распределяемая равномерно, помогает охладить все, что находится поблизости, в следствие чего предотвращает распространение огня и повторное возгорание. Стоит отметить, что данная система является одной из самых надёжной и эффективной.

Системы для небольших транспортных средств [3]. Преобладающим количеством транспортных средств являются легковые машины, которые также стоит оснастить средствами, либо системами пожаротушения. Небольшие системы могут защитить отдельные компоненты в салоне автомобиля и предотвратить возгорание, которые могут стоить не только материальных ценностей, но и жизни.

Помимо систем противопожарной защиты, предложенных выше, есть ещё один современный способ предотвратить распространение огня, а также защитить транспортное средство от внешних негативных воздействий. Для этого используют керамическое огнезащитное покрытие. В его состав входят: полимеры, силикаты, а также кварцевый песок. Такое покрытие наносят тонким слоем на кузов автомобиля.

Так же существует действенная система пожаротушения автомобиля, идеально подходящая для защиты моторных отсеков двигателя.

Разработанная без использования дорогостоящей электроники, система вместо этого работает под установленным давлением, что значительно упрощает ее эксплуатацию.

Суть заключается в установке трубки обнаружения по всему моторному отсеку. После монтажа она будет быстро и точно реагировать на любые признаки огня и действовать, чтобы потушить его до того, как возникнет риск его распространения на другие части двигателя.

Эта система не требует отдельных резервных линий питания, а также имеет минимум движущихся частей, что приводит к высоконадежной и долговечной системе.

Используя порошок или инертный газ, система способна ликвидировать любое возгорание в отсеке двигателя. Так же она проста своим устройством в установке и поставляются со всеми необходимыми креплениями и инструкциями по установке.

Данная система пожаротушения автомобиля использует линейную трубку обнаружения, которая устанавливается по всему моторному отсеку и соединена с клапаном цилиндра. После того, как сжатый воздух или азот были использованы для зарядки трубки, огнетушитель затем остается в камере до тех пор, пока трубка остается нетронутой.

В случае возникновения высокой температуры или пожара трубка под давлением разрушается, и огнетушащее вещество будет направлено непосредственно из взрывного отверстия на огонь. Это означает, что огнетушащее вещество всегда направленно именно в нужном месте.

В качестве дополнительной функции есть возможность включить переключатель, который будет держаться под давлением и, таким образом, держаться закрытым. Если по какой-либо причине происходит потеря давления или если трубка сломается, то переключатель будет открыт и подаст сигнал. Эта функция может обеспечить способ изоляции питания или звука тревоги, или обе функции в сочетании.

Быстрое обнаружение является ключевым, так как система быстро обнаруживает огонь и ликвидирует его в точке, где он начался, используя только небольшие объемы активных веществ. Установка под капотом автомобиля делает систему простой в обслуживании и монтаже. Это также помогает сделать модернизацию простой.

Изготовленные в соответствии со всеми требованиями ISO 9001:2015 [5], системы имеют международное подтверждение.

Все вышеперечисленные системы пожаротушения являются надёжной защитой транспортного средства, благодаря которой возможно предотвратить пожар.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Навацкий А.А., Бабуров В.П., Бабурин В.В. и др. Производственная и пожарная автоматика. Ч. 1. Производственная автоматика для предупреждения пожаров и взрывов. Пожарная сигнализация: Учебник / Научн. ред. канд. технических наук, доц. А.А. Навацкий. М.: Академия ГПС МЧС России, 2005. 335 с.
2. Горина Л.Н. Пожарная автоматика электронное учебно-методическое пособие / Л.Н. Горина, Т.В. Семистенова. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2018. 210с.
3. Долговидов А.В., Сабинин О.Ю., Терехнев В.В. Автономное пожаротушение: реальность и перспективы. Учебное пособие. Екатеринбург: ООО «Издательство «Калан», 2014. 204 с.
4. Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений. М.: Пожкнига, 2004. 256 с., ил.
5. ISO 9001:2015 Quality management systems – Requirements (IDT).

УДК 614.846.6

А.Д. Семенов, А.Н. Бочкарев, С.А. Мезенев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ АВТОМОБИЛЯ БЫСТРОГО РЕАГИРОВАНИЯ (АБР) НА БАЗЕ МАШИН ПРОЕКТА «PICAR» ПО ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ОТ ЛАНДШАФТНЫХ ПОЖАРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПРЕССИОННОЙ И БЫСТРОТВЕРДЕЮЩЕЙ ПЕНЫ

Аннотация: в данной статье рассматривается возможность создания автомобиля быстрого реагирования, на базе машин проекта «PICAR», на основе анализа технических характеристик базового шасси и пожарного оборудования для подачи компрессионной и быстротвердеющей пены.

Ключевые слова: автомобиль быстрого реагирования, компрессионная пена, твёрдопенное пожаротушение, базовое шасси.

A.D. Semenov, A.N. Bochkarev, S.A. Mezenev

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF CREATING A RAPID RESPONSE VEHICLE (ADB) BASED ON «PICAR» PROJECT VEHICLES TO PROTECT SETTLEMENTS FROM LANDSCAPE FIRES USING COMPRESSION AND FAST-HARDENING FOAM

Abstracts: This article discusses the possibility of creating a rapid response vehicle (ADB), based on the «PICAR» project machines, based on an analysis of the technical characteristics of the base chassis and fire equipment for supplying compression and fast-hardening foam

Keywords: rapid response vehicle, compression foam, water-based fire extinguishing, basic chassis

Параметры пожарного автомобиля, которые определяют его тактико-технические возможности, характеризуются техническими возможностями базового шасси (грузоподъемность, мощность двигателя, массогабаритные параметры и др.), оптимальным количеством и характеристиками пожарного оборудования, возимым запасом огнетушащих веществ и рациональностью размещения пожарного оборудования. Технические характеристики базового шасси аварийно-спасательных машин проекта «PICAR».

Аварийно-спасательная машина «PICAR» (рис. 1) разработана для использования в подземных аварийных горных выработках в местах, где отсутствует угроза взрывоопасной атмосферы. Эта машина предназначена для транспортировки людей в кабине и кузове, а также для перевозки материалов или оборудования с учетом максимальной грузоподъемности [4].

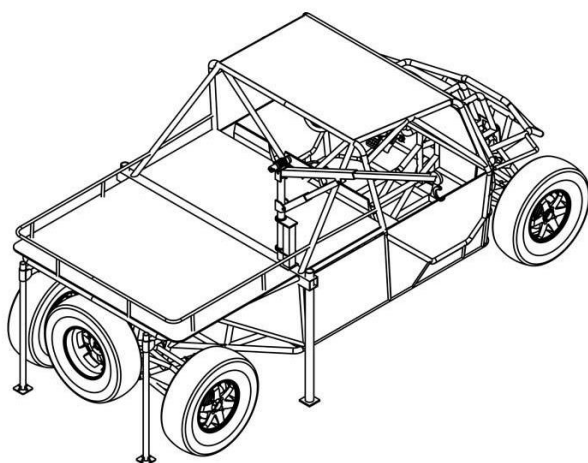


Рис. 1. Общий вид базового шасси аварийно-спасательных машин проекта «PICAR»

Значения массогабаритных размеров базового шасси аварийно-спасательных машин проекта «PICAR» представлены в таблице [4].

Таблица. Технические характеристики базового шасси аварийно-спасательных машин проекта «PICAR»

	Пассажирская	Грузовая	Короткая
Габариты			
Длина	4287 мм	4168 мм	3456 мм
Ширина	1837 мм		
Высота	1830 мм	1950 мм	
Масса груза	не более 300 кг		
Кабина (открытая)			
Вместимость	6 человек		3 человека

В ходе анализа технических характеристик базового шасси аварийно-спасательных машин проекта «PICAR» было установлено, что максимальная грузоподъемность шасси составляет 300 кг.

В рамках предположений, для АБР должна быть установлена система пожаротушения компрессионной и быстротвердеющей пеной. Проведем сравнительный анализ технических характеристик таких установок.

Рассмотрим технические характеристики установок получения компрессионной пены, представленных на рис. 2 и 3.

NATISK-35BL (рис. 2) — передвижное устройство массой 85 кг, с дальностью подачи огнетушащего вещества до 18 метров и объемом производимой пены до 330 литров за 47 секунд [3].

NATISK-100BL (рис. 2) — мобильное устройство массой 207 кг, с дальностью подачи огнетушащего вещества 20 метров и объемом производимой пены до 900 литров за 93 секунды.

NATISK-300BL (рис. 2) — мобильное устройство массой 650 кг, с дальностью подачи компрессионной пены до 23 метров, объемом производимой пены до 6000 литров (сравнимым по ресурсу с пожарной автоцистерной тяжелого класса) за 125–187 секунд.



NATISK-35 BL



NATISK-100 BL



NATISK-300 BL

Рис. 2. Установка пожаротушения

Анализ технических характеристик установок пожаротушения NATISK, представленных на рис. 2, показал, что они отличаются между собой массогабаритными показателями и временем подачи огнетушащего вещества от 50 с до 180 с. Перезарядку установок можно осуществить только при возвращении АБР в подразделение. Кроме того, установка NATISK-300 BL имеет массу в снаряженном состоянии 650 кг, что превышает грузоподъемность базового шасси.

Станция пожаротушения NATISK-600KS (рис. 3) монтируется на прицепе и имеет возможность подачи дополнительного объема огнетушащих веществ при помощи мотопомпы из открытого водоисточника. Масса данного устройства составляет 1000 кг. Дальность подачи до 23 метров, объем производимой пены до 6000 литров (сравним по ресурсу с пожарной автоцистерной тяжелого класса), время работы установки определяется наличием водоисточника.



Рис. 3. Станция пожаротушения NATISK-600KS



Рис. 4. Огнетушитель твёрдопенного пожаротушения OTPT-35/2-СДКП

Таким образом, монтаж станции пожаротушения NATISK-600KS возможно осуществить только на прицеп к аварийно-спасательной машине «PICAR», что приведет к снижению ее мобильности и тягово-скоростные характеристики.

Рассмотрим оборудование для подачи быстротвердеющей пены, такое как огнетушитель твердопенного пожаротушения OTPT-35/2-СДКП. Он имеет емкость 30 литров с резервуаром на ручной тележке массой 75 кг, дальностью подачи до 7 метров, объемом производимой пены до 30 литров за 30 секунд (рис. 4).

Анализ технических характеристик пожарного оборудования для подачи быстротвердеющей пены показывает, что установки не являются автономными, отличаются массогабаритными параметрами и временем подачи огнетушащего вещества до 35 секунд. После применения требуется перезарядка, которую можно осуществить только при возвращении АБР в подразделение. Таким образом, создание АБР с установками компрессионной и быстротвердеющей пены на предлагаемом базовом шасси нецелесообразно, поскольку:

- базовое шасси аварийно-спасательных машин проекта «PICAR» имеет недостаточную грузоподъемность для транспортировки рассматриваемых установок;
- установки подачи компрессионной и быстротвердеющей пены не являются автономными и характеризуются относительно небольшим временем работы, которое зависит от объема емкости с огнетушащим веществом;
- перезарядку рассмотренных систем после их применения возможно осуществить только при возвращении АБР в подразделение.

Таким образом, установка указанных систем на рассматриваемое шасси аварийно-спасательной машины «PICAR» не обеспечила бы необходимой эффективности в условиях проведения боевых действий по защите населенных пунктов от ландшафтных пожаров с применением компрессионной или быстротвердеющей пены из-за ограничений по грузоподъемности, времени работы и возможностям перезарядки огнетушащего вещества.

Проблемой модернизации пожарной техники для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ, решение которой позволит более эффективно выполнять комплекс мероприятий по тушению пожаров и ликвидации чрезвычайных ситуаций, занимается научно-педагогический состав [1, 2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Букорос Н.С. Разработка закрытой передвижной катушки для ствола-распылителя высокого давления / Букорос Н.С., Бочкарев А. Н. Текст: электронный // Труды Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск, 2022 «Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций». 2022. С. 408-411. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48866745> (дата обращения: 12.03.2024). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Семёнов А. Д. Модернизация техники коммунального машиностроения для целей пожаротушения / Семёнов А. Д., Бочкарев А. Н., Букорос Н.С. Текст: электронный // Труды Всероссийской научно-практической конференции. Железногорск, 2022 «Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций». 2022. С. 363-365. [Электронный ресурс] URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48866730> (дата обращения: 12.03.2024). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. «NATISK» // ООО «БРАНДМАУЭР». ЕКАТЕРИНБУРГ, 2024. [Электронный ресурс] URL: <https://natisk-system.ru/> (Дата обращения: 12.03.2024).
4. «PICAR» // ООО «ПИК МАЙНИНГ». МОСКВА., 2024. [Электронный ресурс] URL: <https://picar-motors.ru/> (Дата обращения: 12.03.2024).

УДК 624.042.2

М.А. Скворцова, М.А. Ноздрин

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛЮСТИ «ГРЕЙФЕРА ДЛЯ ЛЕСА»

Аннотация: показана актуальность совершенствования конструкций кранового оборудования, в частности, грузозахватных устройств — грейферов. Приводится их классификация по виду захватываемого груза, способу его захвата, числа челюстей и типа приводного механизма. Рассматриваются аналитические и численные расчеты челюсти «Грейфера для леса». Получены диаграммы напряжений и деформаций.

Ключевые слова: грейфер для леса, челюсть, напряжения, деформации, численный расчет.

М.А. Skvortsova, M.A. Nozdrin

CALCULATION OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE JAW OF THE «TIMBER GRABBER»

Abstracts: the urgency of improving the design of crane equipment, in particular, load-capturing devices — grabbers, is shown. Their classification according to the type of the gripped cargo, the method of its gripping, the number of jaws and the type of drive mechanism is given. Analytical and numerical calculations of the jaw of the "Timber Grapple" are considered. Stress and strain diagrams are obtained.

Keywords: timber grapple, jaw, stresses, deformations, numerical calculation.

Механизация технологического процесса работы кранового оборудования осуществляется с помощью специальных грузозахватных устройств, называемых грейферами. Использование грейферов позволяет минимизировать ручной труд и значительно повысить производительность труда, так как при работе со строповой погрузкой и штабелевкой необходимо привлекать 2–3 дополнительных работника, помимо крановщика.

Грейферы состоят из рабочих органов, то есть челюстей, которые закреплены шарнирно на раме, а также приводного механизма. Принцип действия грейфера заключается в том, что при опускании челюстей в открытом положении они входят в груз, а затем, под воздействием привода, смыкаются, захватывая и поднимая часть груза, находящегося между челюстями.

Грейферы могут быть классифицированы в зависимости от вида захватываемого груза, способа его захвата, числа челюстей и типа приводного механизма. Вид, форма, размер и способ захвата груза определяют различные типы грейферов: радиальные (рис.1 а, б, в, г), ковшовые (рис. 1 е), торцовые (рис.1 ж), а число челюстей — двух- и многочелюстные (рис.1 д). Радиальные грейферы применяются для захвата круглых лесоматериалов, таких как бревна и хлысты. В отличие от них, торцовые грейферы выравнивают бревна и кряжи по торцам при захвате. При погрузке сыпучих лесоматериалов, таких как щепа, опилки и мелкие кусковые отходы, используют ковшовые и многочелюстные грейферы.

По типу привода грейферы делятся на канатные: одно-, двух и четырехканатные (рис.1 а, е) и приводные: моторные (рис.1 б, в), гидравлические (рис.1 г) и пневматические. В канатных грейферах челюсти смыкаются с помощью каната от лебедки, установленной на кране, а в приводных — с помощью привода, находящегося на самом грейфере.

Грейфер имеет раму, челюсти и электрогидропривод. Кроме того, он оснащен тягами подвески челюстей, связанными с механизмом синхронизации их смыкания и размыкания. Гидроприводом грейфера включается эксцентриковый поршневой насос, гидроцилиндры смыкания и размыкания челюстей и механизма поворота грейфера [2].

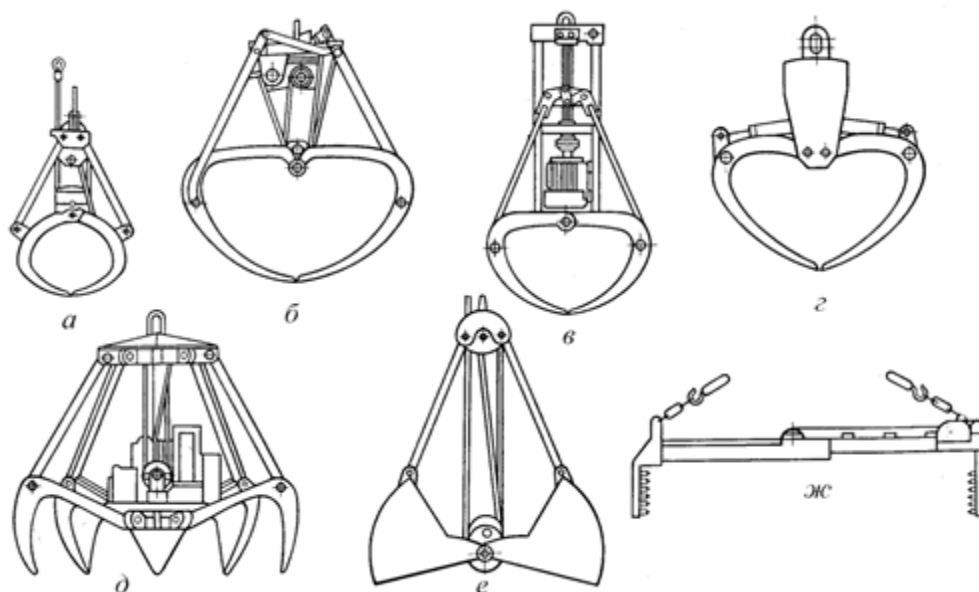


Рис. 1. Типы грейферов: а, б, в, г — радиальные; д — многочелюстной; е — ковшовый; ж — торцовый

За исходные данные для расчета принимаем кинематическую сборочную модель «Грейфера для леса» в КОМПАС-3D (рис. 2). Для дальнейшей работы и расчета в ANSYS на прочность упрощаем ее, так как программа не может рассчитать модель, в которой есть множество небольших отверстий, фасок и зазоров. В программе КОМПАС-3D убираем фаски и зазоры, а также болты, трубы и небольшие отверстия (рис. 3).

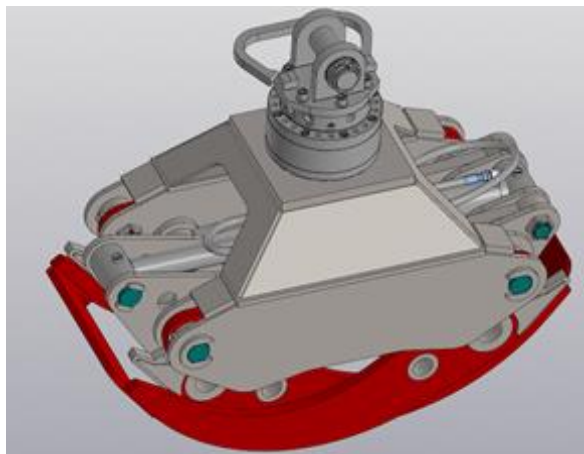


Рис. 2. Кинематическая сборочная модель грейфера

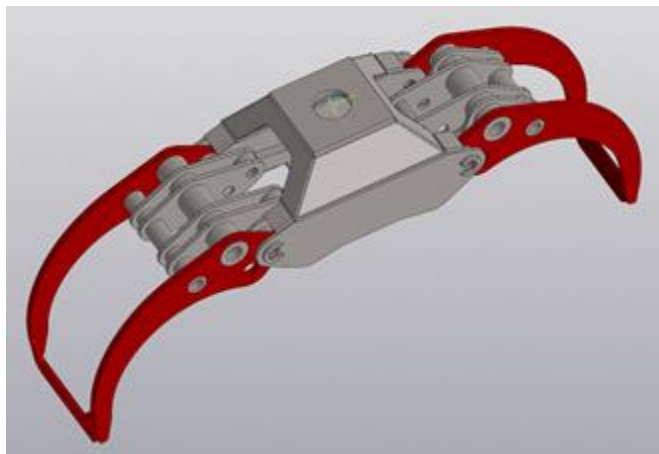


Рис. 3. Упрощенная сборочная модель грейфера

Для каждой детали присваиваем определённый материал: для челюстей и тяги – НВ450, для остальных деталей – 09G2S.

Создаем для модели конечно-элементную сетку из треугольников. Задаем граничные условия – жестко закрепляем верхнее основание и концы челюстей грейфера, прикладываем силы на две тяги, равные 274 кН.

Получены следующие результаты расчетов: максимальная деформация 0.92 мм (рис.4); максимальное эквивалентное напряжение 232 МПа в месте прикладываемой силы (рис.5).

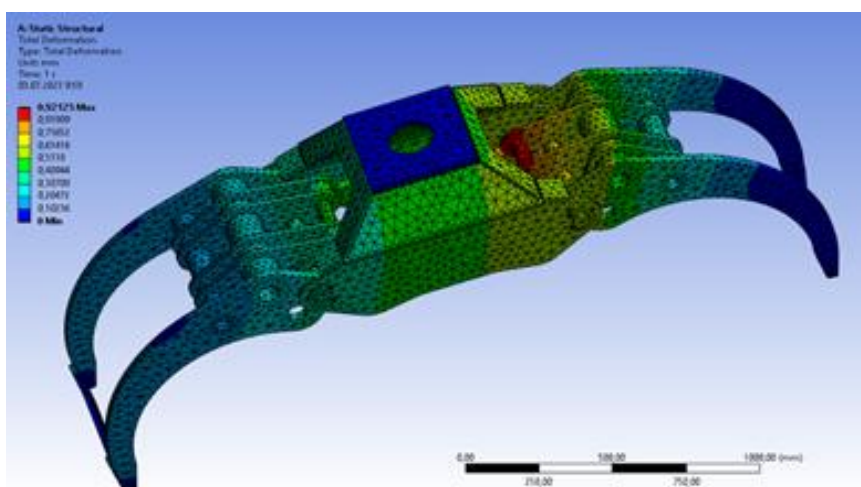


Рис. 4. Деформация модели

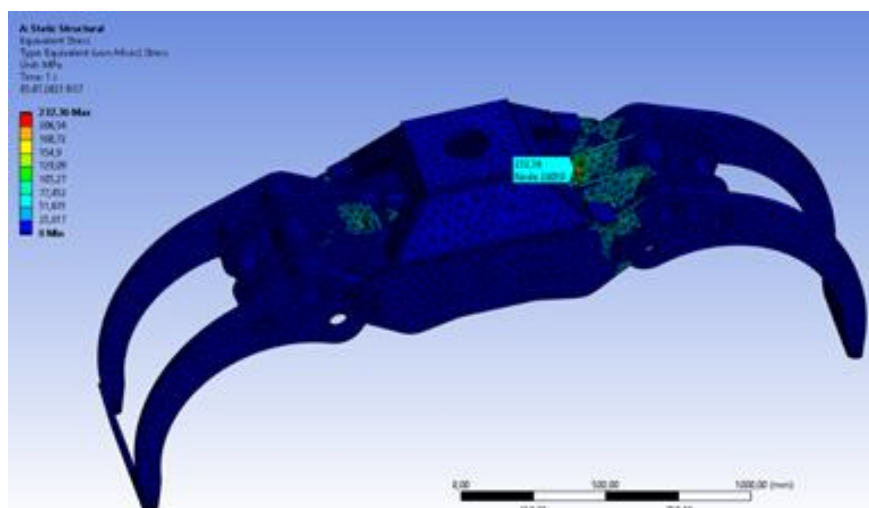


Рис. 5. Эквивалентное напряжение

Численный расчет позволяет определить максимальные напряжения и деформации не только для детали «Челюсть», но и по всей модели «Грейфера для леса» [1]. Аналитический расчет выполнялся приближенно методами сопротивления материалов [3] с упрощенной конструкцией. В численном расчете максимальное напряжение достигает 232 МПа, а в аналитическом расчете — 142 МПа.

Численный расчет в программе ANSYS дает более достоверные результаты, которые используются для дальнейшего анализа конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Денисов М. А. Компьютерное проектирование. ANSYS: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 77 с.
2. Лой В. Н., Протас П. А., Завойских Г. И. Лесоскладское грузоподъемное оборудование: учебно-методическое пособие. Минск: БГТУ, 2005. 102 с.
3. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. Киев: Наук, думка, 1988. 736 с.

УДК 621

В.Е. Скрябин, Н.А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

**ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ**

Аннотация: в статье приводится статистический обзор отказов техники и обоснование применения метод оптимизации парка техники в условиях неполной определенности. Авторами приводится последовательность этапов от создания математической модели, ввода данных до принятия управленческих решений, на основании которых параметризована и представлены результаты исходной и оптимизированной моделей для сравнительного анализа. Решение по оптимизации рационализировано за счет реновации, что экономически выгодно.

Ключевые слова: оптимизация в условиях неполной определенности, парк пожарной техники, математическая модель, износ техники, безопасность.

V.E. Skriabin, N.A. Kropotova

OPTIMIZATION SOLUTIONS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF THE FIRE EQUIPMENT MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM

Abstracts: the article provides a statistical overview of equipment failures and substantiation of the application of the method of optimizing the fleet of equipment in conditions of incomplete certainty. The authors present a sequence of stages from the creation of a mathematical model, data entry to management decision-making, on the basis of which the results of the initial and optimized models for comparative analysis are parameterized and presented. The optimization solution has been rationalized through renovation, which is economically beneficial.

Keywords: optimization in conditions of incomplete certainty, fire equipment fleet, mathematical model, equipment wear, safety.

Экономическое развитие в России в последние годы определялось ростом производства в металлургической, химической и энергетических отраслях. Такая направленность является предпосылкой экологических, техносферных катастроф и вероятность таких угроз с каждым годом возрастает, поскольку соответствующие оборудование в значительной степени выработало свой ресурс (рис. 1).

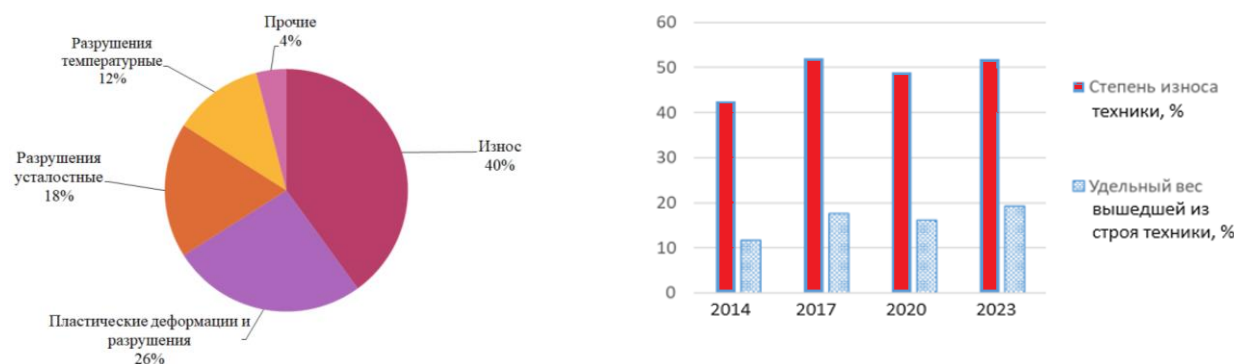


Рис. 1. Распределение отказов техники, применяемой подразделениями пожарной охраны в России по внешним признакам

Выявлены самые частые отказы техники, это из-за естественного износа, неправильной эксплуатации, некачественного изготовления, некачественного ремонта и аварий. Важную роль здесь играет специальная техника подразделений пожарной охраны и ее состояние. Основным недостатком в эксплуатации пожарной техники является моральное и физическое старение — это длительный срок эксплуатации.

Следует отметить, что на вооружении стоит техника, которая включает в состав технику различного класса (легкого, среднего и тяжелого класса) специального назначения для организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ, передвижения личного состава по служебной необходимости, штабной автомобиль, др. При проведении аналитического обзора имеющейся техники с зарубежными странами, можно сказать, что зарубежная техника идет на шаг впереди. Это обосновано введением в подразделениях роботизированной техники.

В отличие от транспортных автомобилей, пожарные автомобили эксплуатируются в более жестких условиях, это сказывается на характере изменения их технического состояния, а, следовательно, на нормативах технического обслуживания, ремонтов и методов поддержания работоспособности состояния. При эксплуатации в пиротехнических автомобилях непрерывно протекают процессы, связанные с износом, пластическими деформации и разрушениями, усталостные разрушения, что в общей сложности дает 84 %. Подразделения пожарной охраны нуждаются в двух новых типах техники. На основании вышеизложенного предлагается:

- 1) внедрение современных навигационно-информационных технологий;
- 2) оптимальное объединение парков и гаражей;
- 3) создание необходимых условий при использовании, хранении, обслуживании и ремонту техники;
- 4) рациональная расстановка техники по ее предназначению при разработке штатов, штатных расписаний, табелей, норм оснащения территориального органа (учреждения);
- 5) рациональное планирование в территориальном органе (учреждении), обеспечивающее использование минимального количества техники.

Проанализировав имеющиеся методы в литературе, выделили метод, который можно применять для специализированных подразделений и территорий. Для реализации поставленных задач предлагается использовать метод оптимизации в условиях неполной определенности, потому что дает гибкие решения (адаптивен), и обладает следующими достоинствами в отличие от вероятностных или детерминированных:

- обоснованное проведение многовариантных расчетов на основе формирования наиболее реально возможных представительных условий развитиям функционирования систем;
- возможность выбора наилучших, и в том числе гибких решений из числа недостаточно определенных рациональных решений;
- наибольшее приближение формализованных методов расчета к реальным условиям.

Предлагаем решение задачи методом оптимизации в условиях неполной определенности, состоящие из 6-ти этапов от создания математической модели, ввода данных (кол-во л/с, техники, какова площадь территории) до принятия управленческих решений (рис. 2а). Реализовать ввод данных, расчет и интерпретацию результатов расчета выбранным методом, воспользуемся программой Excel, которая будет состоять из четырех блоков (листов) (рис. 2б).

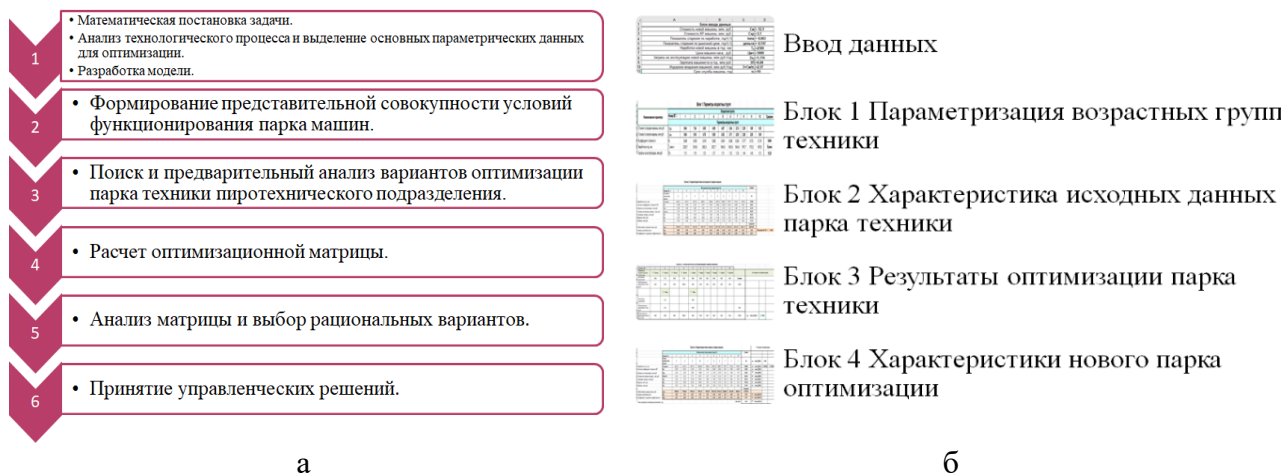


Рис. 2. Схема решения задачи оптимизации парка пожарно-технического вооружения пиротехнического отделения в условиях неполной определенности — а и пакет программы — б, состоящий из четырех блоков

Для ввода данных использовали диаграмму временных состояний пожарной техники по ГУ МЧС России по Костромской области в процессе его эксплуатации и применили метод графов для характеристики.

Представлена сравнительная характеристика исходных и оптимизированных данных парка техники пожарной охраны по Костромской области (рис. 3 и 4).

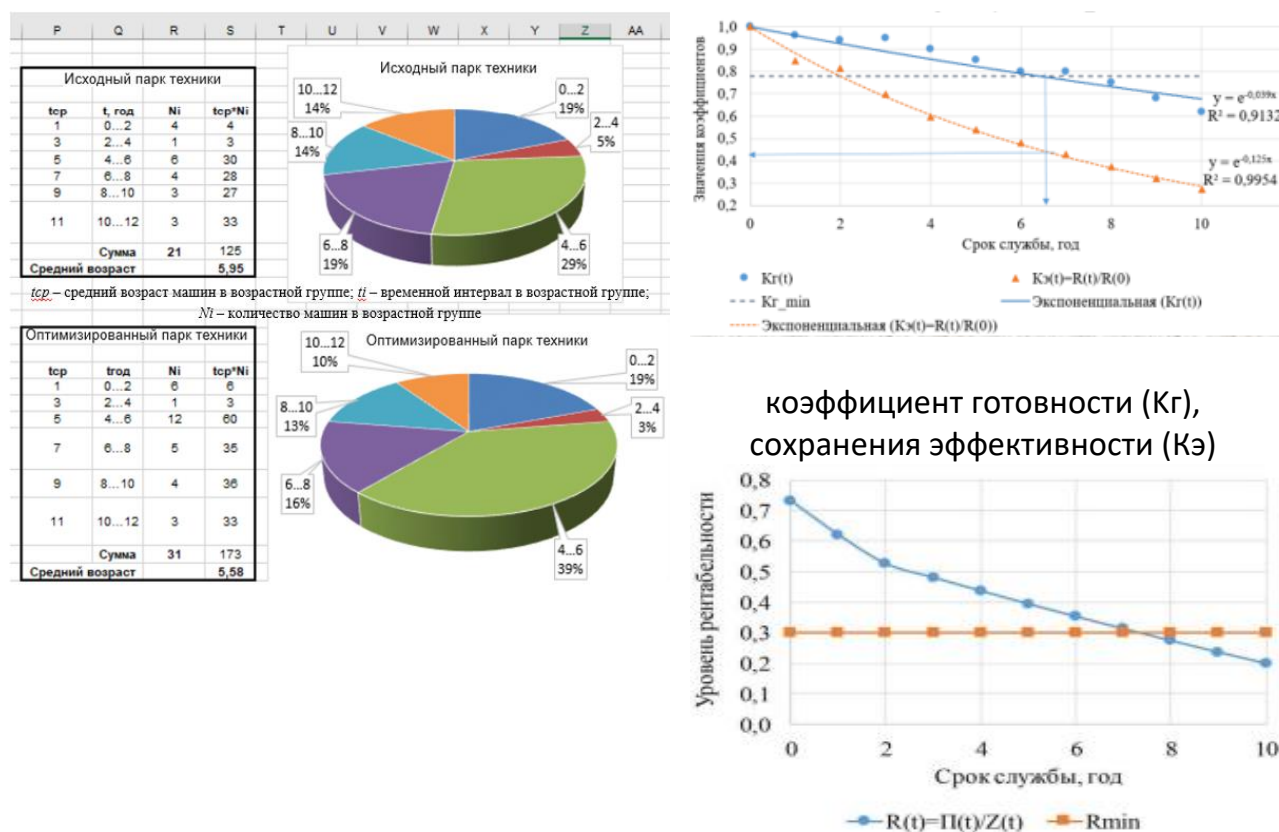


Рис. 3. Сравнительная характеристика исходных и оптимизированных данных парка техники

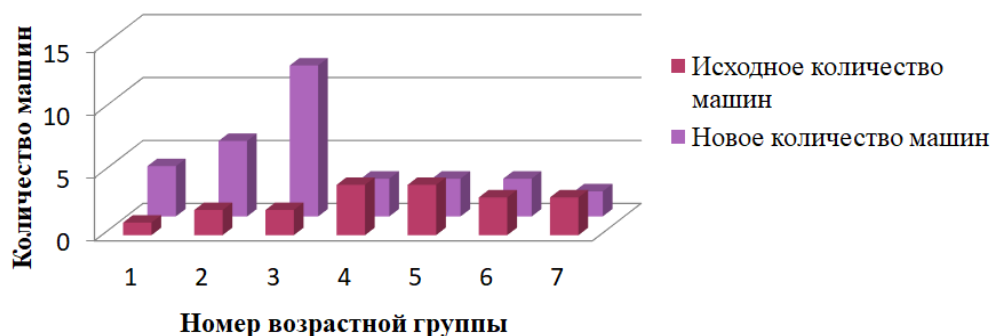


Рис. 4. Итоговый расчет исходной и оптимизированной модели парка техники пиротехнического подразделения

Приобретение дополнительных единиц техники позволяет увеличить в возрастной категории до 3-х лет определенные позиции обеспеченность подразделения и это видно после 3-х лет уже начинается спад до 7-ми возрастных категорий, после 7-ми мы уже не можем эксплуатировать. Там уже будет проводиться капитальный ремонт, техническое обслуживание и т.д. По исходным данным срок эксплуатации техники 4–6 лет было 29 %, мы увеличили за счет оптимизационной модели как рациональный способ до 39 %. В итоге если посмотреть на возрастные категории выше до 12 лет их параметры снижаются.

Основные выводы:

- 1) проведен аналитический обзор эксплуатируемого парка техники пиротехнических подразделений МЧС России;
- 2) выявлены причины неисправностей и отказов применяемой техники;
- 3) предложены решения по оптимизации парка техники по ГУ МЧС по Республике Крым;
- 4) выбран рациональный метод оптимизации в условиях неполной определенности парка техники для пиротехнического подразделения;
- 5) предложена параметрическая модель и блочная система подпрограмм программы Excel;
- 6) обоснована целесообразность предлагаемого метода оптимизации парка техники за счет эколого-экономических расчетов. С точки зрения экономики, то капиталовложение окупится менее чем через 2 года. С точки зрения экологии, человеческая жизнь и техносфера – бесценны.

Предложенное решение по оптимизации парка техники отдельного подразделения может применяться как составная часть и входить в единую систему планирования и управления механизацией разминирования. Расчеты, выполняемые по разработанной программе, позволяют создать необходимые информационные уровни оценки прогнозирования техники и технологии выполнения пиротехнических работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кропотова Н.А. Теньковский П.А. Обоснование пожарной и техносферной безопасности при использовании робототехники для очистки от нефтепродуктов поверхностных вод // XV Международная научно-практическая конференция «Комплексные проблемы техносферной безопасности» Тема: «Задачи, технологии и решения комплексной безопасности». Часть 2. Воронеж. 2020. С. 185-188.

2. Хлынин А.Ю., Кропотова Н.А. Пост технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей – надежность техники // Электромеханотроника и управление// Пятнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2020»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 4. Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2020. С. 99.

3. Кропотова Н.А., Иванов В.Е. Предотвращение экологической опасности экстремальной робототехникой // Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности»: в 3 ч. Ч. II. Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций / М. В. Алешков, А. Г. Заворотный, Н. А. Сергеевкова [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. С. 331-335.

4. Кензеев Д.С., Кропотова Н.А. Техническое обслуживание и ремонт пожарной техники в чрезвычайных ситуациях: анализ, причины и решения // Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности» в Год 90-летия со дня образования Академии ГПС МЧС России: в 5 ч. Ч. II / Сост. В. С. Бутко, М. В. Алешков, С. В. Подкосов, А. Г. Заворотный [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. Ч. 2. С. 318-323. ISBN 978-5-9229-0271-7.

5. Кензеев Д.С., Кропотова Н.А. Обоснование поста технического обслуживания и ремонта пожарной техники и его планомерного совершенствования // Надежность и долговечность машин и механизмов : сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 г. Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 81-86. ISBN 978-5-907353-88-6.

УДК 621.3.048

С.А. Словесный, А.В. Вихарев, М.Е. Тихов

Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ШТЫРЕВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП СРЕДНЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Аннотация: в процессе эксплуатации наблюдается эрозия материала изоляторов, что может привести к термическому разложению диэлектрика с образованием проводящего трека. Для оценки влияния поверхностных скользящих разрядов на состояние материала изоляторов проведены испытания на трекингоэрозионную стойкость, которые показали, что на отдельных участках изолятора появились незначительные следы эрозии без образования проводящих треков. Результаты электрических испытаний показали соответствие исследуемых изоляторов требованиям нормативно-технической документации.

Ключевые слова: линейная изоляция; штыревой изолятор; испытаний изоляции на трекингоэрозионную стойкость.

S.A. Slovesnyj, A.V. Viharev, M.E. Tihov

IMPROVING THE RELIABILITY OF POLYMER PIN INSULATORS FOR MEDIUM-VOLTAGE OVERHEAD POWER LINES

Abstracts: during operation, erosion of the material of line insulators is observed, which can lead to thermal decay of the dielectric with the formation of a conductive track. To assess the effect of surface discharges on the state of the polymer material, tests for track erosion resistance were carried out, which showed that minor traces of erosion appeared on certain sections of the insulating material without the formation of conductive tracks. The results of electrical tests showed the compliance of the studied insulators with the requirements of regulatory and technical documentation.

Keywords: pin insulator, polymer insulation, tracking and erosion resistance.

Традиционно в качестве линейной изоляции воздушных линий электропередачи среднего напряжения используются штыревые и подвесные изоляторы из стекла или фарфора. Эти изоляторы характеризуются высокими надежностью эксплуатации, способностью противостоять воздействию электрической дуги и электроизоляционными характеристиками, а их недостатки сводятся к проблемам при транспортировке из-за большого веса и низкой ударопрочности.

Основной проблемой штыревых фарфоровых изоляторов является наличие скрытых дефектов, определяющих возможность образования микротрещин в механически и электрически наиболее напряженной части изоляторов и, как следствие этого, повышение вероятности электрического пробоя [1].

Этого недостатка полностью лишены изоляторы из электротехнического стекла (закаленного и отожженного), при изготовлении которых специальными методами контролируются наличие внутренних напряжений, что недостижимо в керамических изоляторах. Однако, как отмечается в [2], штыревые изоляторы из отожжённого стекла — обладают низкой термостойкостью. Недостаточная термостойкость таких стеклянных изоляторов может привести к их разрушению при эксплуатации, как из-за резкого перепада суточных температур, так и из-за нагрева изолятора в солнечные дни.

Несмотря на имеющиеся недостатки, стеклянные изоляторы являются наиболее применяемыми на ВЛ в электросетевом комплексе в независимости от класса напряжения электрических сетей.

Устойчивой тенденцией последних десятилетий в области электроизоляционных конструкций для ВЛ, является применение полимерных материалов, используемых для изготовления изоляторов различных типов, траверс, распорок.

При строительстве и реконструкции распределительных сетей для повышения надежности, снижения стоимости строительства и эксплуатации [3] уже традиционно применяются для линий ВЛ 6–35 кВ, проходящих в стесненных условиях или по населенной местности провода с защитной изолирующей оболочкой, а для ВЛ 0,4 кВ — самонесущие изолированные провода.

Опыт эксплуатации полимерных изоляторов показывает [4] целесообразность их применения не только для ВЛ высших классов напряжений, но и для ВЛ среднего класса напряжения для крепления СИП и защищенных проводов.

Применение полимерных изоляторов позволяет в целом повысить надежность систем электроснабжения, однако требует учета изменения состояния поверхности изолятора, проявляющегося при длительном воздействии эксплуатационных факторов, в частности интенсивных промышленных загрязнений.

Главным достоинством защитных оболочек из кремнийорганических эластомеров, является сохранение гидрофобности в условиях сильных загрязнений при длительном сроке эксплуатации (рис. 1), а также стойкость к воздействию электрической дуги, трекингу и эрозии [5].

В таких условиях на увлажненной поверхности изоляционных материалов возникают частичные (стримерные) скользящие разряды. При этом канал стримера отделен от поверхности изолятора слоем газа, в котором идут интенсивная фотоионизация и образование новых электронных лавин, внедряющихся в канал стримера. Температура канала такого стримера превышает 2000 °К [6]. Тепловые воздействия, в том числе обусловленные поглощением фотонов поверхностью диэлектрика, вызывают эрозию изоляционного материала или могут приводить к термическому разложению диэлектрика с образованием проводящего трека.

Опыт эксплуатации линейной изоляции свидетельствует о том, что скользящие разряды повреждают поверхность даже керамических изоляционных материалов [7], поэтому негативное влияние поверхностных скользящих разрядов обязательно необходимо учитывать при применении новых изоляционных материалов.

Компанией АРМАТЕХ-НИЛЕД, начиная с 2021 года, на Димитровградском арматурном заводе [8] начато производство линейных стержневых изоляторов с оболочкой из кремнийорганических материалов и цельнолитых штыревых полимерных изоляторов типа ПШИ-20 (рис. 2), выполненных на основе полиэтилена. Исследования [9] показали, что разрядные характеристики полимерных штыревых изоляторов типа ПШИ-20 не уступают фарфоровым и стеклянным изоляторам.



Рис. 1. Сохранение гидрофобности на слое загрязнения фиксаторного изолятора типа ФСПК-120-25/1.1 [5]



Рис. 2. Изолятор ПШИ-20 с эластичным креплением для защищённых проводов СИП-3

Однако разрядные характеристики изоляционных конструкций после воздействия на них скользящих разрядов не должны существенно снижаться, по сравнению с характеристиками таких же изоляционных конструкций, на которые поверхностные разряды не воздействовали, поэтому производятся испытания изоляторов на трекинг-эрозионную стойкость.

Исследование трекингоэрозионной стойкости штыревых полимерных изоляторов ПШИ-20 [7] выполнялось с учетом требований ГОСТ Р 52082-2003 «Изоляторы полимерные опорные наружной установки на напряжение 6-220 кВ. Общие технические условия», из-за отсутствия соответствующей нормативной документации для полимерных штыревых изоляторов.

Определение трекингоэрозионной стойкости исследуемых изоляторов проводилось в испытательной камере, позволяющей поддерживать относительную влажность воздуха на уровне 90 %, при этом поверхности самого изолятора периодически увлажнялись распылением водного раствора CaCl_2 (рис. 3).

В процессе искусственного старения изоляторов под воздействием поверхностных разрядов уровень напряжения был принят равным 16 кВ, продолжительность воздействия составила порядка 500 ч. За это время на отдельных участках изоляционного материала появились незначительные следы эрозии без образования проводящих треков (рис. 4).

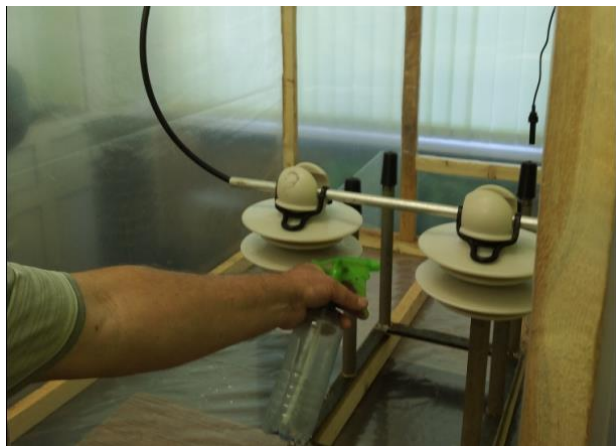


Рис. 3. Увлажнение поверхности изолятора ПШИ-20 раствором CaCl_2



Рис. 4. Следы эрозии, распространяющиеся от шейки изолятора к его периферии

После испытаний в камере в условиях высокой влажности изоляторы, в соответствии с ГОСТ Р 52082-2003, подвергнуты испытаниям в сухом состоянии, на первом этапе которых определялось среднее разрядное напряжение при плавном подъёме, а на втором этапе — изолятор испытывался приложением испытательного переменного напряжения в течение 30 минут. Изоляторы успешно выдержали контрольные испытания на соответствующий класс напряжения.

Результаты электрических испытаний изоляторов ПШИ-20, а также исследований трекингоэрозионной стойкости свидетельствуют о соответствии их характеристик требованиям существующих нормативных документов.

В качестве критериев подтверждения трекингоэрозионной стойкости изоляторов в соответствии с ГОСТ 52082-2003 приняты: — отсутствие критических электрических повреждений поверхности изоляторов и успешное прохождение контрольных испытаний воздействием испытательного напряжения, равного 80 % от среднего разрядного напряжения в сухом состоянии. Для обеспечения возможности сравнения электрических характеристик изоляторов до и после испытаний были экспериментально определены начальные сухоразрядные напряжения на подготов-

ленных к испытаниям изоляторах. Общая продолжительность испытания изоляторов составила 500 часов при испытательном напряжении 16 кВ.

Следует отметить, что сухоразрядные характеристики изоляторов за время испытаний практически не изменились и соответствуют характеристикам на номинальное напряжение 24 кВ. Среднее разрядное напряжение изоляторов — более 84,5 кВ, а стандарт отклонения — не более 2,5 %.

Таким образом, изолятор можно считать выдержавшим испытание на трекингоэрозионную стойкость при номинальном напряжении 20 кВ и 3(4) степени загрязнения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исключение потерь электроэнергии в распределительных сетях. Текст электронный: // Энергетика и промышленность России. 2013. №5(217). [Электронный ресурс] URL: <https://eprussia.ru/epr/217/14822.htm> (дата обращения: 05.03.2024).
2. Ефимов О. Штыревые изоляторы для ЛЭП. Особенности и выбор/ О. Ефимов. Текст электронный: //Новости электротехники. 2003. №1(25).[Электронный ресурс] URL: <http://news.elteh.ru/arh/2004/25/33.php> (дата обращения: 05.03.2024).
3. Группа Россети: [сайт]. 2024. [Электронный ресурс] URL: <https://rosseti.ru/suppliers/technical-policy/> (дата обращения: 22.03.2024). Текст: электронный.
4. Полимерные изоляционные конструкции для ВЛ. Развенчивание мифов. – Текст электронный: //Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 6(69). С. 88-91. [Электронный ресурс] URL: <https://eepir.ru/article/polimernye-izolyacionnye-konstrukcii-dlya-vl-gazvenchivanie-mifov/>(дата обращения: 05.03.2024).
5. Дзюбин А.С. Опыт эксплуатации кремнийорганических изоляторов в условиях загрязнения выбросами металлургического комбината / Международная научно-техническая конференция «Полимерные изоляторы и изоляционные конструкции высокого напряжения». Санкт-Петербург, 16-19 июня 2008 г.
6. Техника высоких напряжений: учебное пособие для ВУЗов /М.В. Костенко, Г.Н. Александров, В.Л. Иванов и др. М. «Высшая школа», 1973. 528 с.
7. Оценка трекинговой стойкости полимерных штыревых изоляторов / С.А. Словесный, А.В. Вихарев, М.Е. Тихов, А.Ф. Сорокин // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XXII Бенардосовские чтения): материалы Международной научно-технической конференции, 31 мая – 2 июня 2023 г., г. Иваново. Иваново: ООО «ПресСто», 2023. Т.1. С.82-84
8. Комплексные решения для повышения надежности распределительных сетей. Текст: электронный // Электроэнергия. Передача и распределение. 2022. № 3(72). С. 14-17. [Электронный ресурс] URL: <https://eepir.ru/article/kompleksnye-resheniya-dlya-povysheniya-nadezhnosti-raspredelitelnyh-setej/> (дата обращения: 05.03.2024).
9. Перспективы использования штыревых полимерных изоляторов / С.А. Словесный, А.В. Вихарев, М.Е. Тихов, А.Ф. Сорокин // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (XXII Бенардосовские чтения): материалы Международной научно-технической конференции, 31 мая – 2 июня 2023 г., г. Иваново. Иваново: ООО «ПресСто», 2023. Т.1. С.79-81

УДК 621

И.В. Смирнов, Н.А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ МАТЕРИАЛОВЕДЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: в статье приводится обзор инновационных материалов, которые все чаще встречаются в качестве объекта исследования экспертов. Авторами представлены характеристики полимерных, композиционных и интеллектуальных материалов как по внешним, так и структурным элементам. Приведены их механические свойства и особенности разрушения. На основании представленного анализа обоснована актуальность данных исследований для работы эксперта и материаловеда.

Ключевые слова: аддитивные технологии, интеллектуальные материалы, композиционные материалы, гибридные композиты, упрочнение деталей, армированный пластик, механические свойства.

Ig.V. Smirnov, N.A. Kropotova

FEATURES OF THE MATERIALS SCIENCE EXPERTISE OF INNOVATIVE MATERIALS

Abstracts: the article provides an overview of innovative materials that are increasingly found as an object of research by experts. The authors present the characteristics of polymer, composite and intelligent materials both in terms of external and structural elements. Their mechanical properties and features of destruction are given. Based on the presented analysis, the relevance of these studies for the work of an expert and a materials scientist is substantiated.

Keywords: additive technologies, intelligent materials, composite materials, hybrid composites, hardening of parts, reinforced plastic, mechanical properties.

Инновационные аналитики стали выделять новые материалы, полученные за счет совершенных технологий и отвечающих целым набором заданных свойств. Это, по всей видимости, инновационные материалы. На сегодня имеются множество материалов, о свойствах которых ничего не известно широкой публике, но они активно и широко производятся и применяются. А значит информация должна быть доступна экспертам в том числе. Рассмотрим некоторые инновационные материалы: композиционные, полимерные композиционные и «интеллектуальные».

Композиционный материал многокомпонентный материал, изготовленный (человеком или природой) из двух или более компонентов с существенно различными физическими и/или химическими свойствами, которые, в сочетании, приводят к появлению нового материала с характеристиками, отличными от характеристик отдельных компонентов и не являющимися простой их суперпозицией. Композиционные материалы достаточно широко распространены во основных видах деятельности: машиностроение, авиастроение, робототехника, строительство, архитектура, медицина, др.

Структура композиционных материалов представляет собой матрицу (основной компонент), содержащую в своем объеме упрочняющую (армирующую) фазу (или армирующие элементы), часто называемую наполнителем (упрочнитель [2]) (рис. 1). Матрица и наполнитель разделены границей (поверхностью) раздела. Объемная доля матричного материала в составе любого композита должна быть не менее 50 %.



Рис. 1. Структурные особенности композиционных материалов

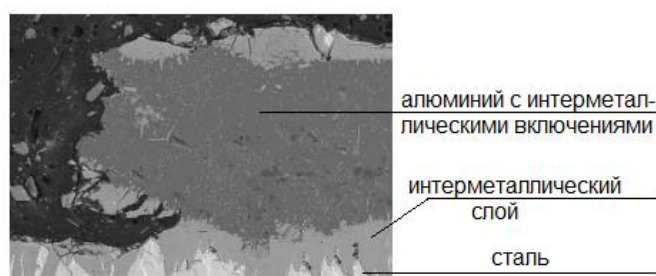
Выделим три структурных вида композитных материалов: волокнистые, гранулярные и слоистые (рис. 2). Поэтому, когда необходимо провести экспертизу подобных материалов необходимо уметь знания в области инструментального анализа материалов и природе (свойства, строение, применение) подобных материалов.



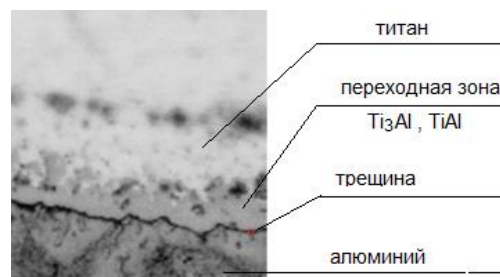
Рис. 2. Композитные инновационные материалы

Задачами экспертизы композиционных материалов могут быть поставлены так: определить химический состав, структуру и свойства материала, выявить наличие или отсутствие определенных элементов или соединений в материале, определение качества, определение уровня загрязнений или чистоты вещества. Методы химической экспертизы, которые можно применять в данном случае, для исследования композиционных материалов — это химические и физические методы анализа: спектроскопия, рентгеноструктурный анализ, микроскопия, термический анализ и др., которые позволяют определять: химический состав и структуру материала, а также его свойства и качества. Надежность и долговечность композиционных материалов будет зависеть от свойств его матрицы и наполнителя [3]. Свойства композиционных материалов значительно отличаются от свойств его отдельных компонентов. Единой классификации наполнителей для материалов разной природы не существуют.

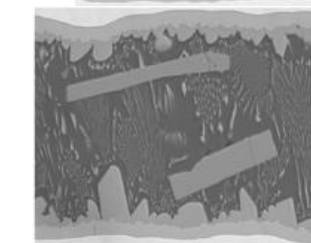
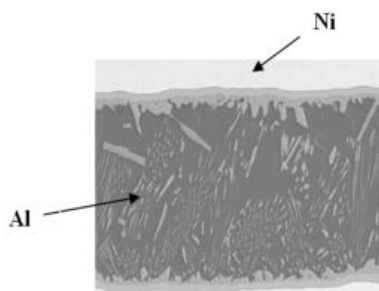
Широко распространен структурный анализ композиционных материалов, позволяющий установить химический состав, выявить дефекты внутреннего строения — дать оценку о нарушении технологии изготовления, внешние эксплуатационные дефекты и как следствие оценка нарушения условий эксплуатации и режимов работы деталей, т.д. Решение практических задач, связанных с установлением состава и структуры объектов самой разной природы (металлическая, полимерная, интерметаллическая, др.) относится к одной из част встречающихся в практике судебной экспертизы. Оптико-морфологическое исследование необходимо для выявления о оценке внешних (поверхностных) признаков исследуемого объекта: происхождение, по внешним повреждениям установить вероятный механизм нарушений целостности. Изучение микроструктуры изъятых материалов, относящихся к композиционным, следует предусмотреть наличие их переходных состояний, которые называют интерметаллическими (переходными) зонами. Некоторые микроструктурные фотографии инновационных материалов (двойные сплавы: сталь-алюминий, никель-алюминий, титан-алюминий) представлены на рис. 3, из которых явно прослеживается область разрушения или зарождения трещины, причины которых могут быть, как внешние, так и усталостные нагрузки.



Сталь-алюминий, $\sigma = 60$ МПа

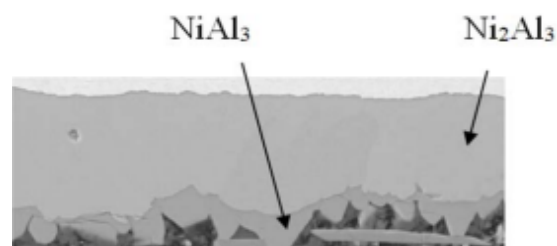


Титан-алюминий, $\sigma = 80$ МПа



До 800 °C, $\sigma = 120$ МПа

Никель-алюминий



Более 800 °C
 $\sigma (\text{NiAl}_3) = 6$ ГПа; $\sigma (\text{Ni}_2\text{Al}_3) = 9$ ГПа

Рис. 3. Микроструктуры мест разрушений при испытаниях на прочность различных композиционных материалов

Исследование механических свойств волокнистых композиционных материалов позволило установить следующие закономерности:

- снижение показателя прочности волокон связки (сплетения, армирования) несвязанных между собой волокон по сравнению со средней прочностью ($\sigma_{\text{вол}}$) определяется дисперсией их прочности;
- нагружая, при достижении предела прочности какого-либо волокна оно рывается и более не участвует в работе;
- усилие перераспределяется на целые волокна, процесс продолжается до момента лавинообразного разрушения большей части, а затем и всех волокон в связке (пучке).

Часто в состав композита, состоящего из двух компонентов, добавляют полимерный материал, получая при этом полимерные композиты.

Среди полимерных композиционных материалов нового поколения чаще находят применение в практической деятельности градиентные и гибридные армированные пластики, изготовленные за счет аддитивных технологий.

Гибридные полимерные композиты совмещают два и более типов волокон, например, углеродные, органические, стеклянные, др. Стоит отметить, что на характер механической деформации материала в целом, возникающей при растяжении, определяющей является величина предельных деформаций волокон, армирующих материал. Механическое поведение таких материалов при растяжении, сжатии, изгибе и сдвиге в основном соответствует принципу аддитивности. В случае, если гибридный композит содержит волокна разной деформативности, то предельная деформация композита будет в этом случае определяться деформацией тех волокон, объемное содержание которых превалирует.

«Интеллектуальные» материалы — это еще один вид инновационных и перспективных материалов, которые могут встречаться в качестве объекта исследования эксперта. Основным принципом, основанным на действии, является два параметра: явление деформации в ответ на внешнее воздействие и механическое свойство — упругость материала. Рассмотрим их. Действующим принципом исполнительных (адаптационных) механизмов является деформация, создающаяся в результате воздействий или явлений электрического сигнала и др. Для активации материала наиболее приемлемы пьезоэлектрический эффект, электро- и магнитострикция, и эффект памяти формы. Эти механизмы обеспечивают превращение электрического сигнала в срабатывающую деформацию. Наибольший эффект наблюдается для металлов с памятью формы. Сплав титана и никеля обеспечивает деформацию до 2 %. Другим важным показателем исполнительного механизма является его модуль упругости, определяющий возможность создания заданного напряженно-деформированного состояния. Обычно он сопоставим с модулем упругости основного материала [4].

Предметом оценочного исследования или экспертизы часто являются различные материалы, которые меняют свойства в зависимости от его компонентов, контактное взаимодействие различных деталей с окружающими объектами. Без исследовательских навыков, инструментальных методов анализа и фундаментальных знаний невозможно достоверно дать оценку поведения различных материалов в конкретных условиях, а тем более, когда затрагиваются вопросы безопасности, надежности и долговечности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Перспективы использования 3D печати для ремонта кузова малогабаритной техники легкого класса и БПЛА // Карбышевские чтения. Наше дело правое-победа будет за нами! [Текст]: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции / под общ. Ред. Грошевой Л.И. в 6 т., Т.1. Тюмень: ТВВИКУ, 2023. С. 323-329.
2. Колесниченко В.В., Кропотова Н.А. Безопасность акватории: разработка робототехнического комплекса // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, 21 апреля 2023 года. г. Красноярск: СПСА г. Железнодорожск, 2023. С. 289-292.
3. Бутман М.Ф. Нанокompозиты «полимер-слоистый силикат» пониженной горючести» / М.Ф. Бутман, Н.А. Кропотова, О.В. Потемкина, Д.А. Ульев // Иваново: ООНИ ЭКО ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016. 196 с.
4. Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Основы материаловедения для эксперта: исследование ударной вязкости материалов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Иваново, 19 октября 2023 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 474-478.

УДК 66.02

М.Ю. Снигирев¹, А.А. Рябиков¹, С.В. Натареев^{1,2}

¹Ивановский государственный химико-технологический университет

^{1,2}Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕХАНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ФИЛЬТРА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Аннотация: выполнен расчет осветлительного фильтра для очистки воды. Показана высокая эффективность и надежность аппарата, позволяющая обеспечить население водой в условиях чрезвычайной ситуации.

Ключевые слова: очистка природной воды, осветлительный фильтр.

M.Y. Snigirev, A.A. Ryabikov, S.V. Natareev

MECHANICAL CALCULATION OF THE MECHANICAL FILTER FOR WATER PURIFICATION

Abstracts: the calculation of the mechanical filter for water purification has been performed. The high efficiency and reliability of the device has been demonstrated. The device allows you to supply water to the population in an emergency situation.

Keywords: natural water purification, mechanical filter.

В чрезвычайной ситуации мероприятия по водоснабжению зависят от характера чрезвычайной ситуации, ее масштабов, реально возникшей потребности населения в воде и других факторов. Проводимые мероприятия включают в себя оборудование отсутствующих пунктов забора воды, её очистку и раздачу, подвоз воды различными видами транспорта, устройство временных водопроводов и др. [1].

Для решения задач краткосрочного или среднесрочного водоснабжения успешно применяются мобильные системы очистки воды, в состав которых входит осветлительные фильтры. Совершенствование режима работы существующего оборудования и создание новых эффективных аппаратов, несомненно, будут способствовать решению проблем водоснабжения.

В работе рассмотрена конструкция осветлительного фильтра с загрузкой фильтрующим материалом (антрацитом, кварцевым песком), предназначенного для очистки воды от взвешенных примесей разной дисперсности [2]. Конструкция фильтра представлена на рис. 1. Фильтр состоит из цилиндрического корпуса 9 с приваренными к нему эллиптической крышкой и днищем. Внутри фильтра располагаются слой фильтрующего материала 8, дренажно-распределительные устройства 1 и 2, предназначенные для равномерного распределения и сбора воды по площади поперечного сечения аппарата.

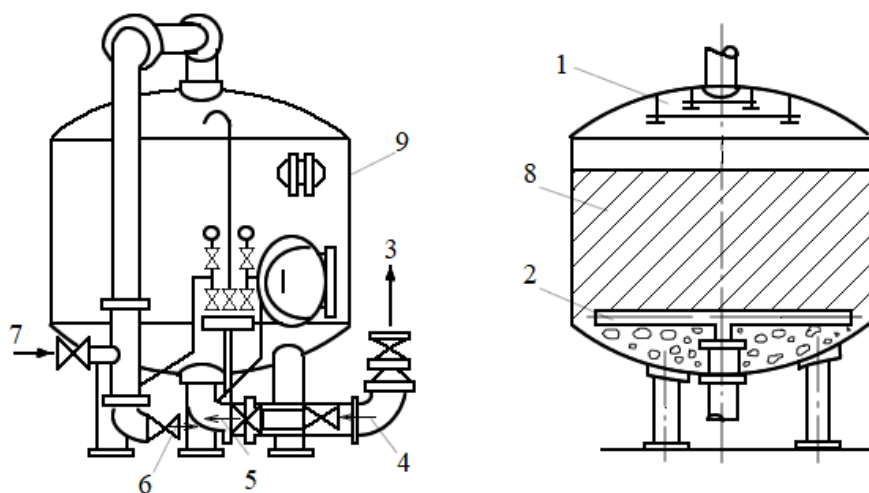


Рис. 1. Фильтр осветлительный вертикальный однокамерный:

- 1 — верхнее распределительное устройство; 2 — нижнее дренажно-распределительное устройство; 3 — фильтрат; 4 — подача сжатого воздуха и промывочной воды; 5 — спуск первых порций фильтрата; 6 — спуск промывочной воды; 7 — ввод исходной воды; 8 — фильтрующий слой; 9 — корпус фильтра

Аппарат работает следующим образом. Исходный поток воды под напором поступает в фильтр через штуцер 7, равномерно распределяется верхним дренажно-распределительным устройством 1 и проходит через слой антрацита 8 в направлении сверху вниз. Взвешенные частицы задерживаются в слое фильтрующего материала, а фильтрат через нижнее дренажное устройство 2 выводится из аппарата в сборный коллектор, минуя который вода направляется далее. Рабочий цикл заканчивается по достижении одного из заданных показателей: увеличение перепада давления между входом и выходом из фильтра или выработка определенного количества осветленной воды требуемого качества. По окончании очистки фильтр останавливается, перекрываются рабочие магистрали, открывается поток очищенной воды снизу вверх на обратную промывку. Промывные воды выводятся в дренаж. Для повышения эффективности промывки предлагается взрыхление фильтрующего материала путем подачи сжатого воздуха снизу вверх.

Предлагаемый осветлительный фильтр обладает следующими характеристиками: удельная производительность — 16 м³/ч; условный диаметр — 1400 мм; объем фильтрующего материала — 1,88 м³; высота — 2475 мм; масса аппарата — 1017 кг.

Расчет аппарата на прочность. Рассчитаем толщину стенки цилиндрической обечайки аппарата [3]:

$$S = \frac{D_{\text{в}} \cdot P}{2 \cdot \sigma_{\text{д}} \cdot \varphi - P} = \frac{1,4 \cdot 0,6}{2 \cdot 154 \cdot 0,9 - 0,6} = 0,003 \text{ м} \quad (1)$$

где S — толщина стенки аппарата; $D_{\text{в}}$ — внутренний диаметр аппарата; P — расчетное давление внутри аппарата; $\sigma_{\text{д}}$ — допускаемое напряжение стали ВСт3; φ — коэффициент прочности сварного шва.

Принимаем толщину стенки $S = 0,006 \text{ м}$.

Проверим обечайку на избыточное допускаемое давление [3]:

$$P = \frac{2 \cdot \sigma_{\text{д}} \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D_{\text{в}} + (S - C)} = \frac{2 \cdot 154 \cdot 0,9 \cdot (0,006 - 0,001)}{1,4 + (0,006 - 0,001)} = 0,986 \text{ МПа} \quad (2)$$

где C — прибавка к толщине стенки на коррозию.

Условие прочности выполняется.

Рассчитаем толщину стенки эллиптического днища [3]:

$$S = \frac{R_{\text{в}} \cdot P}{2 \cdot \sigma_{\text{д}} \cdot \varphi - P} = \frac{1,4 \cdot 0,6}{2 \cdot 154 \cdot 0,9 - 0,6} = 0,003 \text{ м} \quad (3)$$

где $R_{\text{в}} = \frac{D_{\text{в}}^2}{4 \cdot h_{\text{в}}} = \frac{1,4^2}{4 \cdot 0,35} = 1,4 \text{ м}$ — внутренний радиус кривизны в вершине днища;

$h_{\text{в}}$ — высота эллиптической части.

Принимаем толщину стенки $S = 0,006 \text{ м}$.

Проверим эллиптическое днище на избыточное допускаемое давление [3]:

$$P = \frac{2 \cdot \sigma_{\text{д}} \cdot \varphi \cdot (S - C)}{R_{\text{в}} + (S - C)} = \frac{2 \cdot 154 \cdot 0,9 \cdot (0,006 - 0,001)}{1,4 + (0,006 - 0,001)} = 0,986 \text{ МПа} \quad (4)$$

Условие прочности выполняется.

Предложенный осветлительный фильтр представляет собой важное техническое средство для обеспечения населения чистой водой в чрезвычайных ситуациях. Данный фильтр обычно работает в водоподготовительных установках с другими аппаратами, например, ионообменными фильтрами, аппаратами для обратного осмоса и ультрафильтрации, химическими реакторами, что позволяет получать воду требуемого качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шевцов М.Н. Чрезвычайные ситуации на системах водоснабжения / М.Н. Шевцов, Е.А. Шкамардина // Вестник науки и образования. № 1 (79). Часть 1. 2020. С. 9-14.
2. Рябчиков, Б.Е. Современная водоподготовка: производственно-практическое пособие / Б.Е. Рябчиков. Москва: ДеЛи плюс, 2013. 680 с.
3. Лашинский, А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А.А. Лашинский, А.Р. Толчинский. Л.: Машиностроение, 1970. 752 с.

УКД 614.842

А.П. Содоль, Р.В. Кошкарлов

Дальневосточная пожарно-спасательная академия филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНЫХ СРЕД НА НАСОСНУЮ УСТАНОВКУ ПОЖАРНОГО АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: данная статья рассматривает актуальную для большинства пожарных подразделений проблему, связанную с пожарной техникой. Воздействие агрессивных сред на пожарный насос приводит к его выходу из строя, а значит вывести из боевого расчета единицу пожарной техники. С помощью предложенных мер возможно решить эту проблем.

Ключевые слова: пожарный насос, агрессивная среда, коррозия металла, износ, нарушение работоспособности насоса.

A.P. Sodol, R.V. Koshkarov

ANALYSIS OF THE IMPACT OF AGGRESSIVE MEDIA ON THE PUMPING UNIT OF A FIRE TRUCK

Abstracts: this article examines a problem that is relevant for most fire departments. The impact of aggressive media on the fire pump leads to its failure. This means that a unit of fire-fighting equipment should be removed from the combat calculation. With the help of the proposed measures, it is possible to solve this problem.

Keywords: fire pump, aggressive environment, metal corrosion, wear, malfunction of the pump.

Пожарный насос — один из важнейших агрегатов пожарного автомобиля, без него невозможно представить выполнение боевых действий по тушению пожара. Главная задача пожарного насоса — подача огнетушащих веществ по пожарным рукавам в очаг пожара. Первый пожарный насос был известен еще в античной Греции в 200 годах до нашей эры. Насос был двухцилиндровый и приводился в силу с помощью мускульной силы [1]. Современные пожарные насосы гораздо мощнее и работают благодаря двигателю внутреннего сгорания. И во все времена люди, занимающиеся пожаротушением, хотели продлить срок работы этого важного агрегата. Основной проблемой, как первого, так и современных насосов — это воздействие

агрессивных сред на его составляющие. Для того, чтобы проанализировать эту проблему необходимо понять, что такое агрессивная среда? И как она влияет на пожарный насос.

Агрессивная среда — это природная или технологическая среда любого агрегатного состояния, способная вступать в химическое взаимодействие с окружающими ее материалами или конструкциями, приводя их в состояние, при котором они не могут в дальнейшем выполнять свое функциональное назначение. Агрессивная среда должна рассматриваться в сочетании с материалом, поскольку для одного материала среда является агрессивной, для другого — неагрессивной [2].

Составляющие пожарного насоса изготавливаются в основном из стали и чугуна, за исключением различных прокладок, которые изготавливаются из резины. Следовательно, для металлических частей агрессивной средой будет являться: атмосферный воздух, вода, различные растворы химических веществ, некоторые газы. Процесс разрушения материала усиливается при наличии в воде даже незначительного количества кислот или солей [3]. При воздействии этих сред происходит коррозия металла и как следовые увеличения нагрузки на щелевые уплотнения насоса, в результате чего повышается их износ, и выхода из металлических деталей и механизмов. Согласно проведенным исследованиям, это приводит к переливанию жидкости из напорного коллектора во всасывающую полость пожарного насоса осуществляется через передние и задние щелевые уплотнения. При этом всасываемая жидкость поступает в полость всасывания и затем подается насосом в коллектор. Наличие щелевых уплотнений между корпусом, крышкой и рабочим колесом создает циркуляционные потоки. Жидкость, перетекающая через передние уплотнения на входе, направляется в полость всасывания перпендикулярно потоку всасываемой жидкости, что приводит к сужению эффективного сечения потока всасываемой воды. Жидкость, проникающая через задние щелевые уплотнения из разгрузочной полости, практически встречается с водой, всасываемой насосом, в противотоке.

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод, что утечки через щелевые уплотнения влияют на способность всасывания. При этом значительно снижается развиваемое давление и подача насоса. Утечки через передние щелевые уплотнения, сужая эффективное сечение потока на входе в рабочее колесо, вызывают увеличение дополнительного гидравлического сопротивления в этой области. Линейная скорость потока с меньшим полезным сечением при одинаковом расходе воды увеличивается на входе в насосе, что приводит к уменьшению КПД насоса.

В процессе эксплуатации насосов ПН-40у возникает проблема увеличения зазора в передних щелевых уплотнениях. Исходно предусмотренный зазор в 0,3 мм увеличивается до 1,0 мм. При номинальной частоте вращения рабочего колеса это приводит к уменьшению напора на 14–15 % по сравнению с номинальным значением и снижению подачи на 13 л/с. Причиной износа щелевого уплотнения являются силы трения и попадание механических примесей, вызванные исключительно техническими факторами. Коррозия рабочих элементов пожарного насоса от воздействия морской воды является еще одной эксплуатационной причиной, требующей особого внимания. Эта проблема особенно актуальна в приморском и магаданском краях, на Сахалине и в Камчатской области, где около 20 % пожаров тушатся с использованием морской воды. Все вышеперечисленные факторы помимо уже упомянутого снижения КПД могут привести и к полному выходу из строя насосной установки [4].

Решение данной проблемы — это применение более устойчивых к агрессивной среде материалов при изготовлении деталей и механизмов пожарных насосов. Например, нержавеющая сталь, марки 316, бронза или титан могут быть хорошими вариантами для обеспечения долговечности и надежности работы пожарных насосов в таких условиях. Кроме того, алюминий также может быть применен, но не во всех случаях из-за его особых химических свойств.

Подобное решение будет экономически выгодным, так как замена или ремонт пожарного насоса представляют собой значительные финансовые затраты и временную потерю одной из основных единиц оборудования пожарно-спасательного отделения. Например, цена на один пожарный насос НЦПН-40/100 УВМ.Э24 начинается с отметки в 220 тысяч рублей.

Обобщая, все вышеперечисленное можно сделать вывод, о том, что воздействие агрессивных сред на пожарный насос является актуальной проблемой для подразделений пожарной охраны. Особенно остро эта проблема ощущается в подразделениях, которые часто используют морскую воду для тушения пожаров. Но при использовании выше предложенных материалов при конструировании насосов, ее возможно решить и продлить срок эксплуатации этих агрегатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. История в деталях»: ручной пожарный насос [Электронный ресурс] URL: <https://48.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4617722>.
2. Агрессивная среда: определения, группы(виды) // Firemen. Club [Электронный ресурс] URL: <https://fireman.club/inseklodepia/agressivnaya-sreda/>.
3. Коррозия металлов – ТЕХ ЛИБ СПб УВТ [Электронный ресурс] URL: <https://tehlib.com/storitel-ny-e-materialy/stal-ny-e-konstruktsii/korroziya-metallor/>.
4. Гольчевский В.Ф., Гольчевская Н.Ю. Влияние агрессивности среды на надежность работы водопенных коммуникаций пожарного насоса // Вестник Восточно-Сибирского института МВД России. 2009. №2 (49). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-agressivnosti-sredy-na-nadezhnost-raboty-vodopennyh-kommunikatsiy-pozharnogo-nasosa> (дата обращения: 25.04.2024).

УДК 614.846.6

В.Н. Сопот, Е.Н. Кадочникова
НИИ (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО

ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ АЭРОДРОМНОЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: в статье представлены основные марки отечественных и зарубежных аэродромных пожарных автомобилей. Приведено сравнение тактико-технических характеристик аэродромных пожарных автомобилей различных производителей.

Ключевые слова: пожарная техника, аэродромные пожарные автомобили, тактико-технические характеристики.

V.N. Sopot, E.N. Kadochnikova

COMPARATIVE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF DOMESTIC AND FOREIGN AIRFIELD FIRE EQUIPMENT

Abstracts: the article presents the main brands of domestic and foreign airfield fire trucks. A comparison of the tactical and technical characteristics of airfield fire trucks from various manufacturers is given.

Keywords: fire fighting equipment, airfield fire trucks, tactical and technical characteristics.

К уровню противопожарной защиты аэродромов предъявляют ряд специфических требований. Аэродромные пожарные автомобили (АА) относятся к машинам целевого применения. Они оборудованы техническими средствами для 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. Возможно возникновение ситуации при которой появляется необходимость покрытия ВПП слоем воздушно-механической пены для облегчения посадки самолетов, терпящих бедствие. Отечественные аэродромные автомобили пожаротушения [1, 2].

АА-12/60 (КАМАЗ-63501) — самая популярная модель аэродромных пожарных автомобилей на базе КАМАЗ. Предназначена для тушения возгораний на воздушных судах и наземных коммуникаций аэропортов. Кузов выполнен по модульной системе и включает три отделения: цистерну, передний отсек для ПТВ и отсек для ПТВ, совмещенный с насосом. Кабина здесь цельнометаллическая, двухрядная, с усиленным подъемником (рис. 1).



Рис. 1. АА-12/60 (КАМАЗ-63501) аэродромный пожарный автомобиль

Автомобиль используется для доставки боевого расчета к месту возгорания; подачи воды через ручные и стационарные стволы; подачи углекислого газа как основного средства тушения огня; подачи воздушно-механической пены на взлетно-посадочную полосу; тушения самолета с использованием бамперных установок. Тактико-технические характеристики автомобиля приведены в табл.1.

Таблица 1. Сравнение тактико-технических характеристик аэродромных пожарных автомобилей российских производителей

п/п	Наименование показателя	Ед.изм.	АА-12/60	АА-8.0/40	АА-60	АА-11-70
1	Шасси	-	КАМАЗ-63501	УРАЛ 4320	МАЗ 7313	БАЗ-8080
2	Снаряженная масса	кг	27200	21300	43000	-
3	Габариты, д/ш/в	мм	11000/2500/3600	10.3/2.5/3.3	14300/3180/3300	-

п/п	Наименование показателя	Ед.изм.	АА-12/60	АА-8.0/40	АА-60	АА-11-70
4	Двигатель, кВт	л.с.	КАМАЗ 740.50-360	Cummins 6ISBe 210	393 (525)	515 (700)
5	Насос	л/с	ПН-60	WILO NPC 100/315-06/EC	160.01-35-00-00	НЦПН-70/100
6	Мощность двигателя	кВт/л.с	265 /360	160 /210	393/525	515/700
7	Колесная формула	-	8x8	6x6	8x8	6x6
8	Макс. скорость	км/ч	95	90	60	115
9	Емкость водобака	л	11300	7500	12000	11000
10	Емкость пенобака	л	700-1000	500	900	1500
11	Емкость бака с порошком	кг	800	500	800	100
12	Емкость бака с CO ₂	кг	50	80	50	80
13	Производительность насоса	л/с	65	50	60	70
14	Напор насоса	м	100	100	100	100
15	Боевой расчет	чел	6	5	4	6

АА-8.0/40 (4320) – используется для доставки в зону возгорания боевого расчета и проведения операций по ликвидации огня. Относится к основным пожарным аэродромным автомобилям. Конструктивно представляет собой сочетание модульного трехсекционного кузова и двухрядной кабины боевого расчета (рис. 2). Тактико-технические характеристики машины приведены в табл. 1.



Рис. 2. АА-8.0/40 (УРАЛ-4320) – аэродромный пожарный автомобиль

АА-60 (МАЗ 7313) – машина, применяемая для тушения самолетов гражданской авиации и ВКС и устранения возгораний, связанных с воспламенением авиатоплива на большой площади (рис. 3). Тактико-технические характеристики машины приведены в табл. 1.



Рис. 3. АА-60 (МАЗ 7313) – аэродромный пожарный автомобиль

АА 11-70 — Брянский автомобильный завод изготовил отечественный пожарный стартовый аэродромный автомобиль АА 11-70 на базе шасси БАЗ-8080 (рис. 4).

Максимальная скорость 115 км/час при времени разгона до 80 км/час не более чем за 33 с., дизельный двигатель мощностью 515 кВт (700 л.с.). Вместимость цистерны для воды 11 куб. м; вместимость бака для пенообразователя — 1,5 куб. м., дополнительно оснащается системой порошкового тушения с запасом порошка 100 кг.

Для покрытия взлетно-посадочной полосы (ВПП) пеной средней кратности АА оснащается установкой с пеногенератором, позволяющей покрывать ее на ширину 8 м за один проход. В состав гидравлического оборудования входят пожарный насос отечественного производства модели НЦПН-70/100 с подачей 70 л/с и напором 100 м, лафетный ствол с дистанционным управлением производительностью 70 л/с и дальностью подачи водяной струи до 70 м.

Зарубежные аэродромные автомобили пожаротушения [3]. В качестве ведущих зарубежных фирм-изготовителей аэродромных пожарных автомобилей можно отметить таких производителей как Ивеко, Магирус, Метц, Циглер (Германия), Розенбауер (Австрия), Сидес, Камива (Франция), Сильвани (Италия), Бронто Лифт (Финляндия).

Фирма Magirus (Германия) освоила выпуск 12 моделей новых аэродромных ПА: 7 моделей стартовых ПА серии Impact и 5 моделей основных (активных) ПА серии Dragon. Пожарный автомобиль серии Dragon фирмы Magirus (Германия) (рис. 5, табл. 2) оснащен мощнейшей силовой установкой с двумя двигателями стандарта Euro 5. Сочетая двигатели с двумя автоматическими трансмиссиями, DRAGON x6 способен развивать скорость до 135 км/ч при одновременной подаче воды/пены (режим Pump&Roll) производительностью до 9400 л/мин.



Рис. 4. Пожарный стартовый аэродромный автомобиль АА 11-70 на базе шасси БАЗ-8080



Рис. 5. Основной (активный) аэродромный пожарный автомобиль серии Dragon Фирма Magirus (Германия)

Таблица 2. Характеристики аэродромного пожарного автомобиля серии Dragon Фирма Magirus (Германия)

Наименование	Характеристика
Силовая установка	МАГИРУС
Мощность двигателя (каждого), кВт/л.с.	412 /560 л.с.
Колесная формула:	6x6
Экологический класс:	Euro V
Макс. скорость, км/ч	135

Наименование	Характеристика
Емкость водобака, л.	11000
Емкость пенобака, л.	1250
Емкость бака с порошком, кг	800
Емкость бака с CO ² , кг	120
Скорость подачи огнетуш. веществ, л/с	133
Дальность подачи огнетуш. веществ, м	80
Боевой расчет, чел.	6

Еще более представительным является модельный ряд аэродромных ПА, выпускаемых фирмой Sides (Франция). Он включает 7 моделей АБР и 10 моделей активных автомобилей. Причем в числе АБР имеются как легкие модели на базе джипов (вывозящие от 50 до 250 кг огнетушащего порошка), так и тяжелые ПА (колесная формула 6х6, 14 000 л воды, 2000 л пенообразователя). Отличаются эти модели (АБР и активные) разгонными характеристиками: у автомобилей быстрого реагирования они более высокие.

Sides Sentinel 6×6 — линейка высокоэффективных пожарных машин для аэропортов. Эти транспортные средства скоростные, высокопроизводительны, надежны и просты в использовании и обслуживании (рис. 6, табл. 3).



Рис. 6. Аэродромный пожарный автомобиль Sides Sentinel 6×6 (Франция)

Таблица 3. Характеристики аэродромного пожарного автомобиля с Sides Sentinel 6×6 (Франция)

Наименование	Характеристика
Силовая установка	TITAN T36-650 6x6 MERCEDES engine
Мощность двигателя, кВт/л.с.	380 /520
Колесная формула:	6x6
Экологический класс:	Euro V
Макс. скорость, км/ч	115
Емкость водобака, л.	12500
Емкость пенобака, л.	1000
Емкость бака с порошком, кг	600
Емкость бака с CO ² , кг	500
Скорость подачи огнетуш. веществ, л/с	100
Дальность подачи огнетуш. веществ, м	100
Боевой расчет, чел.	6

К числу мировых лидеров по производству аэродромных ПА относится также фирма Rosenbauer (Австрия): она выпускает ряд автомобилей быстрого реагирования серии Buffalo, которые используются для защиты гражданских и военных аэродромов (на базе шасси классической компоновки), а также активные аэродромные автомобили серии Panther на специальных шасси для защиты аэропортов высших категорий.

Rosenbauer Panther 6×6 CA5 (рис. 7) используется для защиты гражданских и военных аэродромов, на специальных шасси для защиты аэропортов высших категорий. Тактико-технические характеристики машины приведены в табл. 4.



Рис. 7. Аэродромный автомобиль пожаротушения Фирма Rosenbauer Panther 6x6 CA5 (Австрия)

Таблица 4. Тактико-технические характеристики Rosenbauer Panther 6×6 CA5

Наименование	Характеристика
Габаритные размеры, мм	11560x3000x3650
Ходовая часть, тип	RBM 36.705 LHD
Колесная база, мм	4800+1600
Двигатель: мощность, кВт	CAT C18, Euro 3 518 при 2300 мин-1
Трансмиссия	Twin Disc TD61-1179 TDEC400 встроенная раздаточная коробка
Разветвитель	Twin Disc 8MLW 1755-1
Коробка отбора мощности (2 шт.)	Twin Disc с коэффициентом 1.28
Ходовые характеристики: ускорение 0–2000 м ускорение 0–80 км/ч	Около 95 с 25 с при массе 34,7 т (при нормативе 45 с)
Шины	16.00 R20XZL Michelin
Экипаж, чел.	6
Способность преодолевать подъемы, град	До 50
Угол опрокидывания, град	30
Общая эксплуатационная масса, кг	34 745
Вместимость водобака, л	12 500
Вместимость пенобака, л	1500
Установка тушения CO ₂ , кг	4x30
Насос: производительность, л/мин	Rosenbauer R600 6000

На российских военных аэродромах эксплуатируются пожарные машины Panther 6×6 [4]. Полное номенклатурное название — пожарный аэродромный автомобиль (ПАА), в комплектации насос — Rosenbauer R600 (подача жидкости в удельном объеме около 6 тыс. литров в минуту). В некоторых модификациях может использовать специальную насадку Stinger для прокалывания фюзеляжа самолёта и тушения пожара в определённом его отсеке.

Panther 6x6 CA5 способна развивать скорость до 80 км/ч за 30 с, максимальная скорость — 117 км/ч (требования ICAO – от 115 км/ч). Чтобы этим характеристикам по скорости и темпам разгона соответствовать, на шасси противопожарной австрийской «Пантеры» установлены шины R20XZL Michelin — при колёсной базе 4800+1600 и двигателе CAT C18 (тяговый двигатель расположен в задней части пожарной машины).

Volvo RK 12000 АСТ (Швеция) – обеспечивает: доставку к месту пожара боевого расчета и пожарно-технического вооружения, аварийно-спасательного оборудования и огнетушащих средств; подачу воды или воздушно-механической пены через стационарные лафетные и ручные стволы; тушение пожаров углекислым газом; покрытие взлетно-посадочной полосы воздушно-механической пеной.



Рис. 8. Аэродромный автомобиль пожаротушения Volvo RK 12000 АСТ (Швеция)

Таблица 5. Тактико-технические характеристики Volvo RK 12000 АСТ (Швеция)

Наименование	Характеристика
Базовое шасси	Volvo FM 500
Боевой расчет, чел.	6
Масса, т	28,5
Объем воды и огнетушащих веществ, м ³	12
Скорость подачи огнетуш. веществ, л/с	65
Дальность подачи огнетуш. веществ, м	100
Максимальная скорость, км/ч	120

В табл. 6 представлены отдельные технические характеристики пожарной техники производителей Франции, Германии, Швеции и Австрии в сравнении.

Таблица 6. Сравнение тактико-технических характеристик 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)
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 водобака	л	12500	11000	12000	12500
5	Емкость пенобака	л	1000	1250	1000	1500
6	Емкость бака с порошком	кг	600	800	500	225
7	Емкость бака с CO ₂	кг	500	120	-	4x30
8	Скорость подачи ОТВ	л/с	100	133	65	100
9	Дальность подачи ОТВ	м	100	80	100	-
10	Боевой расчет	чел	6	6	6	6

Приведено сравнение тактико-технических характеристик аэродромных пожарных автомобилей различных производителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сопот В.Н., Кадочникова Е.Н. К вопросу об основных пожарных автомобилях Вооруженных Сил Российской Федерации // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения» ФГБОУ ВО УГПС МЧС СПб – издание СПб УГПС МЧС, 2023., С. 150-154.
2. ГОСТ Р 53247-2009 Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения.
3. 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.
4. Европейская техника на аэродромах ВКС РФ. Rosenbauer Panther 6×6. Электронный ресурс <https://topwar.ru/124423-evropeyskaya-tehnika-na-aerodromah-vks-rf-rosenbauer-panther-6x6.html>.

УДК 614.846.6

В.Н. Сопот, Д.Е. Кардаш, Е.Н. Кадочникова
НИИ (ВСИ МТО ВС РФ) ВА МТО

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О СОСТАВЕ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ПАРКА ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ВС РФ

Аннотация: в статье представлены основные виды пожарной техники в подразделениях пожарной охраны Вооруженных Сил Российской Федерации в соответствии с типами и модификациями основных и специальных пожарных автомобилей.

Ключевые слова: пожарная техника, основные пожарные автомобили, специальные пожарные автомобили

V.N. Sopot, D.E. Kardash, E.N. Kadochnikova

BRIEF INFORMATION ON THE COMPOSITION OF THE EXISTING FLEET OF FIRE VEHICLES OF THE RF ARMED FORCES

Abstracts: the article presents the main types of fire equipment in the fire protection units of the Armed Forces of the Russian Federation in accordance with the types and modifications of basic and special fire trucks.

Keywords: fire equipment, basic fire trucks, special fire trucks

Ограничение развития пожара и его ликвидация достигаются своевременным и достаточным количеством сил и средств; быстрыми, профессиональными действиями огнеборцев; безотказно работающей техникой [1].

Укомплектованность личным составом и обеспеченность основными видами пожарной техники подразделений пожарной охраны являются основными показателями состояния системы обеспечения пожарной безопасности в Вооруженных Силах [2].

В таблице 1 представлены основные виды пожарной техники в подразделениях пожарной охраны Вооруженных Сил Российской Федерации в соответствии с типами и модификациями основных и специальных пожарных автомобилей [3].

От тактико-технических характеристик пожарной техники зависит количество личного состава боевого расчета для обеспечения возможности полного развертывания средств пожаротушения и проведения спасательных работ.

Согласно приказу Министра обороны Российской Федерации № 145 от 15 марта 2019 года время прибытия подразделений пожарной охраны на объекты защиты Вооруженных Сил в городских поселениях не более 10 минут, в сельских поселениях не более 20 минут. Кроме того, должно соблюдаться требование достаточности сил и средств на месте пожара при одновременном выполнении мероприятий по разведке пожара, полному боевому развертыванию сил и средств, локализации и ликвидации пожара и проведению аварийно-спасательных работ [4]. Ликвидация открытого горения должна быть обеспечена прежде, чем площадь пожара превысит площадь, которую способен ликвидировать один боевой расчет на пожарном автомобиле (табл.1).

Таблица 1. Данные по пожарным автомобилям, эксплуатируемым Вооруженными Силами Российской Федерации

Наименование основных видов пожарной техники	Назначение
Основные пожарные автомобили	
Пожарные автомобили общего применения на колесном шасси, в том числе пожарные автоцистерны (АЦ)	Для тушения пожаров на охраняемых объектах
Пожарные автомобили целевого применения на колесном шасси, в том числе пожарные аэродромные автомобили (АА)	Для обеспечения военных аэродромов
Специальные пожарные автомобили	
Пожарные автомобили на колесном шасси, в том числе пожарная автолестница (АЛ) и пожарный колесчатый автоподъемник (АКП)	Для спасания людей с высотных зданий и сооружений
Пожарные автомобили на колесном шасси, в том числе пожарный автомобиль комбинированного тушения (АКТ)	Для проведения специальных работ при пожаре
Пожарные автомобили на колесном шасси, в том числе пожарный автомобиль газодымозащитной службы и пожарный штабной автомобиль (АГ, АШ)	Для проведения технических работ при пожаре
Пожарные автомобили на базе танка, в том числе гусеничная пожарная машина высокой проходимости на базе Т-54 (ГПМ) и специальная гусеничная бронированная пожарная машина 575 А на базе Т-72 (СПМ)	Для обеспечения безопасности взрывопожароопасных охраняемых объектов

Наименование основных видов пожарной техники	Назначение
Пожарные автомобили на базе колесного бронешасси, в том числе автомобиль пожарно-спасательный бронированный (АПСБ)	Для обеспечения безопасности взрывопожароопасных охраняемых объектов
Пожарные мотопомпы	
Пожарные мотопомпы переносные (МП)	Резервная пожарная техника
Пожарные мотопомпы прицепные (МП)	Резервная пожарная техника

Правильная эксплуатация пожарной техники обеспечивает безотказность, сохранность и долговечность в работе. К управлению пожарными автомобилями допускаются водители, прошедшие специальную подготовку, получившие удостоверение на право управления специальными транспортными средствами с дополнительными световыми сигналами.

В табл. 2 представлены сведения о составе существующего парка основных пожарных автомобилей Вооруженных Сил Российской Федерации.

Пожарная техника в подразделении пожарной охраны должна обеспечивать выполнение возложенных на нее функций и безопасность личного состава. Основные пожарные машины – пожарные автомобили, предназначенные для доставки личного состава к месту вызова, тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ с помощью вывозимых на них огнетушащих веществ и пожарного оборудования, а также для подачи к месту пожара от других источников. За организацию правильного использования, обслуживания пожарной техники и оборудования, средств пожаротушения, инструмента, снаряжения, средств связи и специального спасательного оборудования отвечает техник команды. Он принимает меры к содержанию их в порядке и исправности.

Таблица 2. Сводные данные существующего парка пожарных автомобилей ВС РФ

Наименование образца	Предназначение образца	Год принятия на вооружение
1. Пожарный аэродромный автомобиль АА-5/40 на КамАЗ-43114	для тушения пожаров на аэродромах при авариях летательных аппаратов, а также для спасения людей, тушения загораний пролитого топлива как под фюзеляжами летательных аппаратов на взлетно-посадочной полосе, так и вне ее	1996
2. Автоцистерна пожарная АЦП-8/6-40 на УРАЛ-55571-30	для доставки к месту пожара боевого расчета, ПТВ, аварийно-спасательного инструмента и запаса огнетушащих средств	2010
3. Пожарный аэродромный автомобиль АА-8/60-50/3 на КамАЗ-43118	для тушения пожаров на аэродромах при авариях летательных аппаратов, а также для спасения людей, тушения загораний пролитого топлива как под фюзеляжами летательных аппаратов на взлетно-посадочной полосе, так и вне ее	2010

Наименование образца	Предназначение образца	Год принятия на вооружение
4. Автомобиль пожарно-спасательный бронированный АПСБ-6,0-40-10 на КамАЗ 63501	для доставки к месту пожара боевого расчёта, запасов огнетушащих веществ (воды и пенообразователя) и пожарно-технического вооружения, для тушения пожара водой и воздушно-механической пеной, для расчистки и прокладывания подъездных путей с помощью клинотвала, для разбора завалов, вскрытия и разборки конструкций с использованием крана-манипулятора, для выполнения других грузоподъёмных работ	2021
5. Автоцистерна пожарная АЦ-8,0-40 на КамАЗ 43118, модель 56-ТВ	для тушения пожаров огнетушащими средствами в жилых зданиях, сооружениях, промышленных объектах, доставка к месту пожара запасов огнетушащих веществ, пожарно-технического вооружения и боевого расчета по всем видам дорог и местности	2022
6. Автоцистерна пожарная АЦ-6,0-40 на КамАЗ 43118, модель 53-ТВ	для тушения пожаров огнетушащими средствами в жилых зданиях, сооружениях, промышленных объектах, доставка к месту пожара запасов огнетушащих веществ, пожарно-технического вооружения и боевого расчета по всем видам дорог и местности	2022
7. Пожарный аэродромный автомобиль АА-8/60-50/3 на КамАЗ-43118, модель 51-ТВ	для тушения пожаров на аэродромах при авариях летательных аппаратов, а так же для спасения людей, тушения загораний пролитого топлива как под фюзеляжами летательных аппаратов на взлетно-посадочной полосе, так и вне ее	2022

Важнейшими условиями обеспечения пожарной безопасности на объектах защиты Вооруженных Сил является грамотная организация деятельности подразделений пожарной охраны. Первостепенное значение имеет профилактика пожаров на охраняемых объектах. В том случае, если предотвратить пожар не удалось, необходимы мероприятия, направленные на спасение людей и имущества, оказание первой помощи пострадавшим, проведение аварийно-спасательных работ, тушение пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сопот В.Н К вопросу об основных пожарных автомобилях Вооруженных Сил Российской Федерации / В.Н.Сопот, Е.Н.Кадочникова // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Пожарная безопасность: современные вызовы. Проблемы и пути решения». ФГБОУ ВО УГПС МЧС СПб: СПб УГПС МЧС, 2023, С. 150-154.
2. Основы государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года, утвержденных Указом Президента Российской Федерации от 1 января 2018 г. № 2.
3. ГОСТ Р 53247-2009 Техника пожарная. Пожарные автомобили. Классификация, типы и обозначения.

4. Приказ Министра обороны Российской Федерации № 145 от 15 марта 2019 года «Об утверждении Нормативов обеспеченности подразделений ведомственной пожарной охраны Вооруженных силах Российской Федерации пожарной техникой, оборудованием и кадрами» г. Москва.

УДК 621

Р.А. Старобор, Н.А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР РЕШЕНИЙ ПОВЫШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: в статье приводится статистический обзор проблемных вопросов и мероприятий, повышающих качество ремонта и узлов агрегатов пожарной техники. На основании представленного анализа и нормативных документов, регламентирующих техническое обслуживание и ремонт техники, предлагаются практические решения для повышения их качества.

Ключевые слова: повышение функциональности, ремонт и техническое обслуживание, пожарная техника, износ техники, безопасность.

R.A. Starobor, N.A. Kropotova

OVERVIEW OF SOLUTIONS TO IMPROVE THE FUNCTIONALITY OF MAINTENANCE AND REPAIR OF FIRE EQUIPMENT

Abstracts: the article provides a statistical overview of problematic issues and measures that improve the quality of repairs and components of fire equipment units. Based on the presented analysis and regulatory documents regulating the maintenance and repair of equipment, practical solutions are proposed to improve their quality.

Keywords: improvement of functionality, repair and maintenance, fire fighting equipment, wear and tear of equipment, safety.

Проблематика во многочисленных публикациях затрагивает вопросы организации технического переоснащения постов технического обслуживания пожарных автомобилей пожарно-спасательных подразделений. Она включает в себя как комплекс работ по совершенствованию постов технического обслуживания пожарной техники в территориальном пожарно-спасательном гарнизоне РСО-Алания, так и факторов, влияющих на долговечность пожарных автомобилей. Подобный подход особенно актуален при ограниченном финансировании, которое необходимо для проведения переоснащения.

Основные и специальные пожарные автомобили являются материальной основой обеспечения тактических действий подразделений пожарной охраны по ликвидации пожаров и их последствий.

Техническое состояние пожарного транспорта должно всегда находиться в исправном состоянии, в любое время суток обеспечивать пожарным подразделениям возможность использовать автомобиль по назначению, а также отвечать всем регламентам и требованиям, которые предусмотрены действующим законодательством и многое другое.

Оперативные и тактические возможности подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России во многом зависят от исправного технического состояния пожарной техники.

В свою очередь, надежность и безотказность пожарной техники зависит от многих факторов: технически грамотного и умелого личного состава, осуществляющего его эксплуатацию; качества расходных материалов и запасных частей, применяемых при ремонте и эксплуатации; своевременного проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту; наличия достаточного количества современного диагностического и ремонтного оборудования. Этим определяется актуальность анализа особенностей производственно-технологической базы материально-технического обеспечения государственной противопожарной службы. Рассмотрим эти особенности на примере деятельности ремонтно-технического центра Главного управления МЧС Республики Северная Осетия — Алания.

Даже при постоянном техническом обслуживании, невозможно гарантировать отсутствие необходимости в ремонте. Поломки могут возникать непредвиденно, например, при тушении пожара, выполнении спасательных действий, езде по пересечённой местности, ДТП и тому подобном. Техническое обслуживание пожарных автомобилей производится как в пожарно-спасательных частях, так и на мощностях Ремонтно-технического центра ГУ МЧС России по РСО-Алания. В отдельных пожарно-спасательных частях созданы посты технической службы, предназначенные для проведения технического обслуживания и текущих ремонтов пожарных автомобилей, пожарно-технического вооружения и оборудования. Типовой пост технического обслуживания пожарно-спасательной части включает в себя: слесарную мастерскую; ручную или электрическую таль (тельфер); смотровую яму; склад (кладовую) расходных материалов и инструмента.

В настоящее время производственный процесс в ремонтно-техническом центре ГУ МЧС России по РСО-Алания организован в одну смену бригадным методом. Численность персонала составляет 52 человека, из них производственных работников 34 человека. В структуру и штатное расписание РТЦ, входят следующие подразделения: руководство центра; ремонтно-вспомогательная группа; транспортно-хозяйственная группа; группа материально-технического обеспечения; отдельный пост технической службы по ремонту и обслуживанию пожарных рукавов РВГ; отдельный пост технической службы — гарнизонная база газодымозащитной службы РВГ. В целом, все необходимое оборудование для проведения средних и капитальных ремонтов пожарных автомобилей, агрегатов и других работ в центре материально-технического обеспечения имеется, при этом время нахождения оборудования в эксплуатации достаточно продолжительное, основные данные представлены на рисунке.

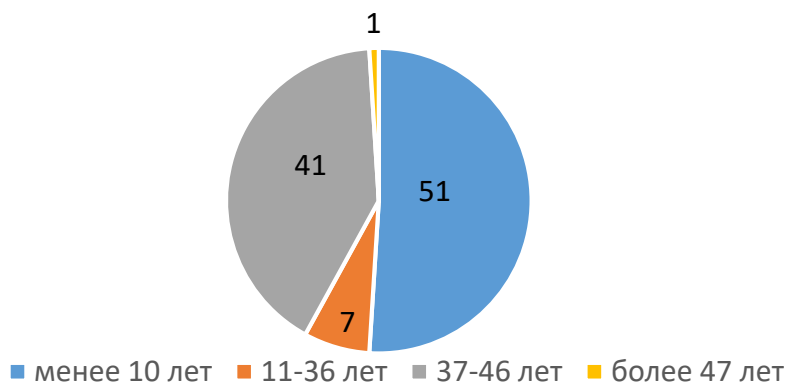


Рисунок. Распределение количества пожарной техники по возрасту эксплуатации

Вопросы нормативной регламентации технического обслуживания пожарных автомобилей выступают базовым вектором при исследовании форм и способов повышения долговечности трансмиссий пожарных автомобилей.

Именно поэтому видится целесообразным обобщить и систематизировать ряд нормативно-правовых актов, определяющих порядок и специфику технического обслуживания пожарных автомобилей, с целью последующего поиска совершенствования технического обслуживания.

Данный вопрос корреспондируется со среднестатистическими показателями по оперативности реагирования и тушения пожаров, которые объективно определяются и коэффициентом технической готовности пожарной техники.

В частности, среднее время тушения пожара в Республике Северная Осетия-Алания в истекшем 2023 составило 15 мин., что на 3,26 мин больше, чем в 2022 году, а среднее время прибытия первого пожарного подразделения к месту пожара в республике составляет 10,3 мин.

Такие показатели имеют, может быть и не прямое, но косвенное значение, с техническим состоянием пожарных автомобилей, посредством которых, в том числе, обеспечивается проведение пожарно-спасательных работ.

В настоящее время нормативно урегулирован процесс технического обслуживания пожарных автомобилей,

Так, в частности, в соответствии с Приказом МЧС России от 25.11.2016 № 624 «Об утверждении Положения об организации ремонта, нормах наработки (сроках службы) до ремонта и списания техники, вооружения, агрегатов, специального оборудования и имущества в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» определен порядок организации и ремонта пожарных автомобилей, нормы наработки (сроки службы) до плановых видов ремонта и списания пожарных автомобилей, находящихся в территориальных органах, учреждениях и организациях МЧС России; а также определены сроки службы до планового регламентированного технического обслуживания (капитального ремонта). Нормативные сроки (ресурс), после которых возможно списание техники, установлены этим же приказом МЧС России.

При ограниченных возможностях списания техники и закупки новой рекомендовано продолжить эксплуатацию техники, проводя очередные виды ремонтных воздействий. Приказом Росстандарта от 29.11.2019 № 1327-ст «Об утверждении национального стандарта Российской Федерации» был утвержден ГОСТ Р 58715-2019 «Техника пожарная. Специальные пожарные автомобили. Общие технические требования. Методы испытаний», обязательный к применению.

Из анализа данных нормативно-правовых актов, усматривается планово-предупредительная система технического обслуживания и ремонта, которая представляет собой комплекс проводимых в плановом порядке организационно-технических мероприятий, при этом данные документы не регулируют и не отсылают к процессам автоматизированной поддержки принятия решений, позволяющей управлять технической готовностью пожарных автомобилей посредством оптимизации процедур технического обслуживания и ремонта, в том числе распределению людских и материальных ресурсов.

Поскольку одной из важнейших задач при эксплуатации пожарных автомобилей является обеспечение необходимой степени ее готовности к выезду и выполнению задач по тушению пожаров стационарные модели технического обслуживания не могут быть применены, вследствие необходимости учета возникающих при поломках и восстановлении достаточно длительных переходных процессов.

Таким образом, возникает необходимость в оптимизации нормативно-правовой базы, регламентирующей процесс как построения нестационарных моделей технического обслуживания для описания функционирования парка пожарных автомобилей, так и учет изменения качества и технического состояния пожарных автомобилей в процессе их эксплуатации [1].

Это обуславливает необходимость изучения закономерностей изменения качества и надежности пожарных автомобилей и построения соответствующих математических моделей для повышения долговечности трансмиссий пожарных автомобилей путем совершенствования технического обслуживания.

Вопреки производственному кризису, обусловленному геополитическими событиями, задачи, стоящие перед отечественными машиностроителями, как никогда прежде, должны кооперироваться с приоритетными задачами развития систем технического оснащения МЧС России. В данном направлении особая актуальность усматривается в повышение функциональности и качества пожарных автомашин.

В настоящее время на вооружении в подразделениях МЧС России находится достаточно широкая производственная линейка пожарных автомобилей, производителями которых выступают ВАЗ, ГАЗ, УАЗ, ЗИЛ, КамАЗ, ПАЗ.

Безусловно вызывает одобрение исследования ряда авторов, которые акцентируют внимание на применение российскими производителями шасси российской сборки фирм Iveco, MAN, Volvo, Renault, Scania, среди которых наиболее востребованными выделяют шасси для создания пожарных автомобилей шасси MAN.

Такая востребованность объясняется тем, что данной компанией была предложена система HydroDrive, представляющая технологию, в соответствии с которой, в ступицы неведущих колес встроены гидромоторы высокого давления (420 бар), работающие от гидронасоса, который пристыкован к коробке передач.

Вместе с тем, курс на импортозамещение при производстве ПА должен реализовываться в строгом соответствии с нормами пожарной безопасности (в том числе с ГОСТ, СНИП), соблюдение которых не только гарантирует функциональность по-

жарной техники, но и отвечает, в частности, потребностям пожарной охраны, и, в целом, всей технической политики МЧС России [2].

При этом эффективность технической политики будет иметь место только тогда, когда в совместной кооперации российских производителей и МЧС России будут соблюдаться требования Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также стандарты в соответствии с ГОСТ Р 53328–2009, ГОСТ Р 12.2.144 -2005.

Таким образом, повышение функциональности и качества ПА может быть достигнуто путем разработки и реализации инновационных решений, направленных как на производство многофункциональных пожарных машин, так и обновление всего парка ПА. При этом последнее, может быть обеспечено исключительно совершенствованием системы обслуживания, посредством внедрения методов и средств технического диагностирования [3–5]. Особое внимание должно уделяться при этом трансмиссии.

На пожарных автомобилях, имеющих специальные агрегаты (пожарный насос, генератор, компрессор и т. п.), кроме основной трансмиссии для привода ведущих колес устанавливают дополнительную трансмиссию [6]. Основная трансмиссия состоит из механизма сцепления, коробки передач, карданной передачи, главной передачи, дифференциала и полуосей. На автомобилях с колесной формулой 4×4, 6×6, кроме этого устанавливают раздаточную коробку, которая распределяет передаваемую мощность на передние и задние ведущие колеса. Как правило, на пожарных автомобилях для привода специальных агрегатов применяются двигатели базового шасси. Только на передвижных насосных станциях и пожарных автомобилях аэродромной службы (тяжелого типа) имеется отдельный двигатель для привода насоса.

Основные выводы: раскрыты вопросы степени влияния технического состояния пожарных автомобилей на обеспечение проведения пожарно-спасательных работ [6]; проведено исследование теоретических основ управления техническим состоянием пожарных автомобилей; представлена организация технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей. Проведение исследования в данном объеме позволило сформулировать предложения по совершенствованию функциональности и качества пожарных автомашин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хлынин А.Ю., Кропотова Н.А. Пост технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей – надежность техники // Электромеханотроника и управление// Пятнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2020»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 4. Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2020. С. 99.
2. Указ Президента РФ от 01.01.2018 г. № 2 «Об утверждении основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года».
3. Колесниченко В.В., Кропотова Н.А. Обеспечение безопасности акватории Феодосийской бухты за счет применения аналитического роботизированного комплекса // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических технологий обеспечения безопасности в Арктическом регионе. Санкт-Петербург, 27 октяб-

ря 2022 г. Санкт-Петербург: СПбУ ГПС МЧС России имени Героя РФ генерала армии Е.Н. Зиничева, 2022. С. 175 – 179.

4. Колесниченко В.В., Кропотова Н.А. Обеспечение безопасности акватории Феодосийской бухты за счет применения аналитического роботизированного комплекса // Трибология и проблемы МЧС России: сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию образования гражданской обороны, Иваново, 20-21 октября 2022 г. Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2022. С. 141 – 146.

5. Колесниченко В.В., Кропотова Н.А. Безопасность акватории: разработка робототехнического комплекса // Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, 21 апреля 2023 года. г. Красноярск: СПСА г. Железногорск, 2023. С. 289 – 292.

6. Кропотова Н.А., Иванов В.Е. Предотвращение экологической опасности экстремальной робототехникой // Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны «Гражданская оборона на страже мира и безопасности»: в 3 ч. Ч. II. Проблемы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций / М. В. Алешков, А. Г. Заворотный, Н. А. Сергеенкова [и др.]. М.: Академия ГПС МЧС России, 2020. С. 331-335.

7. Кропотова Н.А. Теньковский П.А. Обоснование пожарной и техносферной безопасности при использовании робототехники для очистки от нефтепродуктов поверхностных вод // XV Международная научно-практическая конференция «Комплексные проблемы техносферной безопасности» Тема: «Задачи, технологии и решения комплексной безопасности». Часть 2. Воронеж. 2020. С. 185-188.

УДК 621

В.Е. Стюфляев, В.А. Кукушкина

Липецкий государственный технический университет

ПЕРСПЕКТИВА МОДЕРНИЗАЦИИ СТАНКОВ ЧПУ

Аннотация: в современном производственном мире, автоматизированные станки с числовым программным управлением играют ключевую роль в обеспечении эффективности и точности производства. С развитием технологий и стремлением к повышению производительности, вопрос модернизации станков с числовым программным управлением становится наиболее актуальным, предоставляя новые возможности и перспективы в области производства и изготовления продукции.

Ключевые слова: числовое программное управление, модернизация.

V.E. Stuflyayev, V.A. Kukushkina

THE FUTURE OF MODERNISATION OF CNC MACHINES

Abstracts: in today's manufacturing world, Computer Numerical Control automated machine tools play a key role in ensuring efficiency and accuracy in production. With the development of technology and the desire to increase productivity, the issue of modernization of machine

tools with numerical control becomes the most relevant, providing new opportunities and prospects in the field of production and manufacture of products.

Keywords: numerical control software, modernisation.

Цели: Основная задача модернизации станков с числовым программным управлением (далее — ЧПУ) включает в себя:

- повышение производительности;
- улучшение точности и функциональности.

Обновление программного обеспечения, усовершенствование механических компонентов и внедрение инновационных технологий направлены на повышение общей эффективности производственных процессов.

Задачи:

- Совершенствование ПО: внедрение более современных и интеллектуальных систем управления, способных оптимизировать обработку материалов и управлять сложными задачами.

- Оптимизация механических компонентов: обновление и замена устаревших деталей для увеличения прочности, скорости и точности работы станка.

- Внедрение технологий искусственного интеллекта (ИИ): возможное использование ИИ для автоматического анализа данных, оптимизации производственных процессов и прогнозирования возможных сбоев.

Обзор токарно-винторезного станка 1М63МФ101. Станок, предназначенный для осуществления различных токарных и винторезных операций по черным и цветным металлам, включая точение конусов и нарезание резьбы (метрической, дюймовой, модульной и питчевой) на изделиях длиной до 1500 мм.

Станок может быть применен в условиях индивидуального и мелкосерийного производства в цехах машиностроительных заводов и других отраслях промышленности [2].

Общий вид токарно-винторезного станка представлен на рисунке.

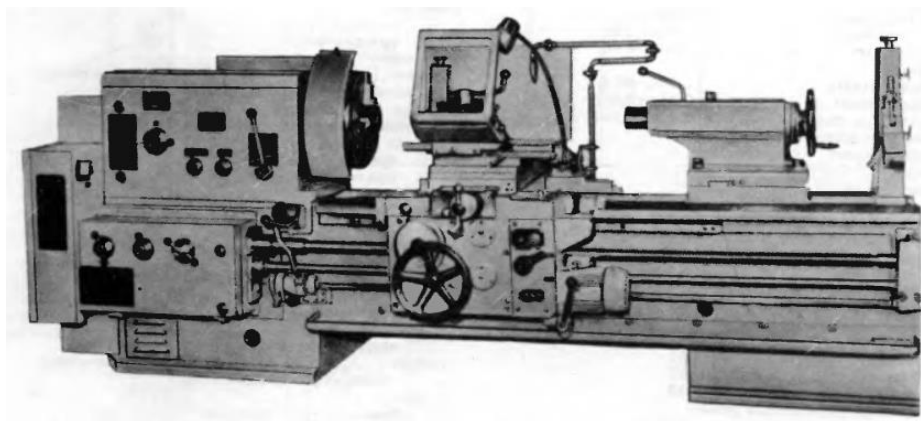


Рисунок. Общий вид станка

Анализ электрооборудования механизма и системы управления, позволил выявить, что текущее состояние оборудования системы управления станка является морально и физически устаревшим. Существенные недостатки в системе электропривода станка:

1) регулирование механизма главного движения – ступенчатое, вращение шкива приводит в движение целый ряд шестерён коробки скоростей, последовательным переключением которых можно получить скорости вращения шпинделя, объясняется это тем, что недостаточно плавности изменения скорости резания и время на обработку детали уходит намного больше;

2) быстрые перемещения суппорта зависят от фартука или ручного управления, что не обеспечивает необходимую точность перемещений;

3) со временем вводные автоматы и магнитные пускатели устаревают, требуя замены из-за таких причин как: поломка блок-контакта, обрыв цепи питания или повреждение катушки, что может привести к разнообразным проблемам, таких как: разное время замыкания основных контактов, окисление или засорение контактов;

4) производственный процесс задействует большое количество рабочих. Оптимальным считается автоматизированное производство с обслуживанием одним оператором на несколько станков – всё зависит от длительности обработки детали [3].

Модернизация электрооборудования станка 1М63МФ101 предполагает управление главным приводом и приводом перемещения при помощи системы ЧПУ Siemens SINUMERIK 840D. Внедрение ЧПУ решает несколько ключевых задач:

1) процесс обработки заготовки станет более эффективным, поскольку частота и направление вращения шпинделя будут автоматически регулироваться;

2) вращение шпинделя может осуществляться с периодическими остановками, программируемыми по необходимости с помощью программы;

3) расширение диапазон регулирования, значительно повысит технологические возможности станка при достаточной мощности;

4) сокращение времени обработки деталей и повышение точность обработки.

Для привода подачи станка ЧПУ обеспечивает:

1) прямолинейное движение подачи;

2) плавная регулировка скорости движения в широком диапазоне;

3) гарантирует необходимую точность перемещений, обладая высокой жесткостью для преодоления сил резания и динамических сил, возникающих при разгоне и торможения, а также в направляющих исполнительного органа.

Также система ЧПУ защитит двигатель от перегрузки или от короткого замыкания, с помощью сетевых фильтров/дресселей и плавких вставок, установленных в силовой части [3].

SINUMERIK 840D предлагает структуру управления, программирования и визуализации, которая является модульной, открытой, гибкой и унифицированной.

В сочетании с приводами SINAMICS S120 и расширенной системой автоматизации SIMATIC S7-1500D SINUMERIK 840D sl формирует новую цифровую систему, идеально подходящую для средних и верхних диапазонов мощностей.

SINUMERIK 840D объединяет задачи ЧПУ, HMI, PLC, регулирования и коммуникации в одном SINUMERIK NCU (NCU 710.2/NCU 720.2/NCU 720.2 PN/NCU 730.2/NCU 730.2 PN).

Для управления, программирования и визуализации соответствующее ПО HMI встроено в ПО ЧПУ, работая на высокопроизводительном многопроцессорном модуле NCU.

Устройства «книжного» формата оптимизированы для многоосевых приложений, устанавливаются рядом друг с другом и интегрируют общий промежуточный контур постоянного напряжения.

Модули питания Smart, являющиеся ведомыми сетью, обеспечивают защиту от опрокидывания и функцию рекуперации (диодный мост для питания; ведомая сеть рекуперация с защитой от опрокидывания через IGBT) со 100% длительной мощностью. Способность к рекуперации блоков может быть деактивирована через цифровой вход (модули питания Smart 5 кВт и 10 кВт) или через параметрирование (модули питания Smart 16 кВт и 36 кВт).

Подзарядка промежуточного контура осуществляется встроенными резисторами, где необходим сетевой дроссель для использования модуля питания Smart.

Управляющий модуль CU320 выполняет функции коммуникации, управления и регулирования для одного или нескольких модулей двигателей и активных модулей питания. CU320 предназначен для многоосевого режима, а к нему могут быть подключены компоненты DRIVE-CLiQ, например, модули двигателей и активные модули питания.

Количество модулей зависит от рабочих характеристик и дополнительных функций.

Все одно- и двухдвигательные модули могут работать с модулями питания Basic, модулями питания Smart или активными модулями питания соответствующем диапазоне напряжения [5].

В силовую часть поставим: автоматический выключатель ABB SACE FORMULA A1A стационарный 3P 90A 10KA, для защиты электродвигателя от токов перегрузки и короткого замыкания и предохранитель Siemens 3NA, низковольтный, GL/GG, служит для защиты важных участков установок и сооружений.

Сетевые дроссели выполняют функцию ограничения низкочастотных обратных воздействий на сеть и снимают нагрузку с полупроводникового модуля питания Basic.

Комбинирование сетевых фильтров с сетевыми дросселями и соответствующей структурой привода ограничивает электромагнитные помехи, вызванные модулями.

Для управления остановки привода при отключении питающей сети или для ограничения напряжения промежуточного контура при кратковременном генераторном режиме необходимы модуль торможения и соответствующий внешний тормозной резистор.

Избыточная мощность из промежуточного контура рассеивается на тормозном резисторе, который, в свою очередь, может быть подключен к модулю торможения или модулю питания Basic. Размещение тормозного резистора вне электрошкафа или вне электропомещения, позволяет эффективно отводить потери тепла от модуля питания/модуля двигателя.

Панель оператора SINUMERIK OP 012 оснащена цветным дисплеем TFT 12,1 дюйма и разрешением 800 x 600 пикселей (SVGA), обладает пленочную клавиатуру с 59 клавишами, а также с 2 x (8+2) горизонтальными и 2x8 вертикальными программными клавишами. Двенадцать вертикальных программных клавиш могут также использоваться как прямые клавиши в программном управлении PLC.

Станочный пульт SINUMERIK MCP 483 PN обеспечивает удобное и обзорное управление функциями станка. Пульт подходит для машинно-ориентированного управления фрезерными, токарными, шлифовальными и специальными станками.

Характеристики выбранного оборудования, сведен в табл.

Таблица. Технические характеристики выбранного оборудования

Параметр	Значение
Чпу 840D 6FC5371-0AA10-0AA1	
SINUMERIK 840D, NCU 710.2 с PLC 317-2DP	
Входное напряжение, В	24
NCU 710.2 с PLC 317-2DP (6FC5371-0AA10-0AA1)	
Панель оператора SINUMERIK OP 012 (6FC5203-0AF02-0AA1)	
Входное напряжение	через PCU, TCU
Станочный пульт SINUMERIK MCP 483 PN (6FC5303-0AF22-1AA1)	
Входное напряжение, В	DC 24
Управляющий модуль CU320 (6SL3040-0MA00-0AA1)	
Потребление тока при DC 24 В	0,8 А
Модуль питания Smart (6SL3130-6TE23-6AA3)	
Питание электроники	DC 24 В
Напряжение питающей сети, В	3 AC 380
Номинальная мощность P_n	36
Входной ток ном. ток при 3 AC 380	58/55/46
Цифровые входы/выходы	2/1
Сетевой дроссель (6SL3000-0CE23-6AA0)	
Номинальный ток, А	60
Мощность потерь, кВт	0,17
Сетевой фильтр (6SL3000-0BE23-6DA1)	
Напряжение питающей сети, В	3 AC 380
Номинальный ток	74
Активные компоненты со стороны сети	
Силовой выключатель (3RV1041-4LA10)	
Рабочее напряжение, В	220/380
Количество фаз	3
Номинальный ток, А	90
Отключающая способность, кА	10
Магнитный пускатель ПМЛ-4220Д УХЛ4 Б	
Номинальный ток, А	80
Напряжение цепи управления, В	380
Предохранитель (3NA3824)	
Напряжение питания, В: переменный ток / постоянный ток	500/250
Номинальный ток, А	80
Силовой разъединитель с держателями предохранителей (3KL5230-1GB01)	
Напряжение, В:	380/690
Номинальный ток, А	125
Модули двигателей (6SL3120-1TE24-5AA3/6SL3120-1TE13-0AA3)	
Мощность, кВт	24
Номинальный выходной ток, А	45
Мощность, кВт	1,6

Параметр	Значение
Номинальный выходной ток, А	3
Модуль торможения книжного формата (6SL3100-1AE31-0AB0)	
Ном. мощность, кВт	1,5
Параметр	Значение
Пиковая мощность, кВт	100
Цифровые входы/выходы	2/2
Тормозной резистор (6SL3100-1BE31-0AA0)	
Сопротивление, Ом	17
Ном. мощность, кВт	1,5
Пиковая мощность, кВт	100

Эффективность применяемого оборудования — ЧПУ (Siemens SINUMERIK 840D):

- 1) подключение цифровых приводов через DRIVE-CLiQ;
- 2) скорость производства деталей увеличивается;
- 3) точность обработки деталей достигается за счет максимального исключения негативных воздействий человеческого фактора на процесс обработки при использовании компьютерного управления станком;
- 4) чистота обработки поддерживается тщательным контролем ПО, которое управляет движением привода станка с заданной скоростью — плавно, так что законченная деталь при определенных настройках приобретает вид, сравнимый с полированным изделием;
- 5) быстрая обработка деталей сложной конфигурации, становится возможной благодаря методичному выполнению каждого шага введенной программы станком;
- 6) применение станков с ЧПУ снижает необходимость в большом количестве рабочих на производстве. Обычной практикой в автоматизированном производстве является обслуживание одним оператором от двух до четырёх станков, в зависимости от времени, необходимого для обработки детали [6].

Перспектива модернизации станков ЧПУ предоставляет огромные возможности для улучшения производственных процессов. Это не только повышает эффективность, но и способствует экономии ресурсов и сокращению времени производства, что в итоге поддерживает развитие современной промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя [Текст] / А.Г. Косилова, Р.К. Косилова. Т.1 М.: Машиностроение, 1986. 656 с.
2. Батов В.П. Токарные станки [Текст] / В.П. Батов. Москва: изд-во Машиностроение, 1978. 152 с.
3. Никитенко Г. В. Электропривод производственных механизмов [Текст]: учебное пособие / Г.В. Никитенко. Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2012. 240 с.
4. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод [Текст]: учебник для вузов / В.В. Москаленко. М.: Энергоатомиздат, 1986. 416 с.
5. Поздеев А.Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно-регулируемых асинхронных электроприводах [Текст] / А.Д. Поздеев. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1998. 172 с.

6. Онищенко Г.Б. Автоматизированный электропривод промышленных установок [Текст] / Г.Б. Онищенко. М.: РАСХН, 2001. 520 с.

УДК 639.2.081.453

Д.А. Тарасова, А.Л. Никифоров, И.А. Легкова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО СИГНАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Аннотация: авторами разработано мобильное сигнальное устройство подачи сигнала бедствия с целью обеспечения безопасности и оперативного поиска людей, попавших в затруднительную ситуацию.

Ключевые слова: сигнальное устройство, поисково-спасательные службы, люминофор, туризм.

D.A. Tarasova, A.L. Nikiforov, I.A. Legkova

DEVELOPMENT OF A MOBILE SIGNALING DEVICE

Abstract: the authors have developed a mobile distress signal device in order to ensure safety and prompt search for people in a difficult situation.

Keywords: signaling device, search and rescue services, phosphor, tourism.

В современном мире множество людей предпочитают проводить свое время в походах, туристической деятельности, водных приключениях и других экстремальных условиях. Однако, как и в любой другой активности, существует определенный риск, связанный с попаданием человека в затруднительную ситуацию. На осуществление поиска пострадавших людей поисково-спасательные службы затрачивают большое количество сил и средств, материальных ресурсов и усилий, а также проведение операции занимает большое количество времени [1, 6].

В связи с этим, разработка новых технологий и усовершенствование существующих способов подачи сигнала бедствия является актуальной задачей. Благодаря этим усилиям можно улучшить эффективность и скорость поисково-спасательных операций, что способствует сохранению человеческих жизней и обеспечению безопасности людей, попавших в затруднительную ситуацию [2]. Зачастую поиски останавливаются с наступлением темного времени суток и плохих погодных условий [3]. Поэтому для обеспечения безопасности туристов и путешественников, а также средств легкой авиации было разработано новое мобильное сигнальное устройство.

В основу работы устройства заложен принцип автоматического зонта, который способен автоматически раскрываться при попадании во влажную среду. Для этого фиксация спиц устройства осуществляется кольцом из полимера, способного растворяться в воде.

Для наиболее эффективного обозначения местонахождения объекта в случае экстренной ситуации на ткань сигнального устройства нанесен люминофорный состав. Люминофор способен излучать поглощенный ранее свет в течение нескольких последующих часов без дополнительной «подпитки», для зарядки самого люминофора достаточно 10–20 секунд контакта с источником света, тепла или даже механического воздействия, чтобы получить эффект свечения [4]. Также разработанное устройство содержит сигнальный элемент, который представляет собой светодиод. Это позволяет устройству быть видимым даже в условиях низкой освещенности или плохой видимости, ночного времени суток. Световой сигнал помогает поисково-спасательным службам обнаружить человека, попавшего в затруднительную ситуацию. Внутри устройства расположена схема питания, которая обеспечивает автоматическую зарядку. Это позволяет устройству быть готовым к использованию в любой момент, даже после длительного хранения или неиспользования. Автоматическая зарядка обеспечивает надежность и удобство использования устройства.

Общий вид сигнального устройства в сложенном состоянии представлен на рис. 1, а на рис. 2 – в раскрытом состоянии.

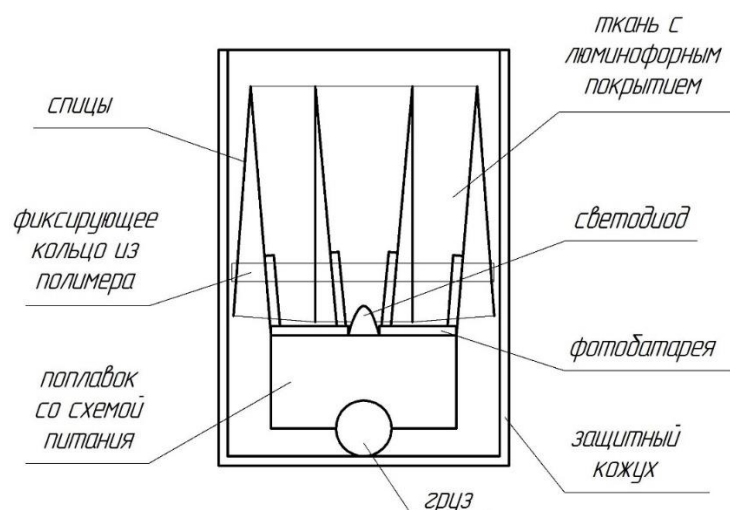


Рис. 1. Общий вид сигнального устройства в сложенном состоянии

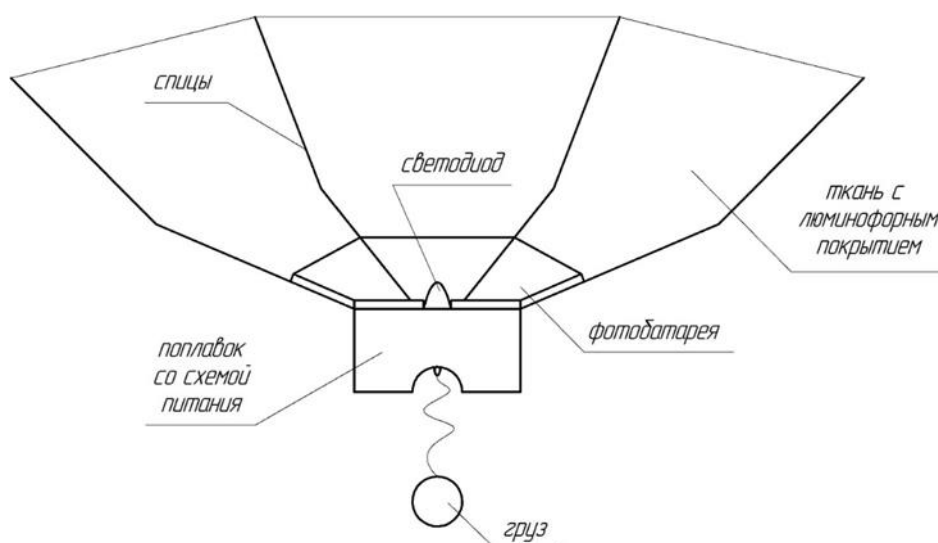


Рис. 2. Общий вид сигнального устройства в раскрытом состоянии

Принцип работы данного устройства основан на его способности автоматически раскрываться при попадании во влажную среду. При контакте устройства с водой, полимерное вещество начинает растворяться, что приводит к раскрытию устройства [5]. В то же время, светодиодный сигнал обеспечивает видимость устройства, а автоматическая зарядка позволяет поддерживать его готовность к использованию. Для удержания сигнального устройства на воде внизу расположен груз.

Часть энергии от аккумулятора используется для подачи сигнала, а часть направляется на зарядку аккумулятора через фотоэлемент. При вспышке также активируется люминофорное покрытие. Сам узел влагозащищен IP68. Частота подачи сигнала составляет 1 раз в 3 минуты. Это позволяет быстро и эффективно привлечь внимание поисково-спасательных служб и указать на местонахождение человека в беде. Также важным преимуществом мобильного сигнального устройства является его легкость и компактность, что позволяет брать его с собой, не перегружая себя лишними вещами.

Таким образом, авторами разработано мобильное сигнальное устройство, которое представляет собой инновационное решение для обеспечения безопасности и подачи сигнала бедствия. Его автоматическое раскрытие при попадании во влажную среду и использование яркого светодиода гарантируют эффективное и заметное предупреждение о попадании в чрезвычайную ситуацию. В данный момент в разработке находится способ запуска и срабатывания механизма. Благодаря устройству можно улучшить эффективность, ресурсные затраты и скорость проведения поисково-спасательных операций, что способствует сохранению человеческих жизней и обеспечению безопасности в экстремальных ситуациях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Кузнецов А. В. Модель циклического мониторинга крупных пожаров и поисково-спасательных работ / А. В. Кузнецов // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 4(41). С. 18-23. EDN KLWLVM.
2. Тарасова, Д. А. Использование люминофоров в области поисково-спасательных работ / Д. А. Тарасова, А. Л. Никифоров, И. А. Легкова // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 20 апреля 2023 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 497-502. EDN LHXOQ.
3. Тарасова, Д. А. Использование средств визуализации в случае бедствий: преимущества органического люминофора / Д. А. Тарасова, А. Л. Никифоров // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции, Иваново, 23 ноября 2023 года. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 285-290. EDN HUMZYJ.
4. Химическая энциклопедия / под ред. И.Л. Кнунянц. Москва: Советская энциклопедия. Т.2. 1990. 1335 с.
5. Сравнительный анализ методик и средств оценки пожарной опасности полимерных материалов / В. Г. Спиридонова, О. Г. Циркина, А. Л. Никифоров, С. Н. Ульяева // Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 3(40). С. 54-60. EDN EIOTGP.

6. Кузнецов, А. В. Технология определения фактического значения количественного состава малых групп мониторинга при разведке крупных пожаров / А. В. Кузнецов, Д. А. Тарасова // Материалы международной научно-технической конференции «Системы безопасности». 2023. № 32. С. 90-94. EDN WDCZBM.

УДК 62-192: 620.169.1

В.А. Татаринцев

Брянский государственный технический университет

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФУНКЦИЙ НАДЕЖНОСТИ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОГРАММНЫХ ИСПЫТАНИЙ ОБРАЗЦОВ

Аннотация: показано, что для сравнения технологий упрочнения материалов корпусной детали путем легирования стали или применения различных режимов термической обработки осуществляются программные (блочные) испытания образцов на усталость. Режим программного нагружения для них формируется из условия одинаковой повреждаемости стали в образце при блочном и в детали при эксплуатационном нагружении. Статистической обработкой результатов программных испытаний прогнозируется функция надежности детали.

Ключевые слова: функция надежности, усталостная долговечность, термообработка, программные испытания, режим нагружения.

V. A. Tatarintsev

PREDICTING THE RELIABILITY FUNCTIONS OF CASE PART BASED ON THE RESULTS OF PROGRAM TESTS OF SAMPLES

Abstracts: the article shows that in order to compare technologies for strengthening materials of a body part by alloying steel or using various heat treatment modes, program (block) tests of samples for fatigue are carried out. The program loading mode is formed from the condition of equal damageability of steel in the sample under block loading and in the part under operational loading. By statistically processing the results of program tests, the reliability function of the part is predicted.

Keywords: reliability function, fatigue life, heat treatment, program tests, loading mode.

Для повышения надежности ответственных литых корпусных деталей автоцепного устройства был осуществлен переход от малоуглеродистой стали 20Л к низколегированным 20ГЛ, 20ГФЛ, 20ГТЛ и др. Однако механические свойства этих сталей после нормализации от 920 °С не удовлетворяют требованиям нормативно-технических документов на корпус. Повышение прочностных характеристик этих деталей может быть осуществлено за счет выбора рационального режима термической обработки.

Для построения программного блока нагружения, обеспечивающего одинаковую повреждаемость материала в образце при программном нагружении и детали при эксплуатационном, необходимо знать эксплуатационный блок нагруженности исследуемой детали и параметры кривых усталости для образца и детали, изготовленных из одного и того же материала [1]. Этот вариант материала принимается за базовый. Относительно него затем ведутся сравнения всех прочих конкурирующих материалов по долговечности и вероятности разрушения.

Блок нагружения образцов формируется на основе сохранения качественных особенностей блока эксплуатационной нагруженности корпуса автосцепки (формы блока, наличия малоциковых перегрузок) и обеспечения одинаковой повреждаемости материала в образце и детали. Для построения блока нагружения образцов требуется знание нагруженности детали по опасному сечению, параметров кривых усталости детали и образца из одинаковой стали, принимаемой впоследствии в качестве базовой. Допускается расчетная оценка указанных параметров. Размер блока нагружения образцов (число циклов в блоке) выбирается из условия, чтобы при минимально возможной долговечности число блоков до разрушения было не менее 10.

Оценивая усталостное повреждение в соответствии с правилом линейного суммирования [2] величиной относительной долговечности, имеем условие равенства повреждений материала образца d_i и детали d_{Di} на i -ой ступени нагрузки в виде

$$d_i = n_i / N_i = d_{Di} = n_{iD} / N_{iD},$$

где n_i и n_{iD} – наработка при i -ой амплитуде напряжения ступени программного блока соответственно образца и детали, N_i и N_{iD} – долговечность по кривой усталости при i -ой амплитуде напряжения ступени программного блока соответственно образца и детали.

Преобразование блока нагружений проиллюстрировано схемой на рис. 1.

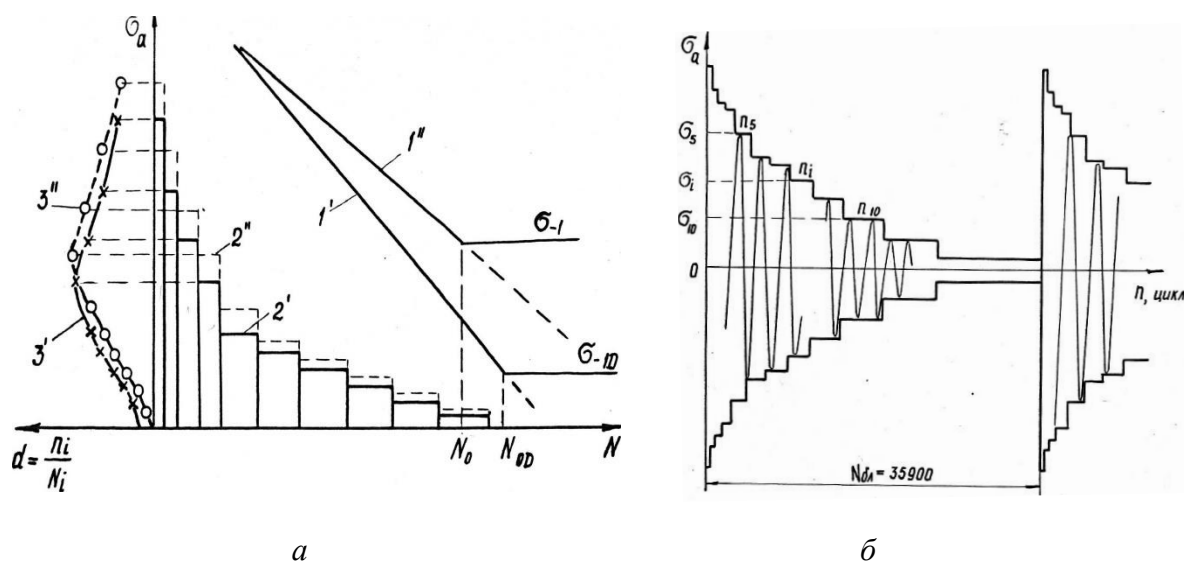


Рис. 1. Схема, поясняющая построение блока нагружения образца – а:
1 — кривая усталости; 2 — блок нагружения; 3 — кривая повреждаемости
(с одним штрихом — для детали, с двумя — для образца и схема блока нагружения — б

Полученные при программных испытаниях образцов на усталость в статистическом аспекте кривые распределения долговечности являются оценками соответствующих распределений долговечности детали. Если известна экспериментальная кривая распределения долговечности детали, изготовленной из базового материала, и экспериментальные кривые распределения усталостной долговечности, изготовленных из базового и конкурирующих материалов, то возникает возможность прогнозировать функции распределения долговечности деталей из этих материалов, а по ним и функции их надежности в эксплуатации.

В нашем случае имеются необходимые данные для прогнозирования функций надежности по появлению трещины в зоне перехода головы в хвостовик корпуса автосцепки, изготовленного из рассматриваемых вариантов литых сталей с различными термообработками. Прогнозирование функций надежности осуществляется на базе известной кривой распределения долговечности корпуса автосцепки из стали 20Л до появления первой трещины в переходной зоне, параметров экспериментальных кривых распределения долговечности образцов при программном нагружении и результатов сравнения по долговечности исследуемых вариантов с базовым. При этом делается допущение о том, что при условии равенства усталостной повреждаемости материала в образце и детали будет сохраняться соотношение между средними логарифмами эксплуатационной и экспериментальной долговечности базового и конкурирующих материалов, т.е. отношения средних логарифмов долговечностей, приведенные в табл. 1, остаются справедливыми для эксплуатационных распределений.

Средние квадратические отклонения логарифма прогнозируемых эксплуатационных долговечностей $(S_{lgL})_n$ рассчитывались по зависимости

$$(S_{lgL})_n = \sqrt{(S_{lgL})_{\sigma}^2 + (S_{lgL})_{\text{уб}}^2 (k - 1)},$$

где $(S_{lgL})_{\sigma}$ – среднее квадратическое отклонение (с.к.о.) логарифма долговечности базовой детали по эксплуатационным данным; $(S_{lgL})_{\text{уб}}$ – с.к.о. логарифма долговечности образца из базового материала при программных испытаниях; $k = (S_{lgL})_{\text{уп}}^2 / (S_{lgL})_{\text{уб}}^2$ отношение дисперсий логарифма долговечности прогнозируемого и базового варианта, полученных по результатам программных испытаний.

Таблица 1. Сравнение вариантов сталей с базовым по параметрам функций распределения усталостной долговечности образцов

Варианты сталей Отношение параметров	1	2	3	4	5	6
	20Л нормализ.	20ГТЛЛ нормализ.	20ГЛ нормализ.	20ГФЛ нормализ.	20ГЛ улучшение	20ГЛ ТЦО
$\lg \bar{L} / \lg L_{20Л}$	1	1,12	1,17	1,30	1,40	1,61
$S_{lgL} / (S_{lgL})_{20Л}$	1	1,29	1,12	1,01	1,62	1,06

Рассчитанные на основе изложенного расчетно-экспериментального подхода параметры прогнозируемых функций надежности корпуса автосцепки из исследуемых вариантов сталей представлены в табл. 2.

Таблица 2. Параметры прогнозируемых функций надежности корпуса автосцепки по появлению трещин

Варианты сталей	1	2	3	4	5	6
Параметр	20Л* нормализ.	20ГТЛ нормализ.	20ГЛ нормализ.	20ГФЛ нормализ.	20ГЛ улучшение	20ГЛ ТЦО
$\lg \bar{L}$	0,778	0,872	0,910	1,012	1,089	1,253
$\bar{L}$, лет	6,9	9,1	9,6	11,9	16,5	20,8
$S_{\lg L}$	0,230	0,277	0,249	0,232	0,333	0,239

Примечание. *параметры найдены по эксплуатационным данным с учетом зависимости (1).

На основе параметров, представленных в табл. 2, построены графики функций надежности корпуса автосцепки по появлению первой трещины в зоне перехода головы в хвостовик, описываемые зависимостью

$$\lg L = \lg \bar{L} - u_p S_{\lg L}, \quad (1)$$

где u_p – квантиль нормированного нормального распределения, соответствующая вероятности безотказной работы P ; $\lg \bar{L}$ и $S_{\lg L}$ – приведены в табл. 2.

Приведенные на рис. 2 функции позволяют прогнозировать частоту (вероятность) появления трещин в корпусах, изготовленных из исследованных сталей. Видно, что применение низколегированных сталей в нормализованном и улучшенном состоянии приводит к существенному снижению частоты появления трещин. Применение ТЦО по режиму 1 оказалось еще более эффективным по долговечности и надежности корпуса.

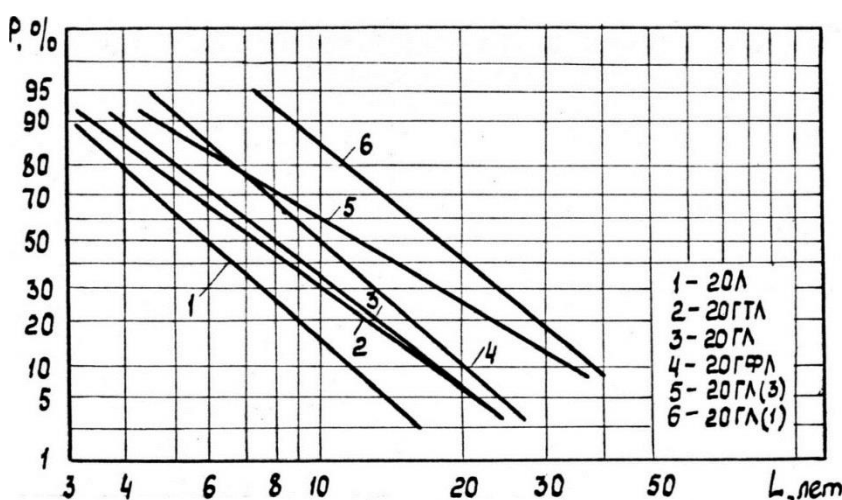


Рис. 2. Функции надежности корпуса, изготовленного из литых сталей: в скобках указаны условные номера режимов термообработки

Сравнительный анализ результатов эксперимента (рис. 3) показал, что применение нормализованных сталей 20Л и 20ГФЛ взамен стали 20Л повысит среднюю долговечность корпуса автосцепки соответственно в 1,47 и 1,90 раза, при этом вероятность разрушения за 10 лет эксплуатации снизится в 1,85 и 4,37 раза.

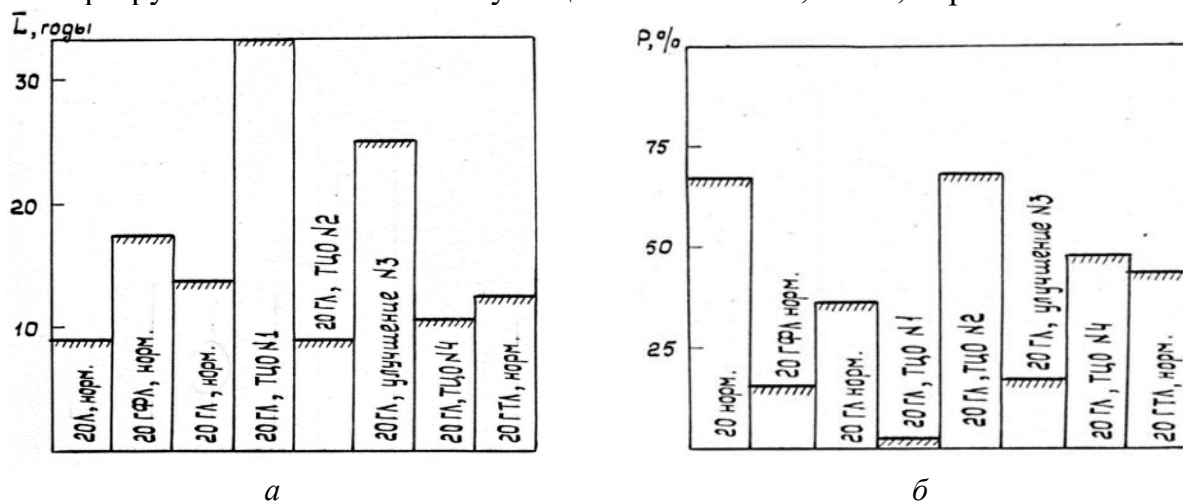


Рис. 3. Оценки средней долговечности – а и вероятности образования усталостной трещины при наработке 10 лет для корпуса автосцепки – б

Ценность предложенного подхода несомненна в тех случаях, когда необходимо количественно оценить изменение надежности детали при изменении ее материала или режима эксплуатационной нагруженности и количественно оценить значимость мероприятий по ее обеспечению [3].

На основе проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы.

1. Разработана методика блочных испытаний на усталость с целью сравнительной оценки материалов конкретной детали по вероятности разрушения и долговечности, основанная на обеспечении одинаковой повреждаемости металла в образце при программных испытаниях на стенде и детали при эксплуатационном нагружении.

2. На основе разработанной методики проведена сравнительная количественная оценка надежности литых сталей, используемых для изготовления корпуса автосцепки. Проведена оценка эффективности применения легирования и некоторых видов термической обработки для повышения надежности корпуса автосцепки.

3. Показано, что из существующих видов и режимов термической обработки наиболее эффективной является закалка с высоким отпуском (режим 3), приводящая к повышению средней долговечности в 2,73 раза по сравнению со сталью 20Л.

4. Проведенные поисковые работы по выбору режима термообработки стали 20ГЛ показали, что наиболее эффективной является ТЦО по режиму № 1. Применение этой термообработки для корпуса из стали 20ГЛ повышает среднюю долговечность в 3,66 раза, вероятность появления трещины за 10 лет эксплуатации снижается в 73,7 раза по сравнению со сталью 20Л.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Машины и приборы для программных испытаний на усталость / Под ред. д-ра техн. наук М.Э. Гарфа. Киев: Наук. думка, 1970. 193 с.
2. Tatarintsev V.A., Shlyushenkov A.P. Effect of structural parameters on the fatigue failure of cast steels in loading with low-cycle overloads // Strength of Materials. 1991. Т. 23. № 7. Р. 775-782.
3. Шлюшенков А.П., Татаринцев В.А. О выборе материала с учетом эксплуатационного режима нагруженности детали // Вестник машиностроения. 1977. № 8. С. 47-49.
4. Tatarintsev V.A., Tolstosheev A.K. Risk assessment and reliability of rail way rolling stock element // В сборнике: AIP Conference Proceedings. Proceedings international conference «Problems of applied mechanics». 2021. Р. 020005.

УДК 624.042.12

А.Р. Тихомиров, М.А. Ноздрин

Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ СОЕДИНЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПЛАСТИН

Аннотация: приведены результаты расчета конструкционного элемента, содержащего соединения авиационных пластин из композитного материала и алюминиевого сплава, а также сравнительные расчеты тавров из разных материалов для определения напряжений и деформации при соединении тавром из структурной стали и алюминиевым тавром.

Ключевые слова: заклепочное соединение, композитный материал, авиационные пластины, тавр.

A.R. Tikhomirov, M.A. Nozdrin

STRENGTH CALCULATION OF THE CONNECTION OF AIRCRAFT PLATES

Abstracts: the results of the calculation of a structural element containing joints of aircraft plates made of composite material and aluminum alloy, as well as comparative calculations of brands made of different materials to determine stress and deformation when connecting a structural steel brand and an aluminum brand are presented.

Keywords: rivet connection, composite material, aviation plates, brands.

Актуальность конструирования заклепочного соединения связана с тем, что в настоящее время, несмотря на существующую возможность применения различных видов неразъемных соединений деталей и узлов, в самолетостроении заклепочные соединения оказываются мало заменимыми при создании нерегулярных зон силовых элементов конструкции, удовлетворяющих эксплуатационным требованиям, требованиям прочности и жесткости, требованиям живучести, надежности, технологичности [1].

Объектом исследования является соединение авиационных пластин из композитного материала [3] и алюминиевого сплава. На рис. 1 представлено соединение пластин (слева-стеклопакет, справа-сплав алюминия), которое осуществляется тавром и заклепками.

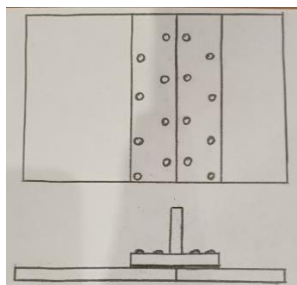


Рис. 1. Соединение авиационных пластин из композитного материала и алюминиевого сплава

Расчет композитной пластины производится в AnsysCompositePrePost. AnsysCompositePrePost (ACP) – приложение с мощным пре- и постпроцессором для моделирования слоистых композитных материалов, позволяющим в явном виде задавать структуру укладки слоев материалов и в удобной форме отображать приведенные характеристики и результаты расчетов на прочность [2].

В композитном модуле ACP(pre) создаем пластину Geometry и задаем нужные размеры: высота – 225мм, ширина – 150мм, диаметр отверстий – 4мм, горизонтальное расстояние между отверстиями – 15мм, вертикальное расстояние между отверстиями – 25мм.

После создания пластины моделируем тавр для соединения алюминиевой пластины и пластины из композитного материала. Задаем размеры тавра: высота – 25мм, ширина – 50мм, диаметр отверстий – 4мм, горизонтальное расстояние между отверстиями – 15мм, вертикальное расстояние между отверстиями – 25мм.

Аналогично пластинам создаем модель заклепок из алюминия для соединения модели пластин между собой (рис. 2).

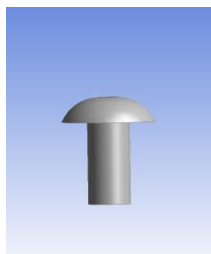


Рис. 2. Заклепка (ОСТ 1 34100-80)

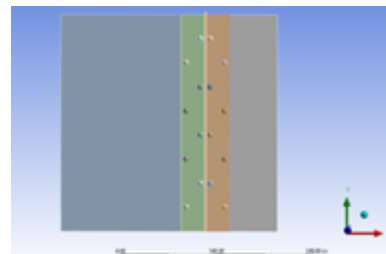
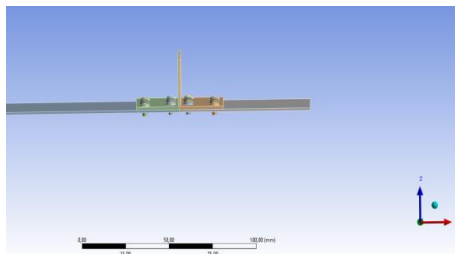


Рис. 3. Общий вид соединения

Моделируем соединения всех частей конструкционного элемента (рис. 3).

Для того, чтобы задать контакты между пластинами, в дереве проекта в папках Connections>>Contacts создаем контакт между пластинами frictional, коэффициент трения 0,3. Чтобы задать контакты между заклепками и пластинами, в дереве проекта в папках Connections>>Contacts выделяем зоны контактов и задаем контакт frictionales. В Ansys он используется в заклепочном соединении для учета трения между заклепками и пластинами. Это связано с тем, что при нагрузке на соединение возникают силы трения, которые могут повлиять на прочность соединения и его деформацию. Контакт frictionales позволяет учитывать эти силы и определить оптимальные параметры заклепочного соединения, такие как количество заклепок, диаметр и расположение, чтобы обеспечить максимальную прочность и минимальную деформацию. Общий вид области контактов между заклепками и пластинами представлен на рис. 4.

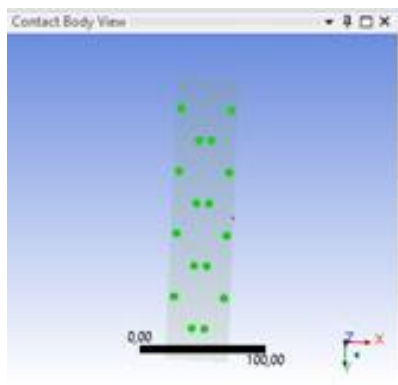


Рис. 4. Общий вид контактов между заклепками и пластинами

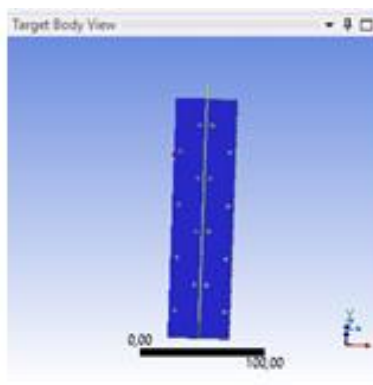
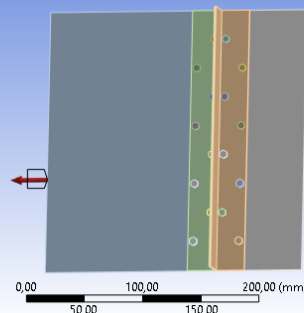


Рис. 5. Приложение силы



После добавления заклепок прикладываем силу равную 1 кН (рис. 5) и жесткую заделку.

В результате проектирования созданы модели пластин из композитного материала и сплава алюминия, соединенные между собой тавром и заклепками, а также заданы граничные условия в виде жесткой заделки и растягивающей нагрузки равной 1кН.

Для сравнения напряжений с учетом разного диаметра заклепок и определения оптимального варианта выполняем расчеты для трех размеров заклепок ОСТ 1 34100-80 (2,6 мм; 4 мм; 6 мм). Для примера покажем результаты расчетов для диаметра $d = 4$ мм.

Максимальное перемещение относительно первоначального состояния при соединении заклепками $d=4$ мм равно 0,3 мм (рис. 6)

Максимальное напряжение при соединении заклепками $d = 4$ мм равно 52,8 МПа (рис. 7–8)

Найдены оптимальные размеры заклепок для соединения пластин в программе Ansys Workbench - 2,6 мм с максимальным напряжением 41,2 МПа (таблица).

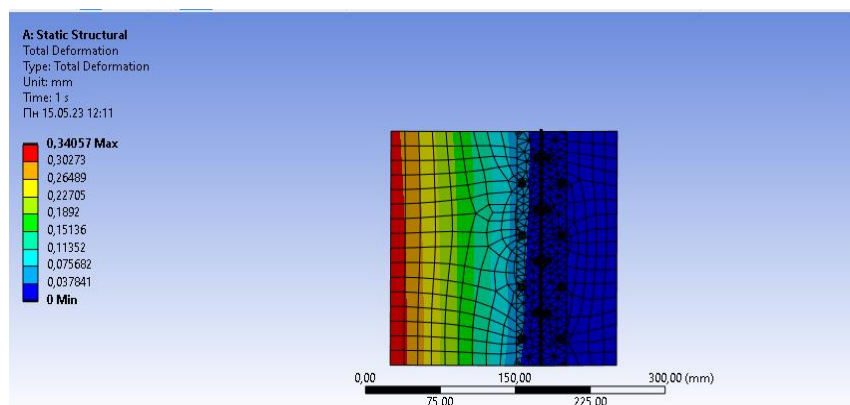


Рис. 6. Перемещение при соединении заклепками 4 мм

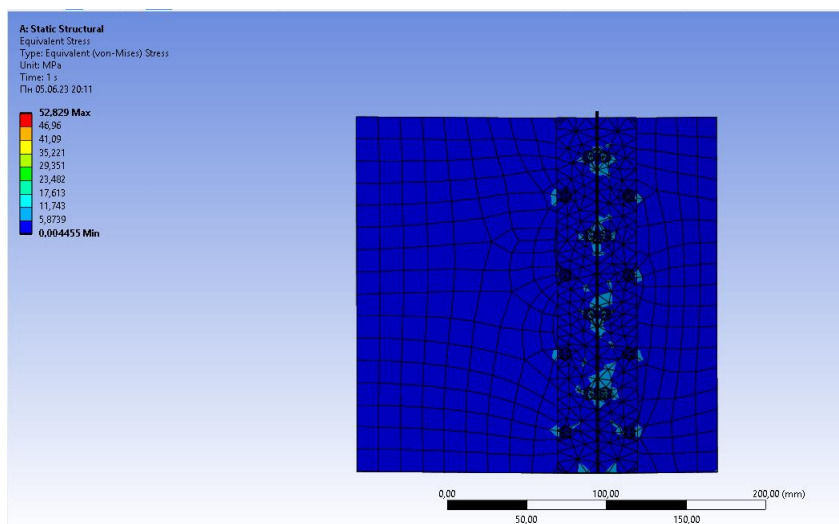


Рис. 7. Напряжение при соединении заклепками 4 мм

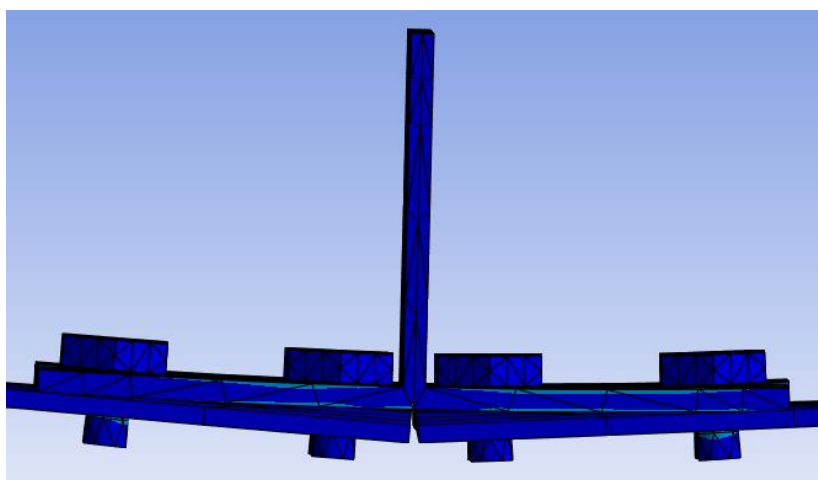


Рис. 8. Напряженное состояние пластин (вид сбоку)

Сравнительные расчеты тавров из разных материалов показали, что напряжения и деформации при соединении тавром из структурной стали оптимальны по сравнению с соединением алюминиевым тавром.

Таблица. Результаты численного расчета при использовании стального тавра

Диаметр, мм	Напряжение, МПа	Перемещение, мм
2,6	41,2	0,3
4	52,8	0,3
6	77,3	0,4

Результаты исследования используются проектной организацией в конструкторских расчетах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гребеньков О.А. Конструкция самолетов. М.: Машиностроение, 1984. 240с.
2. Денисов М.А. Компьютерное проектирование Ansys: учеб. пособие; Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 77 с.
3. Первушин Ю.С., Жернаков В.С. Основы проектирования и технологии изготовления изделий из слоистых композиционных материалов: учеб. пособие / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. Уфа: УГАТУ, 2008. 201с.

УДК 621

Е.А. Тюмкина, Н.А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ СТРУКТУРНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ДЕТАЛЕЙ: ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЕРТА

Аннотация: в статье приводятся экспериментальные данные исследования механических свойств полиамидного материала, полученного на основе трехмерной печати. На основании представленного анализа экспериментальных оказалось, что наиболее надежный полиамидный пластик, который проявляет максимальное значение ударной вязкости, прочности с 75 % заполнением, а также армированным эпоксидной смолой. Обоснована актуальность данных исследований для работы эксперта.

Ключевые слова: аддитивные технологии, упрочнение деталей, армированный пластик, эпоксидная смола, ударная вязкость, растяжение, прочность.

E.A. Tyumkina, N.A. Kropotova

RELIABILITY AND DURABILITY OF STRUCTURAL POLYMER PARTS: EXPERT'S RESEARCH

Abstracts: the article presents experimental data on the study of the mechanical properties of a polyamide material obtained on the basis of three-dimensional printing. Based on the presented experimental analysis, it turned out that the most reliable polyamide plastic, which exhibits the maximum value of impact strength, strength with 75 % filling, as well as reinforced with epoxy resin. The relevance of these studies for the expert's work is substantiated.

Keywords: additive technologies, hardening of parts, reinforced plastic, epoxy resin, toughness, tensile strength.

Полимерные материалы достаточно широко распространены не только в быту, но и нашли практическое применение во основных видах деятельности: машиностроение, авиастроение, робототехника, строительство, архитектура, медицина, др., а аддитивные технологии способствовали скачкообразному распространению полимеров во всех сферах. Появление технологии аддитивного производства позволяет объединить все направления от проектирования готового изделия до его обработки, сокращая время изготовления и этапность изготовления, потребность в дорогостоящем оборудовании, получение сложно-структурных деталей и самое важное – это снижение веса с сохранением прочности и жесткости детали [1].

Структурные полимерные детали представляют собой полимерный композиционный материал, состоящий из двух и более компонентов. Армированные полиамидные детали при печати имеют дефекты внешнего строения, для того, чтобы достичь совершенных углов, заданной конструкции или отдельного его элемента используют связующие. Достаточно широко применяется эпоксидная смола, поливинилацетат. Для снижения лишних концентраторов напряжения на готовом изделии, применяется стекловолокно, базальтовое волокно. Дополнительные компоненты способствуют упрочнению полимерного материала, как показали практические исследования прочность увеличивается на 42 %, а ударная вязкость увеличивается на 34 % для полиамида [2]. От свойств армируемых полимерных деталей зависят механические свойства: предел прочности при растяжении [3], модуль упругости, твердость, ударная вязкость [4], износостойкость, теплопроводность, электрические и акустические свойства. Армировать, значит упрочнять полимерную матрицу, придавая материалу специальные требуемые свойства. Представим схематично изображение полимерной матрицы, армированной полимерными органическими связующими (рис. 1).

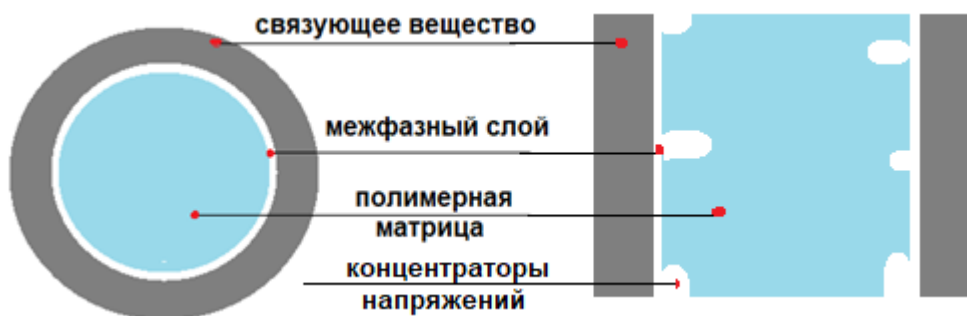


Рис. 1. Схема армирования полимерного материала (например, полиамида)

Назначение связующего — связать матрицу с волокнами (базальтовое, стеклоткань, др.), обеспечив единую монолитную работу композитного материала как детали и передачу напряжений (рис. 2). Если не выполнены эти условия, то детали не выдерживает заданные нагрузки и не может применяться.

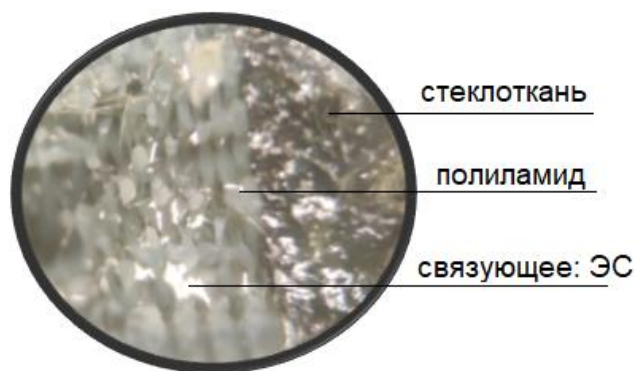


Рис. 2. Микроструктура (×24) композиционного материала: матрица — полиамид, связующее — эпоксидная смола (ЭС), армирование — стеклоткань

Обеспечение надежности и долговечности будет зависеть от свойств композиционного материала. Свойства полимерных композиционных материалов значительно отличаются от свойств его отдельных компонентов. Единой классификации наполнителей для полимерных материалов не существуют.

Опишем вероятный механизм перераспределения нагрузки в армирующем полиамиде, используя в качестве упрочняющего материала стеклоткань (волоконный материал). Полимерная полиамидная матрица в этом случае воспринимающую нагрузку перераспределяет на весь объект детали — целиком. Значительная нагрузка перераспределяется по стеклоткани. В этом случае, стоит обратить внимание на связующий элемент. Если связующий материал, обволакивая матрицу и стеклоткань, достаточно хорошо заполнил все поры и пустоты, то в этом случае и жесткость конструкции будет достаточной для удерживания максимальной допустимой нагрузки на растяжение, 140 МПа, при ударной нагрузке вязкость составит порядка 72 кДж/м². В случае если использовать матрицу с более низким процентом заполнения детали, увеличивая процент связующего материала, до 70 % есть линейная зависимость от удельной массы наполнителя, а вот при процентном заполнении менее 70 % полимерной матрицы — в качестве упрочняющего элемента выступает органический полимер, образованный при отверждении эпоксидной смолы с волоконными материалами. Таким образом, для упрочнения материала, не стоит пренебрегать всеми компонентами образуя единое целое.

Аналитический обзор полимерных материалов, используемых в качестве деталей различных назначений (подшипники, манжеты, уплотнительные кольца, диски сцепления для точных механизмов, детали системы управления, системы нейтрализации газов, реверсное устройство двигателя, др.) растет с геометрической прогрессией, увеличиваясь к 2030 году до 400 млн. м³. Наибольшее применение новых композиционных материалов для автомобильной отрасли. В связи с увеличением применения для новых изделий все чаще возникает необходимость в исследовании и установлении причин поломки, как следствие аварий различных изделий и деталей машин. Среди

Приведем лишь малую долю применения полимерных композиционных материалов в автомобилестроении (рис. 3). Как показывает ряд тяжело-нагруженных узлов пожарных машин альтернативы использованию деталей из полимерных композиционных материалов нет [5–7].

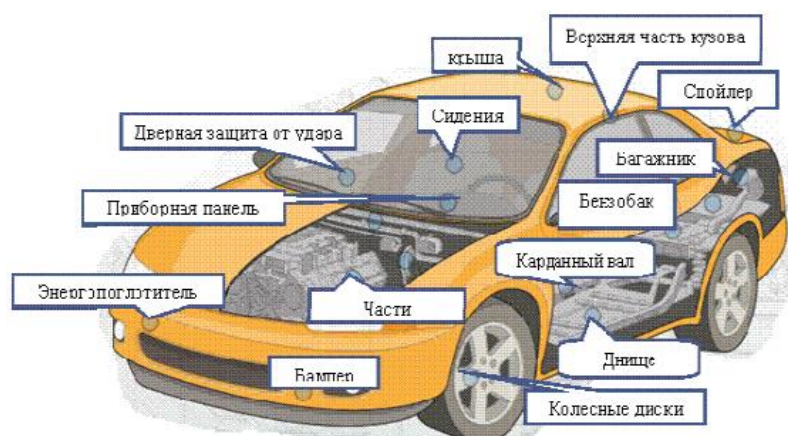


Рис. 3. Детали легкового автомобиля, изготовленные из полимерных композитов

В связи с увеличением дорожно-транспортных происшествий со смертельным исходом часто возникает необходимость проведения оценки причин, которые могли послужить причиной аварий. Когда стаж водителей превышает 30 лет (около 26 % всех происшествий за три месяца 2024 года), причиной аварии выделяют неисправ-

ность деталей. Часто это разрушение металлополимерных подшипников — 80 % от всех происшествий. Например, при наличии концентраторов напряжений (рис. 1) на поверхности полимерной матрицы, за счет связующих и волокнистых материалов происходит выравнивание поверхности, что способствует лучшему перераспределению энергии, в результате любого взаимодействия, в том числе механического. Введение избыточного по массе превышающего более 40 % от массы детали охрупчает полимерный композит. Из практических данных получено, что оптимальное значение около 70–75 % заполнения полимерной матрицы.

Предметом экспертного исследования или криминалистической экспертизы часто являются полимерные композиционные материалы, которые меняют свойства в зависимости от его компонентов, контактное взаимодействие различных деталей с окружающими объектами. Без исследовательских навыков, инструментальных методов анализа и фундаментальных знаний невозможно достоверно дать оценку поведения различных материалов в конкретных условиях, а тем более, когда затрагиваются вопросы безопасности, надежности и долговечности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Перспективы использования 3D печати для ремонта кузова малогабаритной техники легкого класса и БПЛА // Карбышевские чтения. Наше дело правое-победа будет за нами! [Текст]: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции / под общ. Ред. Грошевой Л.И. в 6 т., Т.1. Тюмень: ТВВИКУ, 2023. С. 323 – 329.
2. Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Основы материаловедения для эксперта: исследование ударной вязкости материалов // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов VI Международной научно-практической конференции, Иваново, 19 октября 2023 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 474 – 478.
3. Филиппова А.В., Гончарова Ю.А. Исследование ударной вязкости 3d-печатных образцов, пропитанных полимерным компаундом // Всероссийская научно-техническая конференция студентов Студенческая научная весна: Машиностроительные технологии [Электронный ресурс] URL: https://studvesna.ru/db_files/articles/3364/thesis.pdf (доступ свободный, дата обращения 25.12.2023).
4. Хлынин А.Ю., Кропотова Н.А. Пост технического обслуживания и ремонта пожарных автомобилей – надежность техники // Электромехатроника и управление// Пятнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2020»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 4. Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2020. С. 99.
5. Патент на полезную модель № 165103 U1 Российская Федерация, МПК А62С 27/00. Гусеничная пожарная машина: № 2015146347/12: заявл. 27.10.2015: опубл. 10.10.2016 / И.А. Малый, И.Ю. Шарабанова, О.И. Орлов [и др.]; заявитель 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» (ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России).
6. 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, 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.

7. Кензеев Д.С., Кропотова Н.А. Обоснование поста технического обслуживания и ремонта пожарной техники и его планомерного совершенствования // Надежность и долговечность машин и механизмов : сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 13 апреля 2023 г. Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 81-86. ISBN 978-5-907353-88-6.

УДК 66.047

Д.З. Файзуллин, П.В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

КОНСТРУИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОДЪЕМА ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ В СУШИЛКУ БАШЕННОГО ТИПА

Аннотация: в данной статье рассматривается инженерно-техническое решение по созданию устройства для подъема пожарных напорных рукавов на высотную отметку сушилки башенного типа. Для решения поставленной задачи, сконструирована рама устройства, выполнена 3D-модель, произведены расчеты веса рамы подъемного устройства нетто и брутто и выполнены прочностные расчеты элементов рамы.

Ключевые слова: напорный рукав, башенная сушилка, подъемное устройство, рама, швеллер

D.Z. Faizullin, P.V. Puchkov

DESIGNING A DEVICE FOR LIFTING FIRE HOSES INTO A TOWER-TYPE DRYER

Abstracts: this article discusses an engineering and technical solution for creating a device for lifting fire pressure hoses to the height of a tower-type dryer. To solve this problem, the frame of the device was designed, a 3D model was made, the weight of the frame of the lifting device was calculated net and gross, and strength calculations of the frame elements were performed.

Keywords: pressure hose, tower dryer, lifting device, frame, channel

В пожарно-спасательной части СПСЧ-29 г. Уфа отсутствуют специализированные помещения и оборудование для сушки пожарных напорных рукавов. По этой причине руководством подразделения принято решение провести реконструкцию старой вентиляционной шахты и переоборудовать ее помещения под сушилку башенного типа для сушки пожарных рукавов.

Одной из задач реконструкции является разработка металлической рамы подъемного устройства для подъема пожарных рукавов в башенную сушилку. Габаритные размеры шахты в поперечном сечении составляют 2600 x 1100 мм, поэтому габаритные размеры рамы должны быть не более 840 x 1460 мм. Между рамой и стенами шахты предусмотрен зазор равный 60–80 мм для свободного перемещения рамы вверх и вниз. Данный зазор выбран с учетом кривизны несущих кирпичных

стен. Конструкция рамы для подъема рукавов в башенную сушилку представлена на рис. 1 [1, 2].

Сварная металлическая рама подъемного устройства (1) может быть изготовлена из сортового проката, например, из горячекатанного швеллера. На раме подъемного устройства размещены четыре переключателя (2) с металлическими крюками (3) для подвешивания на них пожарных напорных рукавов и дальнейшего их подъема для сушки естественным образом. Так как длина пожарного рукава составляет 20 м, поэтому рукав подвешивается способом сложения вдвое. Для предотвращения раскачивания рамы с пожарными рукавами, она оснащена кронштейном с двумя роликами (9), которые двигаются по направляющей вертикальной трубе круглого сечения (8). Наличие на раме кронштейна с роликами исключает ее перемещение в плоскости XOY (рис. 1). Для исключения случайного самопроизвольного падения рамы подъемного устройства с высотной отметки в шахту, например, при обрыве троса (6) предусмотрен фиксатор (4), который снимает с троса нагрузку, когда рама с рукавами находится на высотной отметке башни [3, 4].

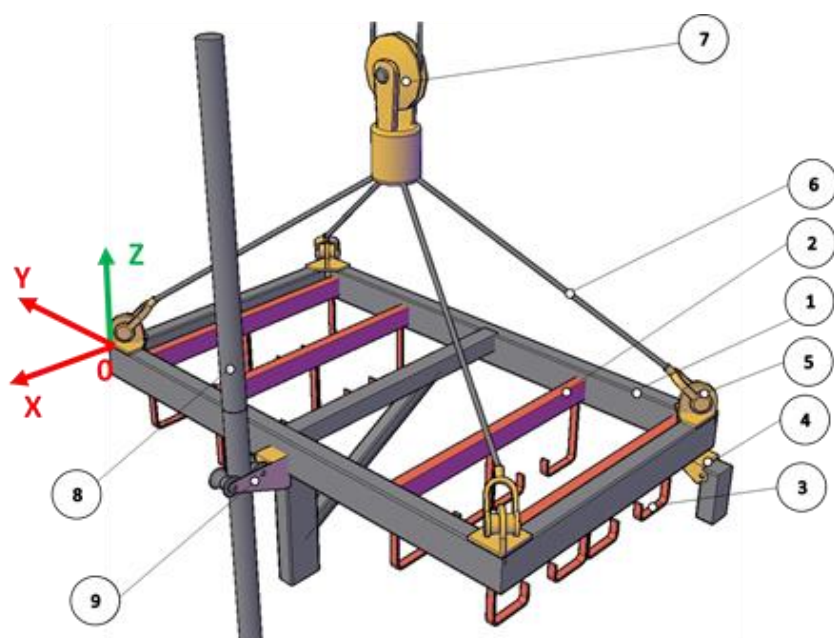


Рис. 1. Конструкция устройства для подъема рукавов в сушилку башенного типа:

- 1 – сварная рама;
- 2 – переключатель с крюками;
- 3 – крюк для крепления пожарного рукава;
- 4 – фиксатор;
- 5 – вертлюг;
- 6 – трос; 7 – блок;
- 8 – направляющая труба;
- 9 – ролик

После разработки конструкции рамы устройства необходимо выполнить расчет на прочность её элементов и подобрать сортовой прокат для ее изготовления. Длина переключателя с крюками составляет 840 мм, на каждой переключателе закреплено по 4 металлических крюка, нагрузка на один крюк составляет 200 Н (1 сырой рукав диаметром 77 мм).

На рис. 2 представлена расчетная схема переключателя с крюками, на которой приложены силы, эквивалентные весу 4-х сырых пожарных рукавов. Балка с крюками испытывает деформацию изгиба.

В программе Balka-v.1.1.0.109 выполнен прочностной расчет нагруженной балки. На рис. 3 представлена эпюра поперечных сил, возникающих в переключателе, нагруженном пожарными рукавами.

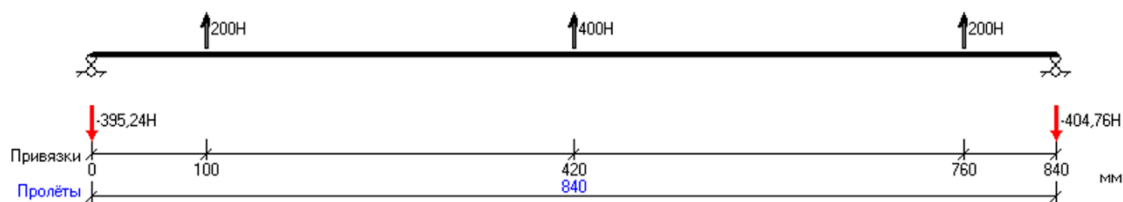


Рис. 2. Расчётная схема перекладины с крюками

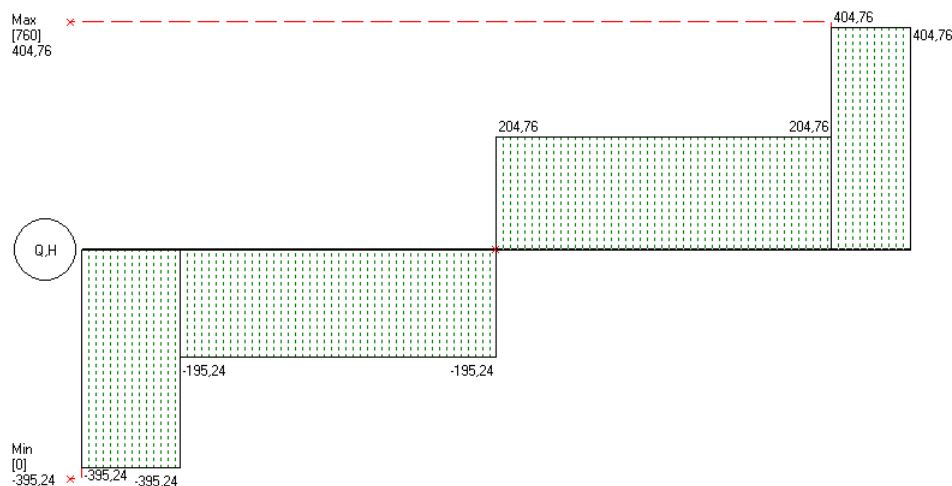


Рис. 3. Эпюра поперечных сил

На рис. 4 показана эпюра изгибающих моментов балки. Из графика видно, что самое опасное сечение у балки находится в ее центре.

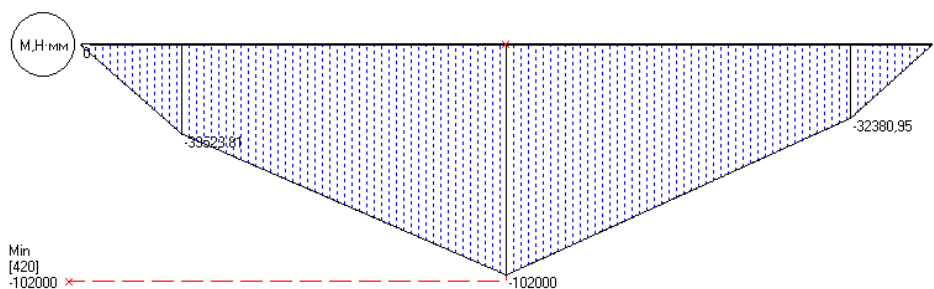


Рис. 4. Эпюра изгибающих моментов

В результате расчета было установлено, что для изготовления рамы необходимо выбрать горячекатаный швеллер с номером 10П, так как расчетный момент сопротивления составляет $W_x = 34,20 \text{ см}^3$. Габаритные размеры профиля швеллера 100 x 46 мм, а вес одного метра такого швеллера составляет 8,59 кг, что позволяет рассчитать вес рамы нетто. При такой нагрузке относительный прогиб балки составит 1/250 пролёта, поэтому конструкцию можно считать жесткой.

После выбора сортового проката для изготовления конструкции рамы подъемного устройства и расчета веса конструкции необходимо рассчитать диаметр и длину основного троса для подъемного устройства. Исходными данными для расчета являются: вес конструкции брутто 400 кг, коэффициент запаса прочности должен составлять не менее 1,5. На рис. 5 представлена схема крепления троса к раме.

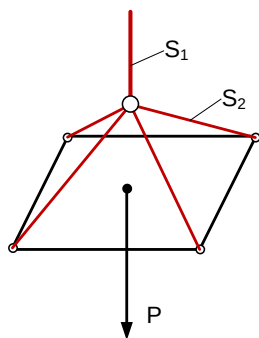


Рис. 5. Схема подъемного устройства:

S_1 – основной трос;

S_2 – стропа;

P – вес конструкции (Н)

Для стального троса, работающего на растяжение напряжение высчитывается по формуле (1).

$$\sigma_{\text{расч}} = P/S \leq [\sigma], \text{ где} \quad (1)$$

где $\sigma_{\text{расч}}$ – временное сопротивление (МПа); P – вес конструкции (брутто) (Н); S – площадь поперечного сечения троса (мм^2); $[\sigma]$ – допускаемое напряжение для материала троса (МПа);

Также необходимо учесть коэффициент запаса прочности для троса на случай возникновения нештатных ситуаций. С учетом коэффициента запаса прочности необходимо пересчитать допускаемое напряжение по формуле (2).

$$[\sigma] = \sigma_{\text{расч}}/n, \text{ где} \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{расч}}$ – временное сопротивление (МПа); $[\sigma]$ – допускаемое напряжение для материала троса (МПа); n – коэффициент запаса прочности.

Подставив исходные данные в формулу (2) получим:

$$[\sigma] = 230 \text{ (МПа)} / 1,5 = 153 \text{ МПа}$$

Допускаемое напряжение создаваемое в тросе не должно превышать 153 МПа. Далее был выполнен расчет диаметра основного троса. Из формулы (1) выразим S_1 и рассчитаем площадь поперечного сечения:

$$S_1 = P/[\sigma] = 4000 \text{ (Н)} / 153 \text{ (МПа)} = 26 \text{ мм}^2$$

Площадь поперечного сечения круглого троса рассчитывается по формуле (3):

$$S_1 = \pi d^2/4, \text{ где} \quad (3)$$

где S_1 – площадь поперечного сечения основного троса (мм^2); d – диаметр основного троса (мм); π – число π .

Выразив диаметр троса из формулы (3) получим $S_1 = 5,75 \text{ мм} = 6 \text{ (мм)}$.

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 пожарным рукавами на высотную отметку 9,5 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков П.В., Нестеров Д.А. Разработка конструкции приспособления для подъема пожарных рукавов в башенную сушилку. Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 16 апреля 2020 г. Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. С. 254-258.
2. 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
3. Пучков П.В. Концепция проектирования подъемных устройств для сушки 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.
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

УДК 620.95

В.П. Федотова, И.А. Телегин, В.В. Терентьев, В.В. Рябинин
ФГБОУ ВО Верхневолжский ГАУ

БИОТОПЛИВО В РОССИИ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Аннотация: в статье приведены виды биотоплива, преимущества и недостатки жидкого биотоплива.

Ключевые слова: жидкое биотопливо (ЖБТ), биотопливо, биоэтанол.

V.P. Fedotova, I.A. Telegin, V.V. Terentyev, V.V. Ryabinin

BIOFUELS IN RUSSIA. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Annotation: the article presents the types of biofuels, advantages and disadvantages of liquid biofuels.

Keywords: liquid biofuels (LCF), biofuels, bioethanol.

Биотопливо, объем рынка которого увеличился на 9 % с 2012 по 2023 год, является одной из главных альтернатив традиционным видам топлива (дизель, бензин и пр.). Страны во всем мире признают многочисленные социальные, экономические и экологические преимущества продвижения жидкого биотоплива (далее – ЖБТ), на основе чего осуществляют инвестиции в его разработку, вводят налоговые льготы на производство и тарифы производственного регулирования.

В РФ на данный момент рынок ЖБТ как таковой отсутствует, однако, учитывая сырьевую ориентированность страны, перспективы и предпосылки для его развития есть. Правительство продолжает создавать условия для развития технологий производства с использованием вторичных ресурсов, с 1 марта 2024 года производители товаров из вторсырья смогут получать господдержку. Распоряжение от 2 августа 2023 года № 2094-р об утверждении перечня такой продукции подписал Председатель Правительства Михаил Мишустин.

Современный рынок биотоплива представлен следующими позициями:

- биэтанол: альтернатива бензину, производимая путем ферментации сахара дрожжами. В настоящее время это биотопливо с наибольшим объемом производства в год: в 2022 году во всем мире было произведено 109 миллиардов литров, культуры с высоким содержанием сахара или крахмала;

- биодизель: альтернатива дизельному топливу, производимая из биомассы с высоким содержанием масла;

- чистое растительное масло (PPO) / натуральное растительное масло (SVO): могут использоваться только в модифицированных или модернизированных двигателях из-за различий в вязкости и характеристиках сгорания;

- возобновляемое дизельное топливо (RD) / гидроочищенное растительное масло (HVO): производится путем гидрогенизации из того же сырья, что и биодизель. Имеет несколько преимуществ, включая высокое цетановое число, высокую плотность энергии, стабильность при хранении, чистое горение и безопасную работу при более низких температурах, подходит для всех типов двигателей. Может быть использован как замена керосина для авиационного топлива;

- биомасса в жидкое топливо (BTL): производится из твердого сырья (древесные остатки из лесов, растительные остатки с ферм, твердые бытовые отходы). Процесс изготовления считается одним из самых сложных, но и самым экологичным. Жидкое биотопливо можно производить из огромного количества исходного сырья, что является его весомым преимуществом в сравнении с традиционными видами топлива [1].

На данный момент около 64 % этанола производится из кукурузы, 26 % – из сахарного тростника, 3 % – из патоки, 3 % – из пшеницы, а остальное – из других зерновых культур, маниоки или сахарной свеклы.

Около 77 % биодизеля состоит из растительных масел (37 % рапсового масла, 27 % соевого масла и 9 % пальмового масла) или использованных кулинарных масел (23 %).

Более продвинутые технологии, основанные на целлюлозном сырье, водной биомассе или рисе, не составляют значительной доли от общего производства биотоплива.

Жидкое биотопливо предлагает множество преимуществ и побуждает разработчиков политики стимулировать производство жидкого биотоплива, устойчиво производимого за счет реализации долгосрочной, стабильной и амбициозной политики в соответствии с международными целями в области энергетики и климата (см. табл. 1) [2].

Таблица 1. Сравнительные преимущества ЖБТ

Положительная сторона	Преимущества
Эффективность	– производится из возобновляемых ресурсов и, по сравнению с ископаемым дизельным топливом, относительно менее горючее – биотопливо обладает более высокими смазочными характеристиками – производит менее токсичные выбросы углерода – можно производить из самых разных материалов
Экономическая целесообразность	– рентабельность пользования выше, чем у бензина – этанол – моторное топливо с самым высоким октановым числом и самой низкой стоимостью на планете
Обеспечение долговечности двигателя автомобиля	– можно адаптировать к современным конструкциям двигателей и очень хорошо работать в большинстве случаев – при использовании увеличивает долговечность двигателя в сравнении с использованием бензина – требует меньше обслуживания и снижает общие затраты на проверку загрязнения
Возобновляемость	– производится из повсеместно выращиваемых возобновляемых источников
Снижение выбросов парниковых газов	– снижает выбросы парниковых газов до 65 %
Экономическая безопасность	– снижает зависимость страны от иностранного ископаемого топлива – увеличивает спрос на подходящие биотопливные культуры, что дает толчок развитию сельскохозяйственной отрасли – создание рабочих мест за счет развития отрасли биотоплива

Не все аналитики топливного рынка поддерживают идею перехода к альтернативным топливам. Частая критика биотоплива основывается на ряде недостатков, возникающих в процессе его производства, таких как (см. табл. 2) [3].

Таблица 2. Недостатки жидкого биотоплива

Проблема	Сопутствующие риски	Возможные решения
Проблема направления использования сырья (Food versus Fuel)	– недостаток сырья в пищевой промышленности – рост цен на продукты питания	– в 2013 году опровергнута прямая зависимость роста цены на продукты / нехватка сырья – переход на целлюлозное биотопливо или биотопливо из водной биомассы

Проблема	Сопутствующие риски	Возможные решения
Проблема нехватки земельных ресурсов (Land Requirements)	– нехватка площадей для бесперебойного произрастания – истощение почв – увеличение выброса углеродов	– восстановление неиспользуемых в настоящий момент деградировавших земель – исследования способов повышения урожайности
Проблема загрязнения (Pollutions)	– увеличение выброса углеродов – использование удобрений может привести к загрязнению грунтовых вод	– дополнение критериев устойчивого развития – разработка очистительных механизмов нового поколения
Проблема использование побочных продуктов производства (By-product handling)	– появление в процессе производства питательного жмыха, шрота и иных отходов, богатыми питательными веществами – превышение доли отходов над долей биотоплива	– продажа отходов предприятиям, специализирующимся на выращивании скота
Конкуренция с электроприборами (Electrification vs Biofuels)	– согласно прогнозам 24–44 %^[2] мирового автопарка будет электрическим	– рост декарбонизации и уход от традиционного топлива обеспечат возможности развития рынка биотоплива
Высокие затраты на производство (High cost of production)	– дорогое производство на текущем рынке	

На сегодняшний момент для производства биотоплива созданы следующие предпосылки:

- Российская Федерация обладает достаточной сырьевой базой для полного обеспечения потенциальной внутренней потребности в ЖБТ без нанесения ущерба пищевой промышленности и для производства топлива на экспорт. Наиболее подходящими культурами для осуществления этих задач можно считать рапс, сахарную свеклу, борщевик Сосновского, а также пшеницу низкокачественных сортов.

- потенциальный объем внутреннего спроса на ЖБТ можно оценить более чем в 1,75 млн. тонн в год. Последние обновления в законодательстве РФ касательно производства этанола (2022 год) позволят развивать отечественный рынок жидкого биотоплива уже сейчас, однако для наращивания значительных объемов производства необходима целенаправленная поддержка отрасли государством, что на сегодняшний день входит в противоречие с зависимостью российской экономики от нефти и газа.

- возможности экспорта ЖБТ сильно ограничены – европейский регион, а также крупные азиатские страны, такие как Китай, Индия и Япония, заинтересованы в развитии и поддержке собственного производства, а потому будут формировать спрос не на импортное биотопливо, а на сырье для его производства. Вопрос же о перспективности торговых отношений с азиатскими странами, только начинающими

развитие биоэнергетики и не обладающими собственными производственными мощностями, остается дискуссионным.

В настоящий момент, Российская Федерация не обладает достаточным количеством эффективных технологий и мощностей для производства жидкого биотоплива. Для улучшения ситуации необходимо проводить политику государственного стимулирования и повышать заинтересованность частных предпринимателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зуева О., Калайда М., Чичиров А. Биотопливо и бионанотехнологии. М., 2014. 112 с.
2. Биотопливо и продовольственная безопасность. Июнь 2013 года. [Электронный ресурс] URL: fao.org/3/f-i2952r.pdf, Р. 58-59. (дата обращения: 26.03.2024).
3. Журнал «Экономические исследования и разработки». [Электронный ресурс] URL: <http://edrj.ru/article/09-02-2159> (дата обращения: 27.03.2024).

УКД 614.842

М.А. Фертюк, Р.В. Кошкарлов

Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВАКУУМНЫХ СИСТЕМ ПОЖАРНЫХ НАСОСОВ

Аннотация: данная статья рассматривает актуальную для большинства пожарных подразделений проблему. Возможность улучшения работоспособности пожарных насосов за счет улучшения щелевых уплотнений. С помощью предложенных мер возможно решить эту проблему.

Ключевые слова: пожарный насос, вакуумный насос, коррозия металла, износ, нарушение работоспособности насоса, отказ.

M.A. Fertyuk, R.V. Koshkarov

IMPROVING THE EFFICIENCY OF VACUUM FIRE PUMP SYSTEMS.

Abstracts: this article examines a problem that is relevant for most fire departments. The possibility of improving the performance of fire pumps by improving slot seals. With the help of the proposed measures, it is possible to solve this problem.

Key words: fire pump, vacuum pump, metal corrosion, wear, malfunction of the pump, failure.

В наше время не во всех объектах, а особенно в сельской местности системы противопожарного водоснабжения не предусмотрены, либо не исправны. В следствие чего возникает потребность в подвозе воды на место пожара. Исходя из этого

можно утверждать, что особую важность имеет безотказность работы системы пожарного насоса от искусственных и естественных водоемов.

Вакуумные системы пожарных насосов — важная часть пожаротушения, обеспечивающая эффективность и надежность работы системы. Они являются ключевым элементом противопожарной системы, отвечая за приведение воды к пожарному насосу и поддержание требуемого давления. Для этого насос использует различные принципы работы, такие как поршневой, газоструйный, мембранный или шибберный [1]. В данном подразделе мы рассмотрим основные компоненты и принципы работы вакуумных систем пожарных насосов.

Основные компоненты вакуумных систем пожарных насосов включают в себя: вакуумный насос, вакуумные клапаны, трубопроводы и фильтры. Однако, с течением времени, эти системы могут становиться менее эффективными из-за различных причин, таких как износ оборудования или неправильная эксплуатация [1].

Повышение эффективности работы вакуумных систем пожарных насосов играет важную роль в обеспечении надежной и быстрой реакции на пожарные происшествия. Это может быть достигнуто через регулярное техническое обслуживание и модернизацию оборудования, а также обучение персонала по правильной эксплуатации системы. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты повышения эффективности работы вакуумных систем пожарных насосов [4].

Вакуумные системы являются одной из ключевых составляющих работоспособности пожарных насосов. Они обеспечивают создание необходимого давления и для забора воды и дальнейшей работы насоса. Однако, с течением времени и использования, вакуумные системы могут стать менее эффективными, что может привести к снижению производительности пожарных насосов или даже к аварийному режиму работы [4].

Повышение эффективности работы вакуумных систем пожарных насосов является актуальной задачей для многих организаций и предприятий, занимающихся обеспечением пожарной безопасности. Это связано с тем, что эффективность работы насосов напрямую влияет на способность системы работать с паводками, тушением пожаров, а также другими чрезвычайными ситуациями [4].

Причинами снижения эффективности вакуумных систем могут быть различные факторы, такие как износ и старение оборудования, нарушение герметичности системы, неправильная эксплуатация и техобслуживание. Износ и старение оборудования являются неизбежными процессами, которые происходят с течением времени. Это может быть вызвано трением и нагрузками, которые испытываются насосом при работе. При этом, износ может привести к уменьшению давления и объема воздуха, снижению герметичности системы и, как следствие, снижению эффективности работы насоса и всей системы [3].

Нарушение герметичности вакуумной системы является одной из основных причин снижения ее эффективности. Протечки воздуха или иных газов могут возникать из-за износа прокладок, футеровок или других элементов системы, а также из-за неправильного монтажа. Такие протечки приводят к потере вакуума, что сказывается на производительности насосов. Неправильная эксплуатация и техобслуживание также могут привести к снижению эффективности вакуумных систем пожарных насосов. Нарушение режимов работы системы, неправильное использование агрегатов и пренебрежение рекомендациями по обслуживанию могут вызвать не только

быстрый износ оборудования, но и создание условий для возникновения протечек и других неполадок в системе [2].

В связи с вышеизложенным, повышение эффективности работы вакуумных систем пожарных насосов имеет важное значение для обеспечения безопасности и надежности пожаротушения. Для достижения этой цели необходимо вести регулярное техническое обслуживание, контролировать и поддерживать герметичность системы, а также проводить профилактические замены изношенных элементов оборудования. Так же можно предложить для уменьшения осевой силы из-за течения жидкости через щелевые уплотнения и уменьшения протечек воздуха и жидкости, зазор нужно делать минимального зазора в уплотнениях. Для достижения данного результата необходимо использовать износостойкие, самосмазывающиеся материалы. Для данного случая подойдет силицированный графит. Этот композитный материал способен сопротивляться эрозии и коррозии, состоит из карбида кремния и углерода, и ряда других примесей в меньшем количестве. Из данного материала создают уплотнительные кольца для электродвигателей, которые взаимодействуют с жидкостями в том числе агрессивными средами. Из опытного исследования можно судить что данные детали обладают большим свойством износостойкости [4].

Учитывая приведенную информацию, можно сделать вывод, о том, что нарушение проблемы работы в системах вакуумных насосов является актуальной проблемой для подразделений пожарной охраны. Особенно сильно эта проблема выделяется на фоне сельской местности, где забор воды с водоисточников является частым случаем. А при использовании новых материалов в производстве насосов для забора воды можно значительно сократить количество ремонтов техники и возможных проблем на пожаре.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожарные автомобили. Безбородько М.Д. Л.: 1982. 88 с. [Электронный ресурс] URL: <https://fireman.club/literature/pozharnyie-avtomobili-bezborodko-m-d-l-1982/>
2. Агрессивная среда: определения, группы(виды) // Firemen. club [Электронный ресурс] URL: <https://studfile.net/preview/2484908/page:16/>
3. Пожарное и аварийно-спасательное оборудование. Пожарные насосы. Боднарук В.Б., Вертячих И.М., Сазонов В.К. МЧС Республики Беларусь, 2011. [Электронный ресурс] URL: <https://fireman.club/literature/pozharnoe-i-avariyno-spasatelnoe-oborudovanie-pozharnyie-nasosyi/>
4. Сулейменов Т.Б. Балабаев О.Т. Саржанов Д.К. Абишев К.К. Смаханова А.Е. Мукашева А.Д. Карагандинский государственный технический университет Совершенствование вакуумной системы водозаполнения пожарного насоса // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 11-3. С. 342-344 [Электронный ресурс] URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=7735> (дата обращения: 26.04.2024).

УДК 628.16

А.С. Цветков¹, С.А. Буймова¹, А.Г. Бубнов²

¹ Ивановский государственный химико-технологический университет

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

НАДЕЖНОСТЬ СПОСОБОВ ВОДОПОДГОТОВКИ В ВЕНДИНГОВЫХ АППАРАТАХ

Аннотация: В работе рассмотрены различные способы доочистки питьевой воды, применяемые для улучшения её качества до нормативных показателей, представлены результаты проведенного химического и микробиологического анализов с целью выявления необходимости усовершенствования использованного оборудования в вендинговых аппаратах по продаже питьевой воды, даны рекомендации по улучшению используемых схем доочистки воды.

Ключевые слова: надежность, питьевая вода, вендинговые аппараты, микроорганизмы.

A.S. Tsvetkov, S.A. Buymova, A.G. Bubnov

RELIABILITY OF WATER TREATMENT METHODS IN VENDING MACHINES

Abstracts: The paper considers various methods of post-treatment of drinking water used to improve its quality to standard indicators, presents the results of chemical and microbiological analyses in order to identify the need to improve the equipment used in vending machines for the sale of drinking water, and provides recommendations for improving the water treatment schemes used.

Keywords: reliability, drinking water, vending machines, microorganisms.

Одним из важнейших факторов, учитываемых при проектировании, разработке и эксплуатации технических систем, является надежность. Особенностью современного периода формирования и модернизации систем водоснабжения являются возросшие запросы к надежности и качеству функционирования водоочистных систем в условиях повышенного загрязнения различных типов водных источников. Практика эксплуатации оборудования свидетельствует о том, что в процессе длительного использования качество функционирования данных систем в значительной степени зависит от надёжности оборудования (различных фильтров для очистки, ультрафиолетовых ламп, озонаторов, систем обратного осмоса) [1].

Для повышения надежности системы используются три пути:

- повышение надежности элементов;
- оптимизация структуры системы и связей её элементов, например, применение резервирования;
- оптимизация управления – реагирование на изменения состояния системы.

Например, основным принципом повышения надёжности водопроводной сети является повышение степени ее детерминированности (упрощения), то есть умень-

шения неопределенностей в элементах и их связях. Другим важным принципом является непрерывная модернизация сложной системы [2].

Наиболее распространенными способами подготовки питьевой воды для продажи в вендинговых аппаратах являются фильтры грубой и тонкой механической очистки, фильтры с активированным углем, биокерамические и постугольные фильтры, обратноосмотические мембраны, ультрафиолетовые стерилизаторы, минерализаторы, озонаторы. Вода, проходя через установленное оборудование, очищается от загрязняющих веществ, насыщается полезными микроэлементами и стерилизуется с целью исключения риска развития микроорганизмов, бактерий, грибков, что позволяет использовать к употреблению без дополнительной самостоятельной очистки.

В водоматах, представленных на территории города Иванова («Родник здоровья. Природная артезианская вода» («РЗПАВ»), «Природный источник. Чистая артезианская вода» («ПИЧАВ»), «Источник здоровья. Чистая вода» («ИЗЧВ»), «Айсберг» («А»)), установлена часть из вышеперечисленных способов доочистки питьевой воды, о чем свидетельствует официальная информация, представленная на корпусах аппаратов и официальных сайтах брендов. Наиболее распространёнными к установке являются система фильтров, мембрана обратного осмоса, минерализаторы и озонаторы. В соответствии с официальными результатами лабораторных испытаний продаваемой питьевой воды, находящимися в свободном доступе, продукция является безвредной по химическому составу и безопасной в эпидемиологическом отношении.

Представленные поставщиками результаты исследований говорят о том, что используемые способы водоподготовки в водоматах надежны, так как качество воды достигает нормативных значений. Стоит отметить, что протоколы лабораторных испытаний не соответствуют дате заполнения аппаратов, что говорит о неактуальности представленных данных.

Для определения химического состава поставляемой питьевой воды пробы были отобраны в холодный и теплый периоды с 2021 по 2024 гг. В теплые периоды 2021 и 2023 гг. были проведены микробиологические анализы с целью контроля величины общего микробного числа (ОМЧ).

В ходе химического анализа был проведен анализ 19 показателей (обобщенные, наличие катионов и анионов, содержание соединений металлов); также контролировались органолептические показатели. Для определения содержания химических загрязняющих веществ в воде использовались титриметрический, фотометрический и атомно-абсорбционный методы, а для определения ОМЧ использовались методические указания по методам контроля (МУК 4.2.1018-01 «Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды»).

Химический анализ проб питьевой воды из вендинговых аппаратов различных торговых марок показал несоответствие поставляемой продукции установленным нормативам. Были получены повышенные значения содержания соединений $\text{Fe}_{\text{общ}}$, достигающего 0,66 мг/л в пробе воды из аквамата «ПИЧАВ» в 2024 г. при допустимом $\text{ПДК}_{\text{пит}} = 0,3$ мг/л (рис. 1), соединений Mn^{2+} , достигающего 0,3 мг/л в пробе воды из водомата «ПИЧАВ» в 2023 г. при допустимом $\text{ПДК}_{\text{пит}} = 0,1$ мг/л (рис. 2). Для питьевой воды из вендингового аппарата бренда «ПИЧАВ» в холодный период 2023 г. зафиксировано завышенное значение pH до уровня 9,15 ед.pH при допустимом значении в 6–9 ед.pH.

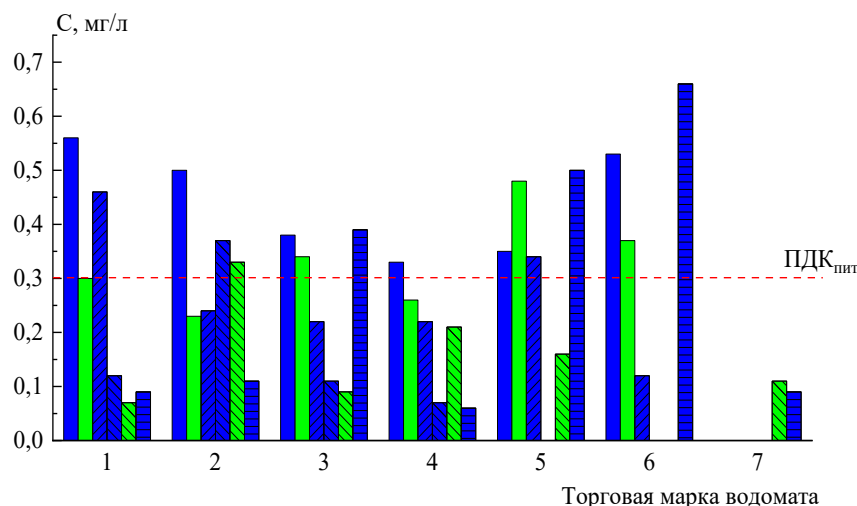


Рис. 1. Содержание соединений $Fe_{общ}$ в пробах питьевой воды из вендинговых аппаратов

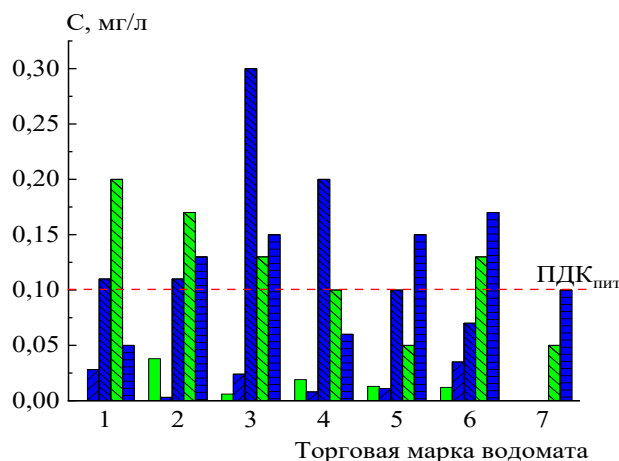
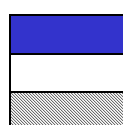


Рис. 2. Содержание соединений Mn^{2+} в пробах питьевой воды из вендинговых аппаратов
1 – «РЗПАВ», 2, 3, 4, 5 – «ПИЧАВ», 6 – «ИЗЧВ», 7 – «А»



- холодный период
- (без штриховки) - 2021 г.
- 2023 г.



- теплый период
- 2022 г..
- 2024 г.

Микробиологический анализ проб питьевой воды из вендинговых аппаратов показал несоответствие продукции по величине ОМЧ. Наиболее загрязненными оказались воды при анализе в тёплый период 2021 г., наименее – в тёплый период 2023 г. (рис. 3).

Полученные результаты химического и микробиологического анализов свидетельствуют о том, что применяемые на данный момент способы доочистки ненадёжны и не способны в полной мере доочищать питьевую воду. Соответственно, необходимо установить дополнительное оборудование, способствующее обезжелезиванию и деманганации.

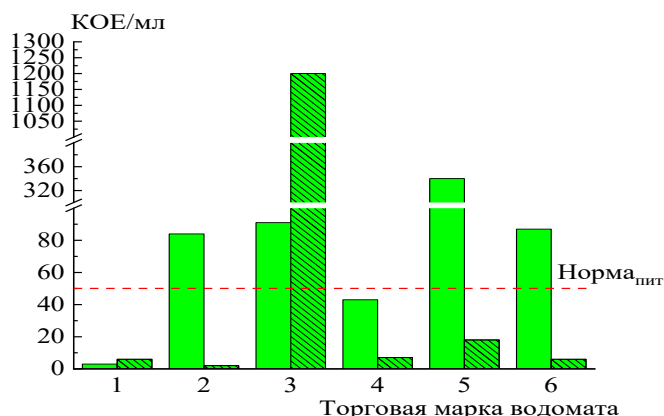


Рис. 3. Общее микробное число для различных образцов воды

1 – «РЗПАВ», 2, 3, 4, 5 – «ПИЧАВ», 6 – «ИЗЧВ»

□ — (без штриховки) - теплый период 2021 г. ▨ — теплый период 2023 г.

Наиболее подходящими способами для установки в вендинговых аппаратах является использование различных катализаторов (перманганат калия, соли меди, медно-никелевые сплавы) на начальном этапе доочистки, применение в качестве фильтрующей добавки мраморной крошки фракции 1-2 мм [3], систем для озонирования воды непосредственно перед приобретением [4], а также ультрафиолетовых ламп или ультразвука для минимизации количества загрязняющих воду микроорганизмов [5, 6].

Предлагаемые способы позволят уменьшить содержание соединений $Fe_{общ}$ и Mn^{2+} в питьевой воде, а также снизить ее микробное загрязнение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалов В.Б., Игнатчик В.С., Саркисов С.В., Сорокин А.А. Рекомендации по повышению надёжности станций водоподготовки системы водоснабжения объектов военной инфраструктуры // Актуальные проблемы военно-научных исследований. 2020. №11(12). С. 26-36.
2. Яковлева Е.М., Чижиумов С.Д., Русанова Е.В. Надёжность сложных инженерных систем на примере систем водоснабжения // Специальная техника и технологии транспорта. 2023. №19. С. 365-377.
3. Фаттахова А.М., Кирсанова А.Г., Хангильдин Р.И., Мартяшева В.А. Применение катализаторов в окислительных процессах очистки природных и сточных вод // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. №2. С. 83-87.
4. Медведева В.М., Пирогов Е.Н., Семеновых В.А. Окислительные методы в водоподготовке // Наука и техника транспорта. 2014. №4. С. 102-107.
5. Василяк Л.М. Применение ультразвука в системах для обеззараживания воды // Электронная обработка материалов. 2010. №5(265). С. 106-111.
6. Пашинин В.А., Павлов А.В., Коваленко М.А. Ультрафиолетовое излучение для обработки сточных вод // Мир транспорта. 2013. Т.11. №1(45). С. 136-143.

УДК 614.849

Чан Минь Хоанг Ха

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЕ МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСАМИ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ — МИРОВОЙ ОПЫТ

Аннотация: многокритериальный подход к управлению ресурсами пожарной охраны начал формироваться в 1950-х годах. Работы ученых сосредотачивались на проблемах выбора схем распределения ресурсов, основанных на нескольких критериях. При этом основная цель многокритериального подхода заключалась в разработке методов принятия решений в ситуациях, где улучшением значений одного критерия было бы сложно достичь «оптимального» результата. Благодаря динамичному развитию многокритериального подхода на сегодняшний день многокритериальная модель принятия решений широко применяется во многих различных областях: экономике, образовании, инженерном деле, транспорте и в пожарной охране.

Ключевые слова: управление ресурсами пожарной охраны, информационная система, многокритериальная модель, принятие решений.

Tran Minh Hoang Ha (Vietnam)

MULTI-CRITERIA MODELS IN FIRE DEPARTMENT RESOURCE MANAGEMENT TASKS – WORLD EXPERIENCE

Abstracts: the multi-criteria model began to take shape in the 1950s. The work of scholars such focused on multi-criteria choice problems. The main goal was to develop methods that could help make decisions in situations where an unambiguous decision would be difficult to achieve. Because of its strong development to date, the multi-criteria model has been widely used in many different fields: economics, education, engineering, transportation... and is particularly effective in the fire safety.

Keywords: fire management, information system, multicriteria model, decision making, fire safety.

Теоретической основой для динамичного развития многокритериальных моделей (МКМ) в решении задач распределения ресурсов является пересечение математики, информатики, экономики и технических наук. Эти модели помогают людям принимать решения в условиях многомерной информации и учитывать множество факторов, влияющих на результат выбора. В то же время применение многокритериальных моделей обеспечивает процесс решения сложных и комплексных задач управления при ограниченном времени.

Для управления ресурсами пожарной безопасности были исследованы и применены многокритериальные модели, которые помогают принимать решения и выполнять такие задачи, как: 1 – оптимизация распределения ресурсов или организация пожарных команд; 2 – управление и планирование, здесь многокритериальные модели помогают в управлении рисками, предоставляя инструменты для оценки вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций и

планирования мероприятий по их предотвращению и ликвидации; 3 – эффективная координация: модели способствуют более эффективной координации между различными службами и организациями, работающими в области пожарной безопасности; 4 – информационная поддержка принятия управленческих решений при организации тушения крупных пожаров. Общая схема применения многокритериальных моделей при управлении пожарной безопасностью представлена на рисунке.

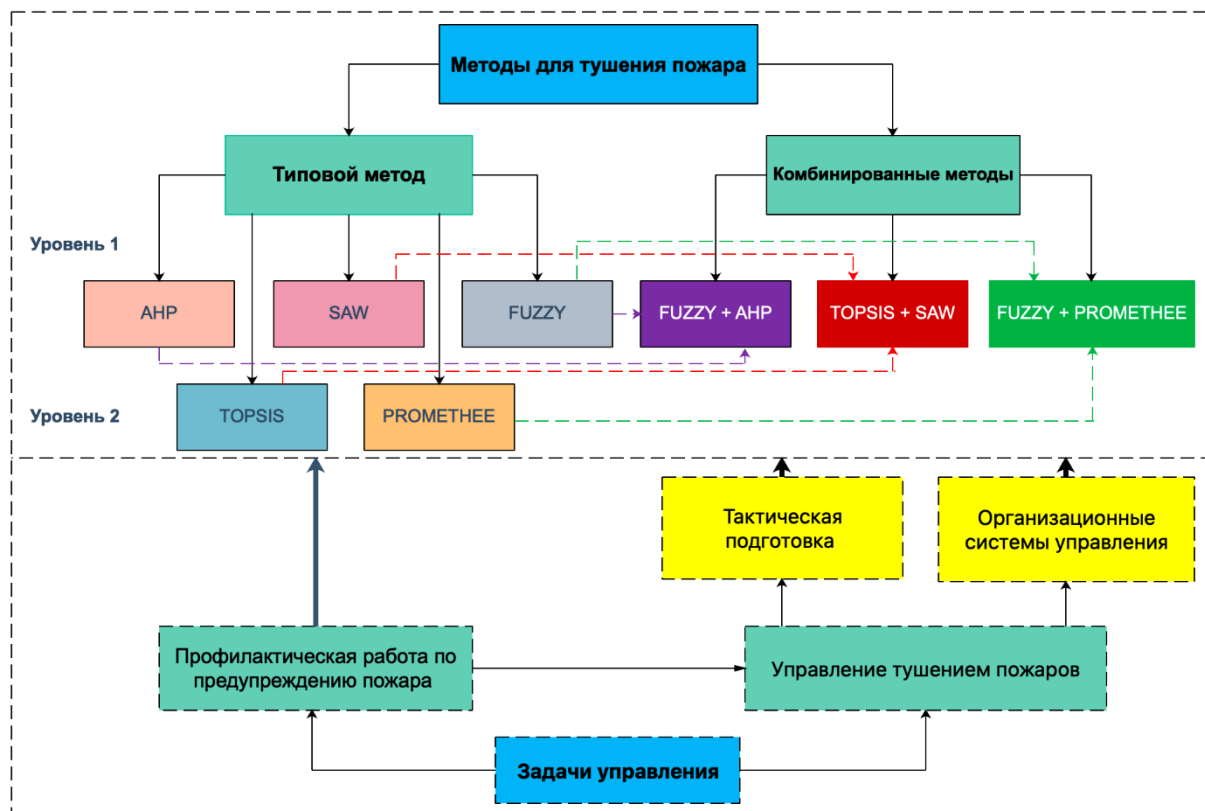


Рисунок. Схема применения многокритериальных моделей в задачах управления ресурсами пожарной охраны в мире

В рамках многокритериального подхода для эффективного решения задач по предотвращению и тушению пожаров необходимо выбирать подходящие многокритериальные методы и методики с высокой точностью и надежностью. Как правило, на основе опыта предыдущих исследований по всему миру [1–5] часто выбираются такие эффективные методы, как: 1 – аналитическая иерархия (Analytic Hierarchy Process – AHP); 2 – простое аддитивное взвешивание (Simple Additive Weighting – SAW); 3 – треугольное нечеткое агрегирование (Triangular fuzzy aggregation – FUZZY); 4 – методика по подобию идеальному решению (Technique for Order Performance by Similarity to Ideal Solution – TOPSIS); 5 – превосходство в рейтинге (Outranking – PROMETHEE)... Кроме того, комбинирование многих методов для различных целей, таких как: 1 – объединение для повышения надежности и оптимизации окончательного выбора; 2 – объединение методов и приемов для проверки результатов друг друга, как правило: FUZZY + AHP; TOPSIS + SAW; FUZZY + PROMETHEE.

В настоящее время с активным развитием информационных технологий и вычислительной техники, построение моделей и алгоритмов для применения многокритериального подхода в поддержке принятия решений затруднено. Исходя из исследований и опыта применения многокритериального подхода по всему миру в области пожарной безопасности, можно сказать, что многокритериальные модели в поддержке принятия решений способствовали эффективной работе в области пожарной безопасности. Однако многокритериальный подход в управлении ресурсами все же имеет определенные ограничения:

- сложность выбора критериев и весов, так выбор подходящих критериев и их весов может быть субъективным и требовать значительного экспертного мнения;
- чувствительность к входным данным, то есть результаты выбора сильно зависят от данных, используемых при моделировании;
- сложная интерпретация результатов, вызванная отсутствием четких методов ранжирования, что может затруднить принятие решений;
- проблема размерности задачи выбора, то есть увеличение числа критериев приводит к экспоненциальному росту объема вычислений и требует большего объема исходных данных;
- сложность в учете динамики предпочтений лица принимающего решения в зависимости от времени.

Таким образом, для эффективного использования многокритериальной модели для поддержки принятия решений в целом и в области пожарной безопасности в частности необходимо выбирать подходящие методы для дальнейшей комбинации с целью повышения надежности решения комплекса задач.

Многокритериальные модели в области управления ресурсами пожарной охраны являются современным инструментом, позволяющим эффективно принимать решения в условиях сложности и динамичности современных вызовов в области безопасности. Мировой опыт показывает, что использование многокритериальных моделей в данной области может значительно улучшить эффективность распределения ресурсов, повысить готовность к обществу к пожарам и сократить временные и финансовые затраты на тушение пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fatih Yilmaz, Selcuk Alp, Beytullah Oz, Ahmetcan Alkoc. Analysis of the Risks arising from Fire Installations in Workplaces using the Ranking Method // Engineering, Technology & Applied Science Research. 2020. №. 10 (4).
2. Gonzalo Gamboa, Iago Otero, Conchy Bueno, Etel Arilla, Helena Ballart, Laura Camprubi, Guillem Canaleta, Gemma Tolosa, Marc Castellnou. Participatory multi-criteria evaluation of landscape values to inform wildfire management // Journal of Environmental Management. 2023. №. 327.
3. Hassan Ahmadi Choukolaei, Peiman Ghasemi, Fariba Goodarzian. Evaluating the efficiency of relief centers in disaster and epidemic conditions using multi-criteria decision-making methods and GIS: A case study // International Journal of Disaster Risk Reduction. 2023. №. 85.
4. Roya Abedi. Application of Multi-Criteria Decision Making Models in Forest Fire Management // International Journal of Geoheritage and Parks. 2021.

5. Yuncheng Jiang, Aifeng Lv, Zhigang Yan, Zhen Yang. A GIS-Based Multi-Criterion Decision-Making Method to Select City Fire Brigade: A Case Study of Wuhan, China // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2021. №. 10.

УДК 621.01

В.В. Чеберяк

Дальневосточная пожарно-спасательная академия - филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

ВАЖНОСТЬ ТЕСТИРОВАНИЯ НА НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

Аннотация: тестирование предполагает преднамеренное подвергание продукта или системы экстремальным условиям для выявления любых слабых мест или уязвимостей. В отличие от обычного тестирования, которое фокусируется на функциональности и производительности, тестирование намеренно расширяет границы продукта, чтобы увидеть, как он реагирует на стресс. Таким образом, слабые места могут быть выявлены и устранены до того, как продукт поступит к потребителю.

Ключевые слова: надежность, качество, долговечность, инженерия надежности, ремонтпригодность.

V.V. Cheberyak

THE IMPORTANCE OF RELIABILITY AND DURABILITY TESTING

Abstracts: testing involves deliberately exposing a product or system to extreme conditions to identify any weaknesses or vulnerabilities. Unlike conventional testing, which focuses on functionality and performance, testing intentionally pushes the boundaries of a product to see how it reacts to stress. In this way, weaknesses can be identified and eliminated before the product reaches the consumer.

Keywords: reliability, quality, durability, reliability engineering, maintainability.

На современном мировом рынке потребители ожидают, что приобретаемая ими продукция будет соответствовать высоким стандартам качества, безопасности и надежности. Будь то электроника, продукты питания, фармацевтика или автомобили, потребители хотят быть уверены, что приобретаемые ими продукты будут работать должным образом и не будут представлять никаких рисков для их здоровья или безопасности. Именно здесь вступают в игру тестирование продукции и соответствие требованиям, играющие жизненно важную роль в обеспечении соответствия продукции нормативным требованиям и отраслевым стандартам.

Долговечность можно определить как способность физического изделия оставаться функциональным, не требуя чрезмерного технического обслуживания или ремонта, когда оно сталкивается с проблемами нормальной эксплуатации в течение всего срока службы.

Основное различие между надежностью и долговечностью заключается в том, что долговечность в основном связана с тем, как долго изделие может прослужить несмотря на то, что оно выдерживает поломки, в то время как надежность направлена на сокращение общего количества и частоты этих поломок.

Более того, компонент долговечности используется для описания характеристик физических элементов, в то время как надежность может использоваться и для виртуальных систем.

В зависимости от продукта и области его применения долговечность может выражаться в часах использования, количестве рабочих циклов или годах эксплуатации.

Тестирование — это систематическое изучение и оценка товаров или услуг с целью определения их эксплуатационных характеристик, долговечности, качества и безопасности. Оно включает в себя серию оценок, экспериментов и анализов для обеспечения соответствия продукта требуемым стандартам, определенным руководящими органами, отраслевыми нормативами и ожиданиями потребителей.

Благодаря комплексному тестированию производители могут выявить любые недостатки или потенциальные опасности, которыми может обладать их продукция. Тестирование не только помогает улучшить качество товаров, но и гарантирует безопасность и удовлетворенность потребителей. В конечном счете, тестирование продукции служит гарантией, защищающей как производителей, так и потребителей.

Тестирование не только выявляет недостатки, но и стимулирует инновации и усовершенствования. Анализируя результаты тестирования, разработчики и инженеры получают представление об областях, требующих улучшения или новых решений. Итеративный характер тестирования обеспечивает постоянное совершенствование, способствует инновациям и расширяет границы возможного.

Тестирование продукции на качество, надежность и долговечность важно по целому ряду причин. Это требование для определенных отраслей промышленности и обязательное условие для компаний, проводящих тестирование в соответствии со стандартами. Это гарантирует, что выведет на рынок лучшая версия продукта и что она будет работать так, как задумано. В основном, это узаконивает время, ресурсы и деньги, затраченные на процессы, от проектирования до производства.

Во время производственных испытаний компании тестируют образцы продукции партиями или по отдельности, в зависимости от отрасли. Ко многим изделиям, компонентам и комплектующим в различных отраслях промышленности предъявляются особые требования к качеству окружающей среды, которые могут быть нормативными или являться важным аспектом проектирования или производственных спецификаций.

Независимо от изделия, должно проводиться тестирование на качество, надежность и долговечность, которые взаимосвязаны. Когда продукция сходит с конвейера, она поступает в камеру в заданных условиях. Качество, которое тестируется, заключается в том, что продукт работает так, как задумано. Любые ошибки могут дорого обойтись, вот почему некоторые компании тестируют каждый отдельный продукт.

Качество — это понятие, которому трудно дать определение. Один из популярных способов описать его — рассмотреть факторы, влияющие на качество продукции. Это подводит нас к концепции восьми аспектов качества: производительность, особенность, надежность, соответствие, долговечность, эстетика, удобство

обслуживания, воспринимаемое качество. На самом деле это простой способ провести различие между надежностью и качеством, поскольку можно просто рассматривать надежность (и долговечность, если присмотреться повнимательнее) как одно из измерений качества.

Если взять надежность как отдельную концепцию, другой способ взглянуть на их взаимосвязь — это сказать, что надежная система — это та, которая сохраняет свое качество с течением времени.

Тестирование на надежность и долговечность определяет, работает ли ваш продукт и насколько хорошо. Тестирование надежности и долговечности определяет, как долго и в каких условиях прослужит продукт. Проще всего представить это, хотя это и не так просто, так это то, что это проверка качества, проводимая с течением времени.

При правильном проведении тестирования надежности снижается риск выхода продукции из строя после выпуска. Это также позволяет понять ожидаемый срок службы вашей продукции. Поступая таким образом, вы можете установить реалистичные ожидания клиентов и создать экономически эффективные гарантии.

Тестирование материалов на надежность и долговечность помогает инженерам легко выявлять конструктивные проблемы, принимать обоснованные решения на этапе проектирования, которая способствует совершенствованию будущего изделия. Инженерам нужны гарантии того, что материал не выйдет из строя преждевременно и не поставит под угрозу безопасность пользователей. Материалы могут содержать скрытые дефекты или изъяны, которые нарушают их целостность. Тестирование помогает выявить эти дефекты на ранней стадии, предотвращая трагические последствия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березин, Б.Р. Киселев, А.Е. Повышение надежности работы стальных узлов трения // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2011. №3. С. 81-84.
2. Канарчук В.Е. Основы надежности машин. / В.Е. Канарчук. Киев: Наук. думка, 1982. 248 с.
3. Острейковский В.А. Теория надежности: Учеб. для вузов. / В.А. Острейковский. М.: Высш. шк., 2003. 463 с.
4. Хазов Б.Ф. Управление надежностью машин и технологических систем на этапах их жизненного цикла: в 2 ч. Ч. 1. Этапы разработки технического задания, технического предложения, технического проекта: учеб. пособие / Б.Ф. Хазов. М.: Машиностроение-1, 2007. 182 с.
5. Царев А.М. Надежность технических систем. Техногенный риск: курс лекций / авт.-сост. А.М. Царев. Тольятти: ТВТИ, 2008. С. 28.
6. Чеберяк В.В. Надежность и долговечность деталей, механизмов и агрегатов машин // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XIV Всероссийской научно-практической конференции. Иваново. 2023. С.184-188.

УДК 699.812

С.М. Червоноокая¹, А.И. Новоселов²

¹ Академия ГПС МЧС России

² ООО «Фабрика металла»

ОЦЕНКА ПРОТИВОПОЖАРНЫХ СВОЙСТВ СИЛИКАТНЫХ СТЕКОЛ, СОДЕРЖАЩИХ В ВОЗДУШНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРОТИВОПОЖАРНУЮ ПОЛИМЕРНУЮ КОМПОЗИЦИЮ НА ОСНОВЕ ВОДНОГО РАСТВОРА ХК И АКРИЛАМИДА

Аннотация: в работе представлены основные результаты натурных огневых испытаний специального противопожарного остекления и оценки пределов огнестойкости по критериям Е (целостность), I (изоляция), W (ограничение плотности потока теплового излучения). Рассмотрена особенность применения противопожарного полимера на основе акриламида с использованием в качестве растворителя раствор ХК и метиленбисакриламид совместно с термо-фото-инициатором (ФИ) радикальной полимеризации в качестве заполнения воздушного пространства между силикатными стеклами марки М 1.

Ключевые слова: силикатное стекло, предел огнестойкости, критерий Е, критерий I, критерий W.

S.M. Chervonokaya, A.I. Novoselov

EVALUATION OF FIRE-FIGHTING PROPERTIES OF SILICATE GLASSES CONTAINING A FIRE-FIGHTING POLYMER COMPOSITION BASED ON AN AQUEOUS SOLUTION OF CC AND ACRYLAMIDE IN THE AIR SPACE

Abstracts: the paper presents the main results of full-scale fire tests of special fire-resistant glazing and evaluation of fire resistance limits by criteria E (integrity), I (insulation), W (limitation of thermal radiation flux density). The peculiarity of application of fire protection polymer on the basis of acrylamide using as solvent the solution of CC and methylenbisacrylamide together with thermos-photo-initiator (FI) of radical polymerisation as filling of air space between silicate glasses of M 1 grade is considered.

Keywords: acrylamide, silicate glass, fire resistance limit, criterion E, criterion I, criterion W.

Технологии и возможности строительства за вторую половину XX века сделали колоссальный скачок от малоэтажных домов до высотных башен. Развитие данной архитектуры диктует новые требования в области обеспечения пожарной безопасности. С увеличением этажности объекта, его площади, сложности планировки, увеличения в нём количества посетителей или жильцов необходимо обеспечить проектирование, строительство и эксплуатацию объектов с таким учетом, чтобы свести к минимуму риск возникновения пожара, ограничить его распространение, если он все-таки произойдет, обеспечить при этом безопасную эвакуацию населения, оказавшегося в опасной зоне [1]. Это, в частности, касается и светопрозрачных конструкций, а их использование и, соответственно, их важность в обеспечении пожарной безопасности только увеличивается.

В связи с этим возрастает потребность в так называемых светопрозрачных противопожарных защитных конструкциях, в которых основным элементом является стекло или его композиция, отвечающая требованиям безопасного остекления при строительстве и эксплуатации [3]. Производители стекол вынуждены искать пути решения для изменения пределов прочности стекол при ненормируемых воздействиях, таких как пожар и других воздействиях высокого теплового потока.

Рассмотрим противопожарные свойства силикатных стекол, в межстекольном пространстве которых находится полимерная композиция, состоящая из водного раствора ХК и акриламида. Основной количественной характеристикой противопожарного стекла является предел огнестойкости — характеристика стекла, показывающая, в течение какого периода времени для данного стекла выполняются критерии огнестойкости при огневом воздействии в условиях стандартных испытаний.

Сущность метода испытания по определённым критериям заключается в том, что образцы, габаритными размерами не менее 1000×1200 мм подвергают тепловым и механическим воздействиям, имитирующими условия пожара и по времени достижения образцами предельных состояний определяют предел огнестойкости стекла. Испытания проводят в условиях стандартного температурного режима при вертикальном или горизонтальном расположении образцов стекла. В процессе испытания и калибровки в печах должен быть создан стандартный температурный режим, характеризуемый следующей зависимостью [2]:

$$T - T_0 = 345 \lg (8t + 1) \quad (1)$$

где T — температура в печи, соответствующая времени t , °C; T_0 — температура в печи до начала теплового воздействия (принимают равной температуре окружающей среды), °C; t — время, исчисляемое от начала испытания, мин;

Испытание образцов на огнестойкость проводят до наступления следующих видов предельных состояний конструкции: 1) потеря целостности (Е); 2) потеря теплоизолирующей способности (I); 3) потеря теплоизолирующей способности W вследствие достижения допустимой величины плотности потока теплового излучения.

Натурные огневые испытания проводились на двух образцах стекла. Каждый образец был промаркирован как Образец № 1 и Образец № 2 соответственно. В воздушной полости между стёклами находился полимерный состав, содержащий в своём составе следующие компоненты: акриламид, 30%-ный раствор ХК. В качестве сшивателя использовали N,N — метиленбисакриламид (бисакриламид: БАА), в качестве термо-фото-инициатора (ФИ) радикальной полимеризации — персульфат аммония. Финишная композиция получилась низковязкая, её вязкость составляла 13 с (при 20 °C), перед заливкой из неё убрали воздушные полости. Плотность композиции составляла 1,20 г/см³ [6]. Получался прозрачный прочный однородный состав, который заливали между стёклами и затем помещали в сушильный шкаф под УФ-осветители. Толщина заливки геля составляла $16 \pm 0,5$ мм. Толщина подбиралась исходя из рекомендаций производителя полимерной структуры. В качестве стёкол в композиции использовали стёкла толщиной 6 мм, марки М1 [7]. Таким образом, получалась композиция по следующей формуле: 6 М 1 — 16 гель — 6 М 1. В качестве оснастки для крепления в проём печи использовался металлический каркас, изготовленный по чертежу, указанному в ГОСТ 33000 — 2014 «Стекло и изделия из него. Метод испытания на огнестойкость» [2]. Форма каркаса представлена на рис. 1.

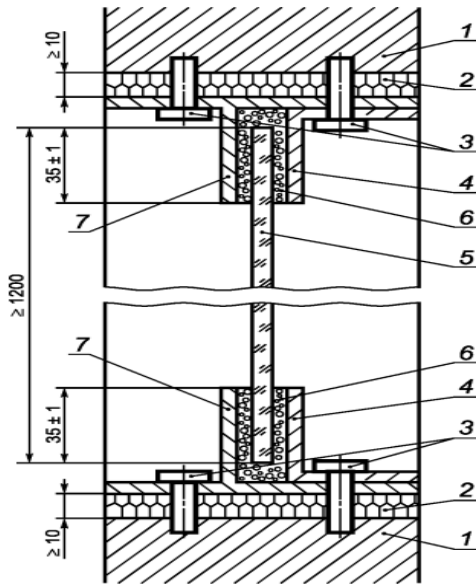


Рис. 1. Металлический каркас для испытаний по ГОСТ 33000-2014:
1 – испытательная печь;
2 – плита из минерального волокна;
3 – крепление; 4, 7 – стальная испытательная рама; 5 – образец стекла;
6 – асбестовая прокладка

Образцы испытывали в огневой камере в течение 60 минут по стандартному огневому режиму [4], показанному на рис. 2.

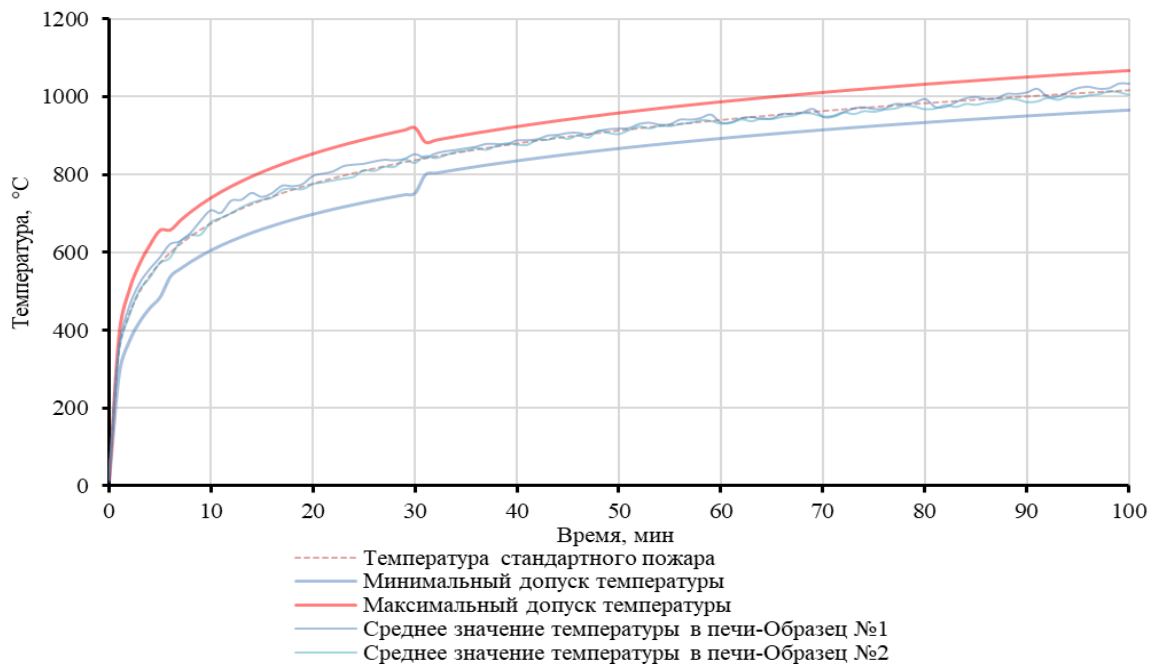


Рис. 2. Температурный режим в огневой камере печи на образцах № 1 и № 2

Стандартный температурный режим был обеспечен двумя мазутными горелками с регулируемой системой сжигания и вышел на свои показатели, начиная с первых минут испытаний. Приборы, предназначенные для измерения давления в печи и регистрации результатов, обеспечивали точность измерения $\pm 2,0$ Па. График избыточного давления образцов № 1 и № 2 представлен на рис. 3.

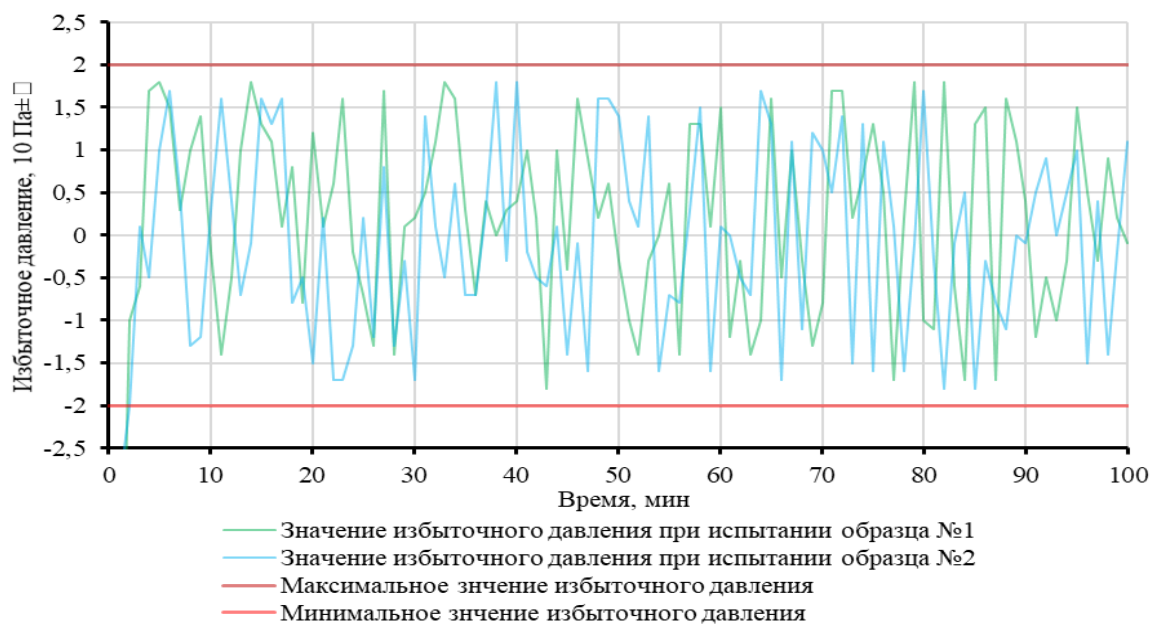


Рис. 3. График избыточного давления образцов № 1 и № 2

На необогреваемой стороне стекла (на стороне стекла, находящейся с внешней стороны печи) для определения критической температуры поверхности использовались термоэлектрические преобразователи.

График распределения температур на необогреваемой поверхности стекла представлен на рис. 4.

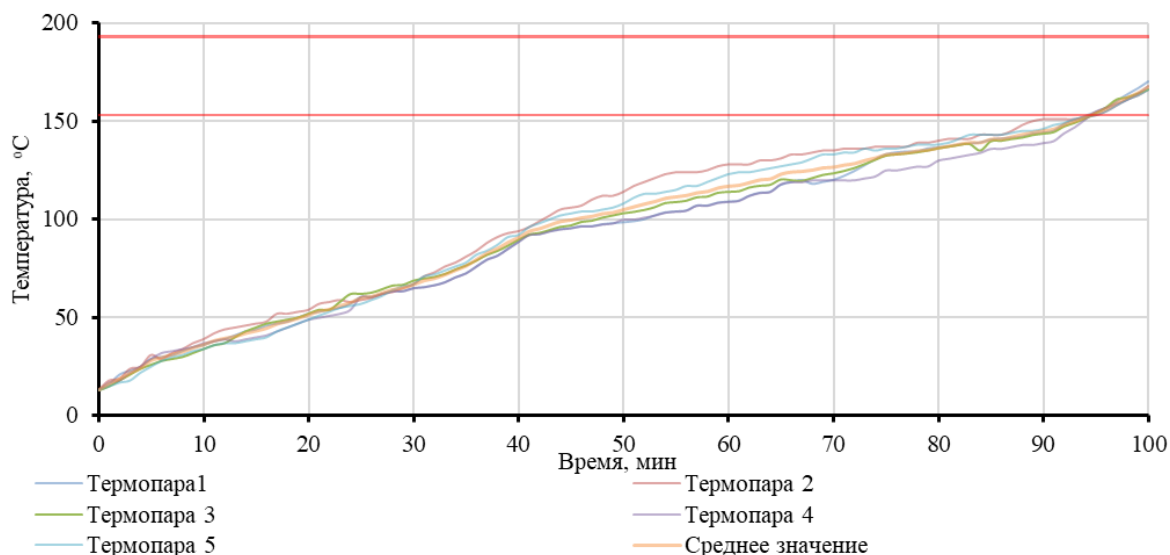


Рис. 4. График распределения температур на необогреваемой поверхности стекла

Внешний вид образцов с расположением термоэлектрических преобразователей во время испытаний и после испытаний представлен на рис. 5. В соответствии с пунктом 8 ГОСТ 33000-2014 «Стекло и изделия из него. Метод испытания на огнестойкость» время до наступления предельного состояния по потере целостности об-

разца № 1 и образца № 2 габаритными размерами 1000 × 1200 мм составляет 60 минут. На основании данных результатов присвоен предел огнестойкости по ГОСТ 33000-2014 [2] – EI/EW 60. Полимерная композиция на основе водного раствора ХК и акриламида в межстекольном пространстве может быть использована в качестве противопожарного полимера в огнестойких стёклах, заполняющих противопожарные строительные светопрозрачные конструкции.



Рис. 5. Внешний вид образцов во время испытаний и после испытаний

Согласно части 1 статьи 34 главы 10 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» классифицируются строительные конструкции, а не их части, поэтому необходимы дополнительные огневые испытания данного огнестойкого стекла в качестве светопрозрачного заполнения в противопожарных конструкциях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистика пожаров за 2019 год. Статистический сборник: Пожары и пожарная безопасность в 2019 году. Под общ. Редакцией Гордиенко Д.М. М.: ВНИИПО, 2020.
2. Плотников А. А. Архитектурно-конструктивные принципы и инновации в строительстве стеклянных зданий // Вестник МГСУ. 2015. № 11. С. 7-15.
3. Соловьев К. А. Градостроительство и историко-культурная среда русского города // Социология города. 2013. № 2. С. 24-33.
4. Степнов М. Н. Статистическая обработка результатов механических испытаний. М.: «Машиностроение», 1972. 229 с.
5. Панова Лидия Григорьевна, Бурмистров Игорь Николаевич (RU) Литовченко Дарья Игоревна (RU), Лещенко Алиса Сергеевна (RU). Российский патент RU 2 522 335 C1.

УДК 621.002.5-192

А.В. Широухов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ РЕЗЬБЫ ФЛАНЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация: в работе рассматриваются вопросы повышения прочностных характеристик резьбы крепежных элементов фланцевых соединений, работающих в сосудах под давлением, посредством изменения формы элемента.

Ключевые слова: резьбовые элементы, опорная плоскость гайки, деформации резьбы, нагрузка между витками резьбы, прочности резьбовых крепежных элементов.

A.V. Shiroukhov

WAYS TO INCREASE THE THREAD STRENGTH OF FLANGE CONNECTIONS

Abstracts: the paper considers ways to improve the strength characteristics of the thread fasteners of flange connections operating in pressure vessels by changing their shape.

Keywords: threaded elements, nut support plane, thread deformations, load thread turns, strength of threaded fasteners.

В настоящее время во многих отраслях экономического комплекса страны нашли применение различные производства и системы, содержащие сосуды, работающие под давлением. При проектировании и эксплуатации данных систем ключевую роль играет обеспечение безопасности производственного процесса. В большинстве случаев, обеспечение безопасности сводится к выполнению ряда требований по сохранению целостности оболочки и элементов данных сосудов. Вопросы методики прочностного расчета оболочек отработаны достаточно полно [1, 2, 3]. Однако, в работах недостаточно внимания уделено вопросам обеспечения прочности второстепенных элементов, таких как запорная арматура, крышки, люки, элементы установки измерительной аппаратуры и т. п. В подавляющем большинстве случаев, эти вопросы сводятся к определению прочности резьбовых соединений, посредством которых они монтируются. В данной статье рассматривается вопрос повышения прочности резьбовых крепежных элементов (гаек), используемых для монтажа фланцевых заглушек, люков и т.п. В данном контексте мы не рассматриваем вопрос обеспечения прочности самого элемента (люка, крышки, заглушки и т. д.), а сосредоточимся на способах их монтажа. Наиболее распространёнными способами является фланцевые соединения, где люк, крышка, заглушка (далее — элемент, работающий под давлением), крепится рядом периферийно расположенных резьбовых элементов, таких как болт-гайка либо шпилька-гайка. В данном случае следует сделать допущение и пренебречь изгибающим моментом, действующим на крепежные элементы при их периферийном расположении, ввиду его малого значения, обусловленного лишь деформацией самого элемента. Тогда, вся нагрузка, воспринима-

емая устанавливаемым элементом, будет равномерно распределяться между крепежными элементами, которые, в свою очередь будут испытывать осевые нагрузки. Таким образом, все сводится к обеспечению запаса по прочности крепежного элемента, работающих с осевым нагружением. Решение подобных задач хорошо отработано и не вызывает затруднений, но остается вопрос обеспечения прочности самого резьбового соединения. Так же следует рассмотреть вопрос податливости самой резьбы, так как даже небольшое удлинение соединения будет приводить к нарушению герметичности стыка.

В резьбовых соединениях обычной конструкции нагрузка между витками резьбы распределяется неравномерно. Первые витки резьбы, расположенные у опорной поверхности гайки, нагружены гораздо больше, чем последующие. Теоретическими и экспериментальными исследованиями [4, 5] установлено, что первый виток воспринимает до 35 %, всей нагрузки, а самые дальние витки остаются практически ненагруженными (рис. 1). Причина этого явления заключается в разных видах деформаций гайки и стержня под нагрузкой. В данном случае стержень будет подвергаться растяжению, а гайка сжатию. В качестве точки приложения нагрузки следует рассматривать проекцию опорной плоскости гайки на ось стержня болта или шпильки. Участки стержня, расположенные ближе к точке приложения нагрузки, растянуты полной силой, действие которой ослабевает по мере удаления положения витка относительно точки приложения нагрузки. При этом витки резьбы стержня, деформируясь вместе со стержнем, смещаются в направлении действия нагрузки (рис. 2).

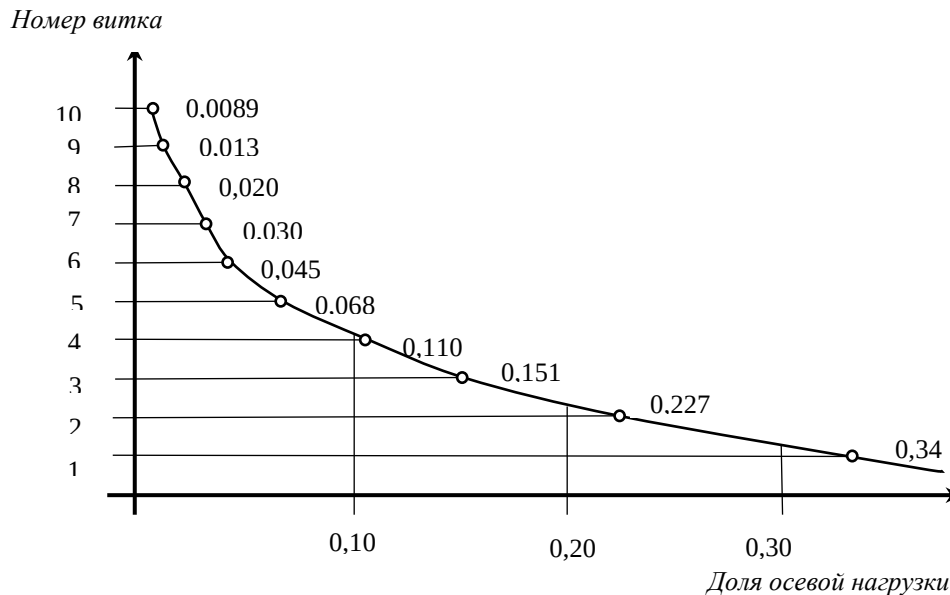


Рис. 1. Распределение напряжения в витках резьбы при осевом нагружении

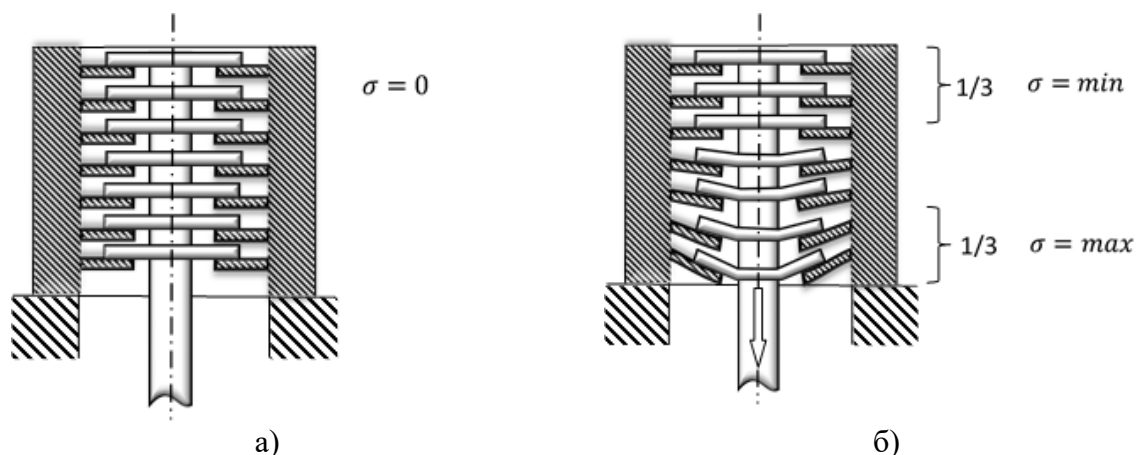


Рис. 2. Схема распределения нагрузки между витками резьбового соединения:
 а — гайки сжатия, положение до нагружения,
 б — гайки сжатия, положение после нагружения

При рассмотрении деформации резьбы гайки наблюдается похожая картина: ближайшие к опорной поверхности участки тела гайки сжато полной силой, действующей на соединение. Таким образом, витки резьбы гайки испытывают напряжения сжатия, при этом витки резьбы смещаются в направлении, противоположном смещению витков резьбы стержня. Наибольшее смещение имеет первый виток, отсюда повышенная нагрузка на первый виток. По мере передачи сил от стержня к гайке, происходит уменьшение нагрузки на каждый последующий виток, следовательно, напряжения и деформация растяжения стержня уменьшаются. Аналогично и снижаются и деформация сжатия в гайке по мере удаления от точки приложения нагрузки. Очевидно, что описываемый эффект будет проявляться в большей степени при увеличении абсолютной деформации стержня и обратной по направлению деформации сжатия в гайке. В свою очередь, упомянутые деформации являются следствием напряжений возникающих в материале изделий. Поэтому, с точки зрения обеспечения прочности соединения и равномерного распределения нагрузки между витками элементов, следует увеличивать сечения нарезной части стержня и гайки. Данный подход неминуемо приведет к увеличению диаметра резьбы, а соответственно и размерам фланцевых элементов, что не всегда возможно по конструктивным соображениям.

Следует рассмотреть способы, позволяющие добиться равномерного распределения нагрузки по виткам резьбы. Очевидное решение заключается в том, чтобы создать условия, при которых гайка будет деформироваться в том же направлении, в каком деформируется стержень, то есть будет испытывать напряжения растяжения. Достичь подобного эффекта можно путем изменения точки приложения растягивающего усилия [6], а в данном случае это выражается в изменении положения опорной поверхности плоскости гайки (рис.3). В случае переноса опорной поверхности гайки выше последнего витка, тело гайки, расположенное под опорной поверхностью будет подвергаться деформации растяжения, соответственно, смещение витков гайки будет направлено в ту же сторону, что и смещение витков стержня, а даст более равномерное распределение нагрузки по виткам.

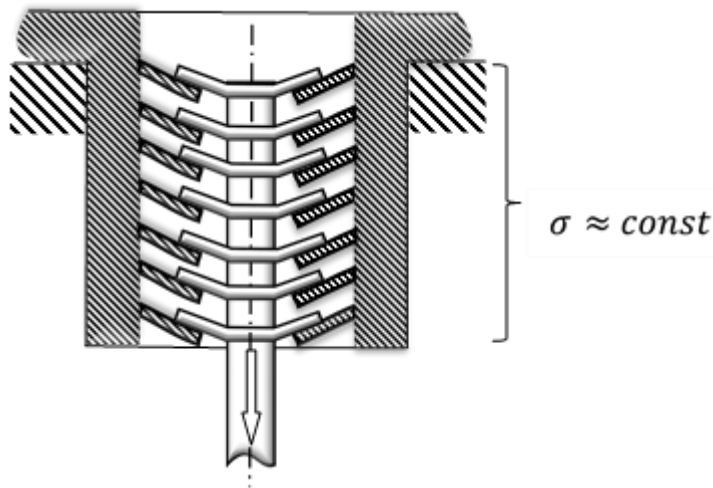


Рис. 3. Схема распределения нагрузки между витками резьбы гайки сжатия

Гайки подобной конструкции разработаны и широко применяются в машиностроении, но в качестве крепежных элементов работающих под давлением не нашли широкого применения. Гайки подобной конструкции обладают рядом недостатков: гайки обладают увеличенными осевыми и радиальными габаритами, возникает необходимость увеличения диаметра отверстия в корпусе под гайки. В совокупности, эти недостатки ограничивают применение подобных конструкций по конструктивным соображениям. В качестве компромисса, следует рассмотреть гайку, в которой опорная поверхность занимает промежуточное положение между первыми и последними витками. Получается гайка растяжения-сжатия (рис. 4).

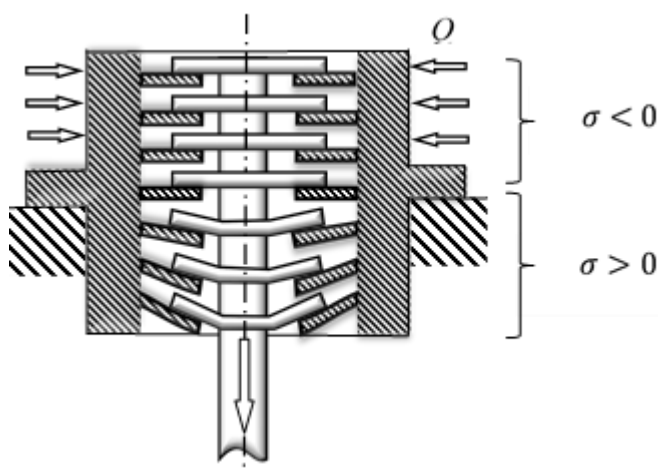


Рис. 4. Схема распределения нагрузки между витками резьбы гайки растяжения – сжатия

Ниже опорной поверхности тело гайки подвергается растяжению, выше – сжатию. Будучи менее громоздкими, гайки растяжения-сжатия по механическим характеристикам практически равноценны гайкам растяжения, потому что положительный эффект растяжения нижней части гайки дополняется положительным эффектом всестороннего обжатия верхних витков в результате упругой деформации верхней части гайки под действием сил Q (рис.4).

Таким образом, гайки подобной конструкции позволят обеспечить лучшие прочностные характеристики по сравнению с гайками классической конструкции. Так же данная конструкция гайки по массогабаритным показателям соизмерима с

гайками классической конструкции, что позволит обеспечить их применение без весомых материальных затрат.

Следовательно, улучшения прочности крепежных резьбовых элементов, испытывающих осевые нагрузки и подверженные деформации, можно добиться путем изменения формы самих элементов. Особенно это актуально при повторном многократном использовании упомянутых крепежных элементов. При этом не возникает необходимости изменять материал для увеличения прочности, что позволит снизить издержки при массовом производстве. Изменение формы, в частности, положения опорной поверхности гайки, не приводит к существенным изменениям формы или габаритов крепежных элементов, что так же положительно влияет на экономическую составляющую. Наиболее эффективно изменение конструкции скажется на обеспечении прочности крепежных элементов подлежащих многократному использованию.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек / Москва: Наука, 1971. 807 с.
2. Лизин В.Т. Проектирование тонкостенных конструкций / В.Т. Лизин, В.А. Пяткин. Москва: Машиностроение, 2003. 384 с.
3. Морданов С.В. Расчет на прочность общепромышленных сосудов и аппаратов: учебное пособие / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. 236 с.
4. Жуковский Н.Е. Распределение давления в нарезках винта и гайки. Полн. собр. соч. том VIII, ОНТИ 1937.
5. Королева О.Б. Распределение нагрузки по виткам резьбового соединения в зависимости от типа гайки и шага резьбы. Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана. Политехнический молодежный журнал. № 01. 2018.
6. Орлов П.И. Основы конструирования / Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 2. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 623 с.

УДК 621.88

А.В. Широухов, Н.Б. Маркова, Н.А. Мороз

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е. Н. Зиничева»

ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗЬБЫ НА ЕЕ ПРОЧНОСТЬ

Аннотация: в работе рассматриваются вопросы повышения прочностных характеристик резьбы крепежных элементов посредством изменения соотношений геометрических параметров резьбы, а также прочностных параметров материалов гайки и болта.

Ключевые слова: резьбовые элементы, опорная плоскость гайки, деформации резьбы, нагрузка между витками резьбы, прочности резьбовых крепежных элементов.

A.V. Shiroukhov, N.B. Markova, N.A. Moroz

THE INFLUENCE OF INDIVIDUAL GEOMETRIC PARAMETERS OF THE THREAD ON ITS STRENGTH

Abstracts: the paper considers the issues of increasing the strength characteristics of the thread of fasteners by changing the ratios of the geometric parameters of the thread, as well as the strength parameters of the nut and bolt materials.

Keywords: threaded elements, nut support plane, thread deformations, load between thread turns, strength of threaded fasteners.

На текущий момент, в промышленно-экономическом комплексе страны не осталось отраслей натурального производства, где так или иначе не применялись бы резьбовые соединительные элементы. Форма, конструкции и размеры данных элементов весьма разнообразны, но в основе любого такого соединения всегда рассматривается пара винтовых поверхностей – наружная резьба болта и внутренняя резьба гайки. Напряжения, возникающие в соединении, как правило, сводятся к классическим напряжениям растяжения-сжатия и напряжениям среза. Напряжения среза, возникающие в соединении (обычно в стержне болта) обусловлены отдельными внешними силовыми факторами, которые в свою очередь являются следствием особенностей конструкции соединения, работающего на срез крепежного элемента. Напряжения растяжения-сжатия возникают во всех соединительных элементах подверженных затяжке, которых большинство. Таким образом, улучшение прочностных характеристик резьбы, обусловленных напряжениями растяжения-сжатия, является востребованной задачей в современном машиностроении. Способов решения данной задачи предлагается достаточно много [1–4], но все они связаны с существенными изменениями размеров, конструкции, формы резьбовых элементов, влечет ощутимые экономические затраты при серийном производстве, а порой делает и экономически не целесообразным внедрение подобных решений. В качестве простого и эффективного решения можно рассмотреть способ оптимальной организации процесса деформации гайки и болта в результате затяжки или работы соединения под воздействием осевых нагрузок.

В качестве способа обеспечения равномерного распределения нагрузки по виткам, необходимо увеличение шага резьбы гайки относительно шага резьбы на стержне, что позволит при приложении нагрузки и соответственно, деформации крепежных элементов обеспечить равномерное распределение по виткам. В исходном положении, без нагрузки нижние витки стержня отстают от витков гайки. По мере приложения нагрузки в результате растяжения стержня и сжатия гайки, витки стержня последовательно садятся на витки гайки (рис. 1). При полной нагрузке все витки равномерно вступают в работу. Данный способ не требует внесения изменения конструкции гаек и форм профилей резьбы. В данном случае необходимо при конструировании резьбонарезного инструмента предусмотреть увеличение шага.

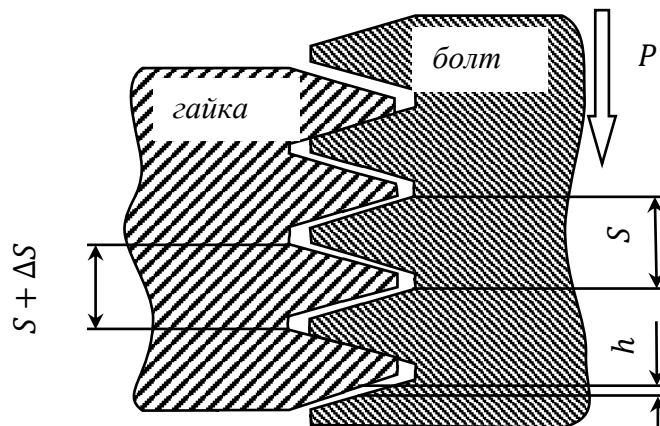


Рис. 1. Определение разности шагов резьбы гайки и стержня

Необходимое увеличение шага резьбы гайки можно определить исходя из следующего: стержень нагружен силой P (рис. 1). Зазор между крайним (нижним) витком стержня и гайки составляет:

$$h = z\Delta S,$$

где ΔS – превышение шага резьбы гайки над шагом резьбы стержня; z – число предшествующих витков (считая от верхнего, плотно прилегающего витка).

Этот же зазор h должен соответствовать суммарной деформации растяжения λ_p стержня и деформацией сжатия гайки λ_c под действием силы P , т. е.

$$h = \lambda_p + \lambda_c.$$

Деформация растяжения стержня:

$$\lambda_p = \frac{Pl}{EF_1},$$

Деформация сжатия гайки:

$$\lambda_c = \frac{Pl}{EF_2},$$

где $l = zS$ – длина резьбового соединения; E – модуль упругости (при условии, что стержня и гайки одинаковы); F_1 – площадь сечения нарезной части стержня; F_2 – площадь сечения нарезной части гайки.

Следовательно:

$$h = z\Delta S = \frac{PzS}{E} \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right),$$

тогда:

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{P}{E} \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \right) = \frac{P}{EF_1} \left(1 + \frac{F_1}{F_2} \right) = \frac{\sigma_1}{E} \left(1 + \frac{F_1}{F_2} \right), \quad (1)$$

где $\sigma_1 = P/F_1$ - напряжение растяжения в нарезной части стержня.

Исходя из конструкции и формы крепежных элементов, можно принять:

$$F_1 = \frac{\pi d_0^2}{4};$$

$$F_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_0^2),$$

где d_0 - средний диаметр резьбы; D - минимальный наружный диаметр гайки или размер гайки «под ключ». Тогда из (1):

$$\frac{\Delta s}{s} = \frac{\sigma_1}{E} \frac{1}{1 - \left(\frac{d_0}{D} \right)^2}.$$

Учитывая номенклатуру типоразмеров резьбы, наиболее часто применяемых при конструировании крепежных элементов [5] отношение $d_0/D \approx 0,67$ для облегченных гаек, $d_0/D \approx 0,6$ для нормальных гаек. Следовательно:

$$\frac{\Delta s}{s} = (1,8 \dots 1,5) \frac{\sigma_1}{E}, \quad (2)$$

где коэффициент 1,8 — относится к облегченным гайкам, 1,5 — к нормальным гайкам.

Зная зависимость (2), учитывая усредненное значение E принятое для сталей $22 \cdot 10^4$ МПа, можно построить график зависимости соотношения $\frac{\Delta s}{s}$ от σ_1 :

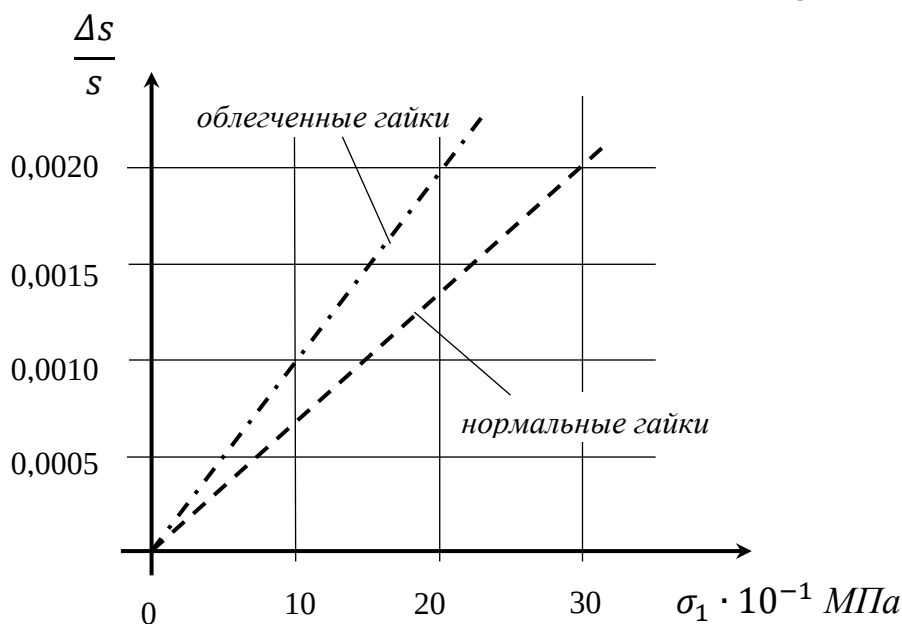


Рис. 2. Относительная разность шагов $\frac{\Delta s}{s}$ в функции напряжения σ_1 в стержне

Из рис. 2 следует, что требуемая разность шагов будет зависеть от величины напряжения, возникающего в стержне болта. Следовательно, в соединении такого типа, в начале процесса нагружения будут работать верхние витки. С приближением нагрузки к расчетной, нижние поверхности всех витков стержня опираются на верхние поверхности витков гайки, и наступает равномерное распределение нагрузки между витками. Неравномерность нагрузки сглаживается осевой деформацией наиболее напряженных витков и радиальной деформацией наиболее напряженных поясов гайки. Для выравнивания нагрузки целесообразно увеличивать податливость гаек, выполняя их из менее твердого материала, чем болт. Также подобного эффекта можно добиться, если использовать материал с низким модулем упругости, в результате чего пик напряжений, наблюдающийся у гаек сжатия, выравнивается. При превышении расчетной нагрузки сверх допустимой, нагруженными окажутся нижние витки, как это было описано ранее. Зависимость разности шагов от величины напряжения косвенно подтверждает сделанный вывод о целесообразности максимального увеличения сечений нарезной части стержня и гайки, т. е. диаметра резьбы.

Помимо рассмотренного, резьбовые соединения при нагружении проявляют эффект самоупрочнения [6–7]. Если напряжения в наиболее нагруженных витках превосходят предел текучести, то витки резьбы подвергаются пластической деформации сдвига и смятия. Это вызывает увеличение шага наиболее нагруженных витков гайки, результате чего нагрузка на витки выравнивается. Это явление особенно характерно для резьбовых соединений, выполненных из мягких и пластичных материалов, подверженных большим моментам затяжки, либо испытывающих осевое растяжение. У соединений, выполненных из твердых и прочных материалов, способность самоупрочняться гораздо меньше. Однако, данный эффект затрудняет повторное использование крепежных элементов, что иногда (для особо ответственных соединений) не допустимо.

Кроме того, в соединении можно обеспечить увеличенные радиальные зазоры, которые обеспечат самоустановку гайки относительно болта в плоскости, перпендикулярной к его оси. В свободном состоянии верхний виток болта соприкасается с верхним витком гайки (рис.1); между последующими витками образуются прогрессивно увеличивающиеся зазоры h . С приложением нагрузки P , когда болт растягивается, а гайки сжимаются, витки болта последовательно ложатся на витки гайки. Вполне равномерное распределение нагрузки достигается лишь при определенной расчетной величине P , согласованной с разницей шагов резьбы гайки и болта.

Таким образом, несущую способность болтовых соединений можно значительно увеличить путем рационального выбора соотношения шага резьбы болта и гайки, момента затяжки, соответствующего прочностным характеристикам материала соединительных деталей, а также выбора соотношения податливости болтов и стягиваемых деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарханов В.И., Садриев Р.М. Расчет резьбовых соединений: учебное пособие / Ульяновск: УлГТУ, 2010. 60 с.
2. Орлов П.И. Основы конструирования / Справочно-методическое пособие в 3-х книгах. Кн. 2. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 623 с.

3. Анохин А.А., Козлов В.Н., Смирнов В.М. Многоцикловая усталость болтов // Вестник машиностроения, 1992. N 2. С. 112.
4. Антонов И.С. Оценка прочности резьбовых соединений при действии переменных нагрузок // Тезисы докл. на международной научно-технической конф. «Динамика систем, механизмов и машин». Омск: 1995. Кн. 2. С. 33.
5. Иванов М.Н. Детали машин. Учебник для студентов высших технических учебных заведений. 5-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 1991. 283 с.: ил.
6. Яковлев А.Б. Резьбовые соединения: учебное пособие/ А.Б. Яковлев, Е.А. Пономаренко, А.В. Ермолаев. СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2015. 53 с.
7. Якушев А.И., Мустаев Р.Х., Мавлютов Р.Р. Повышение прочности и надёжности резьбовых соединений. М.: Машиностроение, 1979. 215 с.

УДК 620.53

*Д.И. Ширстов, Е.В. Зарубина, Т.В. Шмелева**

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

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

РАЗРАБОТКА ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ УСТРОЙСТВА ДЛЯ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВОЗДУХОМ В ЗАДЫМЛЯЕМОЙ СРЕДЕ

Аннотация: поиск эффективных решений, направленных на защиту двигателя автомобиля в задымляемой среде.

Ключевые слова: защита двигателя автомобиля, задымляемая среда, пожарный автомобиль, карбюратор, преобразование химической энергии в механическую, длительный срок службы двигателя.

*D.I. Shirctov, E.V. Zarubina, T.V. Shmileva**

DEVELOPMENT OF PROPOSALS FOR THE STUDY OF A DEVICE FOR UNINTERRUPTED SUPPLY OF AIR TO THE ENGINE IN A SMOKY ENVIRONMENT

Abstracts: search for effective solutions aimed at protection of the car engine in a smoke-filled environment.

Keywords: car engine protection, smoke-filled environment, fire truck, carburetor, conversion of chemical energy into mechanical, long engine life.

В [1] представлено устройство для бесперебойного питания двигателя пожарного автомобиля воздухом. Проведем аналитический анализ двух способов определения потерь, которые могут возникать при движении воздуха по резиновому шлангу. И в зависимости от допустимых значений потерь давления (напора) в устройстве, определим возможные длины резинового шланга, для подачи воздуха к двигателю пожарного автомобиля.

Одновременно в зависимости от температуры окружающей среды меняется плотность воздуха, а так как подаваемый кислород через шланг не защищен от перепадов температуры окружающей среды, то рассмотрим зависимость потерь напора и от температуры.

Для расчетов нам понадобится определение эквивалентного диаметра для возможного применения шланга в устройстве. У него канал круглого поперечного сечения.

Для круглого шланга с внутренним диаметром d (рис. 1):

$$d_3 = \frac{4\omega}{\chi} = \frac{4\pi d^2}{\pi d} = d,$$

т.е. равен внутреннему диаметру трубы.

$$d_g = d_n - 2\delta$$

где δ – толщина стенки шланга.

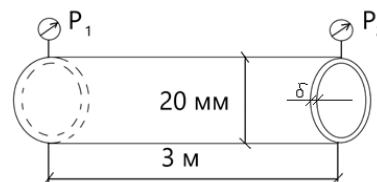


Рис. 1. Схема шланга для подачи воздуха к двигателю автомобиля

Изучим и рассмотрим потери напора из уравнения Бернулли [2] по длине шланга постоянного сечения. Это означает, что $Z_1 = Z_2$ и $v_1 = v_2$, а $\Sigma h = h_{дл}$. В этом случае уравнение Бернулли можно переписать в виде

$$P_1/\rho g = P_2/\rho g + h_{дл} \quad (1)$$

то есть $h_{дл} = P_1/\rho g - P_2/\rho g = 29,4/1,2754 \cdot 9,81 - 29,39999999/1,2754 \cdot 9,81 = 0,24 \cdot 10^{-4}$ (м), где ρ воздуха (смесь газов, главным образом состоящая из азота и кислорода) при нормальных условиях (температуре 0°C , давлении 100 кПа, нулевой влажности), равное $1,2754 \text{ кг/м}^3$ или плотность кислорода при давлении $P_1 = 29,4 \text{ МПа} = 29400 \text{ кПа} = 294 \text{ ат}$, температуре 0°C и нулевой влажности:

$$\rho_{O_2} = (M/22,4) \cdot (P \cdot T_0 / P_0 \cdot T) = (32/22,4) \cdot (29,4 \cdot 273 / 0,1 \cdot 273) = 1,54 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^3$$

Плотность кислорода при давлении $P_2 = 29,39 \text{ МПа} = 29390 \text{ кПа} = 293,9 \text{ ат}$, температуре 0°C и нулевой влажности:

$$\rho_{O_2} = (M/22,4) \cdot (P \cdot T_0 / P_0 \cdot T) = (32/22,4) \cdot (29,39 \cdot 273 / 0,1 \cdot 273) = 1,54 \cdot 10^6 \text{ кг/м}^3$$

тогда

$$h_{дл} = P_1/\rho g - P_2/\rho g = 294 \cdot 10^5 / 1,54 \cdot 10^6 \cdot 9,81 = 1,946 \text{ м},$$

$$h_{дл} = P_1/\rho g - P_2/\rho g = 293,9 \cdot 10^5 / 1,54 \cdot 10^6 \cdot 9,81 = 1,945 \text{ м},$$

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 29,4 - 29,39999999 = 0,1 \cdot 10^{-7} \text{ (МПа)}$$

Сравним полученные значения с коэффициентом сопротивления для резинового материала [3]. Потери напора по длине, также могут определяться с учетом пропускной способности шланга:

$$\Delta h = l \cdot S \cdot Q^2 \quad (2)$$

где l – длина шланга (м), S – коэффициент сопротивления резинового шланга; Q – расход воздуха, подаваемый шлангом.

$$Q = 40 \cdot 10^{-3} / 60 = 0,664 \cdot 10^{-3} (\text{м}^3/\text{с})$$

$$\Delta h = l \cdot S \cdot Q^2 = 3 \cdot 0,01 \cdot 0,000664^2 = 1,32 \cdot 10^{-8} (\text{м})$$

Определим возможные потери давления с учетом потерь на трение и местные сопротивления внутри шланга.

Расчет потерь напора по длине шланга заключается в следующем. Потери на трение по длине $h_{\text{дл}}$ – это потери энергии, которые возникают в прямых участках шланга постоянного сечения, т.е. при равномерном течении воздуха и возрастают пропорционально длине шланга:

$$h_{\text{дл}} = \lambda \cdot (L / d) \cdot (v^2 / 2g) \quad (3)$$

где L – длина прямолинейного участка шланга; d – диаметр шланга; λ – безразмерный коэффициент гидравлического трения по длине (коэффициент Дарси).

Формулу (3) обычно называют формулой Дарси – Вейсбаха. Коэффициент гидравлического трения λ определяется, в общем случае, режимом движения воздуха, т.е. числом Рейнольдса Re и относительной шероховатостью внутренних стенок шланга ε : $\lambda = f(Re, \varepsilon)$.

В свою очередь, $\varepsilon = \Delta / d$, где Δ – абсолютная эквивалентная шероховатость стенок шланга (средняя высота выступов шероховатости).

Итак, задавая геометрические размеры шланга (L, d), материал и степень его износа (Δ), среднюю скорость движения воздуха (v) и его свойства (ρ, μ) можно по формуле Дарси-Вейсбаха (3) рассчитать потери напора по длине.

$$\lambda = 64 / Re = 64 \mu / V d \rho \quad (4)$$

где $\mu = 17,2 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$ – коэффициент динамической вязкости воздуха при нормальных условиях; ρ – плотность кислорода:

$$V = 4Q / \pi d^2 = 4 \cdot 0,664 \cdot 10^{-3} / 3,14 \cdot 0,02^2 = 2,1 \text{ м/с}$$

где $\lambda = 1,7 \cdot 10^{-8}$.

Расчет числа Рейнольдса:

$$Re = \frac{V d \rho}{\mu} = \frac{2,1 \cdot 0,018 \cdot 1,54 \cdot 10^6}{17,2 \cdot 10^{-6}} = 3384 \cdot 10^6,$$

режим турбулентный > 500000 , то есть для расчета потребуется формула:

$$\lambda = (2 \cdot \lg \frac{d}{\Delta} + 1,14)^{-2}$$

Вязкость газов можно определить и по номограмме в зависимости от температуры (таблица).

Таблица. Таблица к номограмме

№ п/п	Наименование вещества	Координаты		Пределы применимости номограммы, °С	
		X	Y		
1	2	3	4	5	6
1	Азот	20,5	37,0	-100	+100
2	Кислород	20,0	42,0	-150	+1000

Задаемся температурой окружающей среды и проводим прямую до пересечения точки, выбранной в координатной плоскости.

Как уже указывалось выше, помимо потерь напора по длине потока могут возникать и, так называемые, местные потери напора. Причиной последних, например, в трубопроводах, являются разного рода конструктивные вставки (вход и выход шланга из штуцера, тройники, колена, сужения и расширения, задвижки, вентили и др.), необходимость которых вызывается условиями монтажа и эксплуатации шланга

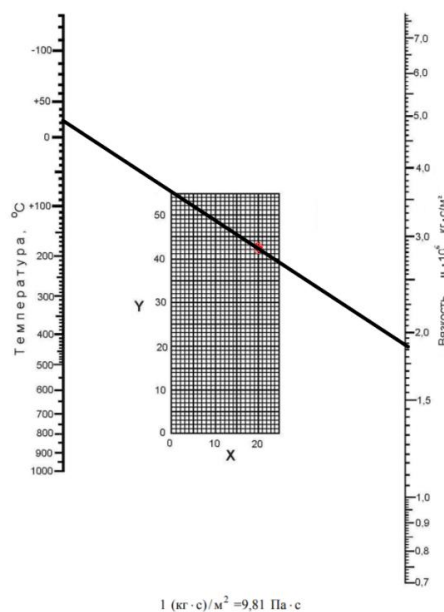


Рис. 2. Номограмма для определения вязкости кислорода при заданной температуре

В практических расчетах местные потери определяют по формуле Вейсбаха, выражающей потери напора на местном сопротивлении пропорционально скоростному напору:.

$$h_m = \zeta \cdot (v_2^2 / 2g) \quad (5)$$

где v_2 – средняя скорость движения воздуха в живом сечении потока за местным сопротивлением; ζ – безразмерный коэффициент, называемый коэффициентом местного сопротивления.

Каждое местное сопротивление характеризуется своим значением ζ , которое приближенно считают постоянным для данной формы местного сопротивления. Значения ζ для некоторых видов местного сопротивления приводятся в специальной литературе, однако в общем случае значение коэффициентов местного сопротивления устанавливают опытным путем.

Для коэффициента местного сопротивления в виде тройника с углом поворота 90° – $\zeta = 1,1^2$; для вентили на диаметре 20 мм – 8,0.

Общая формула для расчета потерь давления:

$$\Delta P = (\lambda \cdot (L / d) + \sum \zeta v_2^2 \rho / 2) \quad (6)$$

Из данного выражения можно определить при предельно допустимой потере давления оптимальную длину и ширину стенки шланга для подачи воздуха двигателю автомобиля.

$$L = (d((2 \Delta P / V^2 \rho) - \sum \zeta)) / \lambda$$

Анализ проведенных исследований устройства для обеспечения воздуха двигателю автомобиля позволил разработать математическую модель рассматриваемой системы и определить для нее диапазон оптимальных значений конструктивных параметров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ширстов Д.И., Зарубина Е.В., Шмелева Т.В. Разработка предложений по обеспечению бесперебойного питания двигателя воздухом в задымляемой среде. Сборник материалов XVIII Международной научно-практической конференции «Пожарная и аварийная безопасность» (23.11.2023). Иваново, ИПСА ГПС МЧС России, 2023. С. 766-768.
2. Абросимов Ю.Г., Жучков В.В., Болдырев Е.Н., Пименов А.А., Карасев Ю.Л. Гидравлика. Учебник. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. 312 с.
3. Власов В.М., Жанказиев С. В, Круглов С.М., и др. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Учебник. М.: Академия, 2012. 345 с.
4. Шмелев С.А., Зарубина Е.В., Шмелева Т.В., Волков А.В. Аналитический расчет рабочего колеса дымососа на прочность и жесткость с учетом центробежных сил // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию образования гражданской обороны, Иваново, 19 апреля 2022 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С. 5003-509.

УДК 621

В.В. Ширяев, Д.Ю. Сударьков, В.Е. Иванов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ПОДЪЕМНОГО МЕХАНИЗМА В БАШЕННОЙ СУШИЛКЕ ДЛЯ СУШКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Аннотация: в статье рассматривается вопрос по разработке подъемного механизма в башенной сушилке для сушки пожарных рукавов на базе пожарно-спасательной части. Выполнен расчет привода для подъема пожарных рукавов. Спроектирована сварная конструкция для подвешивания пожарных рукавов и одновременного подъема рукавов в количестве 30 шт.

Ключевые слова: сушка, пожарный рукав, проектирование, прочностной расчет, трехмерное моделирование.

V.V. Shiryayev, D.Y. Sudarkov, V.E. Ivanov

DEVELOPMENT OF A LIFTING MECHANISM IN A TOWER DRYER FOR DRYING FIRE HOSES

Abstract: the article considers the issue of developing a lifting mechanism in a tower dryer for drying fire hoses on the basis of a fire rescue unit. The calculation of the drive for lifting fire hoses has been performed. A welded structure has been designed for hanging fire hoses and simultaneously lifting hoses in the amount of 30 pieces.

Keywords: drying, fire hose, design, strength calculation, 3D modeling.

Сушка является одним из важных этапов технического обслуживания пожарных рукавов. Сушка пожарных рукавов необходима для поддержания их в рабочем состоянии и обеспечения продолжительного срока службы [1]. Пожарные рукава постоянно подвергаются воздействию влаги, своевременное и качественное техническое обслуживание может предотвратить их преждевременное старение, потерю гибкости и снижение прочности. Поэтому совершенствование оборудования для проведения технического обслуживания пожарных рукавов является актуальной задачей [2, 3].

Для совершенствования процесса сушки напорных пожарных рукавов можно выделить несколько основных направлений:

- улучшение технологии сушки: Исследование и разработка новых, более эффективных технологий сушки пожарных рукавов, которые могут сократить время сушки и минимизировать затраты энергии.
- автоматизация процесса: Разработка автоматизированных систем сушки, которые смогут контролировать весь процесс, начиная от подготовки рукавов до их полного высыхания.
- оптимизация оборудования: Улучшение существующих сушильных аппаратов для пожарных рукавов путем модернизации их технических характеристик и повышения эффективности использования энергии.
- повышение качества материалов: Использование новых материалов и покрытий для пожарных рукавов, обеспечивающих более быстрое высыхание.
- усовершенствование процедур технического обслуживания: Разработка и внедрение процедур по техническому обслуживанию сушильного оборудования и пожарных рукавов с целью продления срока службы и повышения надежности оборудования.

В пожарно-спасательной части имеется сушилка башенного типа. Для подъема пожарных рукавов применяется ручная лебедка, поэтому чтобы сократить работы персонала в башенной сушилке, необходимо спроектировать привод с лебедкой для подъема рукавов и подвесное устройство, которое будет одновременно поднимать до 30 рукавов. Исходя из этих условий, произведен расчет привода, троса и платформы для подъема напорных пожарных рукавов. На рисунке приведена трехмерная модель башенной сушилки с расположенным внутри ее подвесным устройством для пожарных рукавов.

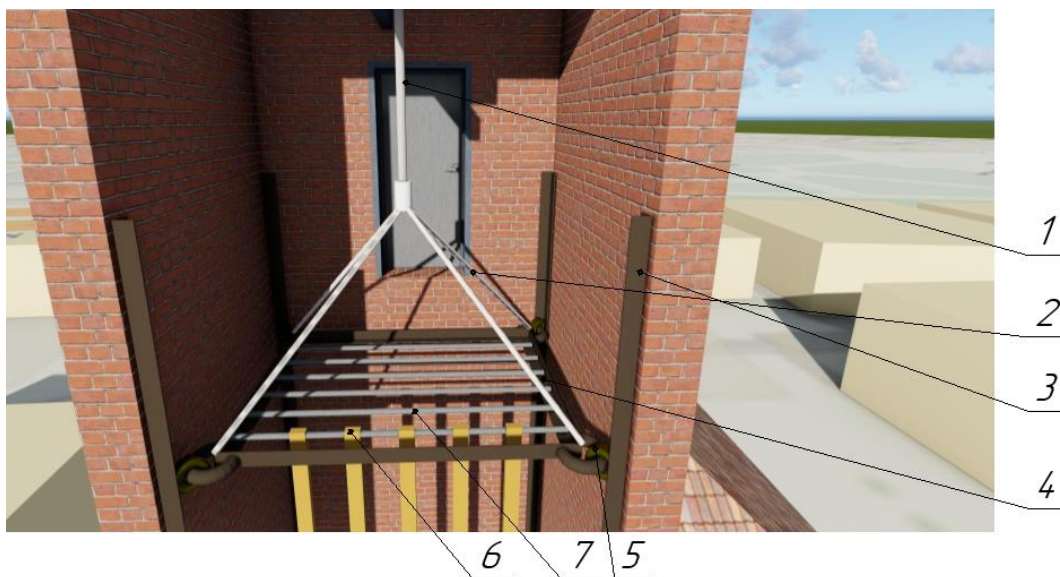


Рисунок. Конструкция подвешного устройства для напорных пожарных рукавов:

- 1 — трос лебедки; 2 — стропы крепления подъемной платформы;
3 — направляющие; 4 — стальной уголок; 5 — упорное устройство;
6 — напорный пожарный рукав; 7 — стальной стержень

При проектировании устройства, для разработки чертежей и трехмерных моделей, проведения прочностного анализа конструкций, использовались системы автоматизированного проектирования AutoCAD и КОМПАС-3D [4, 5, 6]. Для визуализации проекта и создания архитектурных строений применялась программа ArchiCAD.

На основании проведенных расчетов для изготовления рамы устройства выбран уголок стальной равнополочный со стороной 50 мм, ГОСТ 8509-93. Для подвешивания рукавов выбран стальной стержень диаметром 25 мм, ГОСТ 2590-2006. В состав привода для подъема пожарных рукавов входит электродвигатель, червячный редуктор, муфта соединительная и барабан лебедки, сварная рама. Для обеспечения равномерного и плавного подъема платформы с рукавами, в углах башни предусмотрены направляющие, которые выполнены в виде уголка 100x100. В верхней и нижней точках подъема платформы предусмотрен концевой выключатель, который отключает привод подъема пожарных рукавов для предотвращения перегрузки или обрыва троса.

Таким образом были затронуты два основных направления совершенствования процесса сушки пожарных рукавов: частичная автоматизация и оптимизация оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вокуев Д.Н., Иванов В.Е., Пучков П.В. Современное программное обеспечение для визуализации проектных решений // Надежность и долговечность машин и механизмов. сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 456-459.

2. 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. EDN VXHRDS.

3. Зарубин, В. П. Модернизация привода подъемного механизма пожарных рукавов в башенную сушилку / В. П. Зарубин, И. А. Легкова // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области пожарной безопасности: Сборник тезисов докладов материалов международной научно-практической конференции, Москва, 18–19 октября 2018 года. Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2018. С. 450-453. EDN YUZYDB.

4. Иванов В.Е., Головатенко А.Ю. Современное программное обеспечение для проведения прочностных исследований разрабатываемых конструкций // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 2021. С. 224-227.

5. Пучков П.В., Иванов В.Е. Исследование прочностных показателей наиболее нагруженных деталей башенной сушилки с использованием компьютерного моделирования // Вестник машиностроения. 2023. Т. 102. № 1. С. 85-87.

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

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 004.4:004.92:744.4

А.А. Бойков

МИРЭА – Российский технологический университет

О ТОЧНОМ ПОСТРОЕНИИ НЕКОТОРЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ КРИВЫХ В САПР «КОМПАС-3D» ПРИ ПОМОЩИ СПЛАЙНОВ

Аннотация: в статье отмечается научная и практическая актуальность исследований, которые позволяют найти способы точного представления алгебраических кривых при помощи сегментов сплайнов в САПР. Приводится обзор кривых, дуги которых могут быть точно представлены в САПР «Компас-3D» при помощи обыкновенных и рациональных кривых Безье. Подробно рассматривается построение дуг парабол третьего и высших порядков при помощи сегментов обыкновенной кривой Безье, приводится формулировка общего свойства. Рассматривается построение симметричных дуг расходящихся парабол при помощи сегмента обыкновенной кривой Безье третьего порядка. Вводится понятие кубического скругления

Ключевые слова: САПР, конические кривые, кубические кривые, сплайны, кривые Безье, кубическое скругление, Компас-3D

A.A. Boykov

ON THE ACCURATE CONSTRUCTION OF SOME ALGEBRAIC CURVES IN CAD «KOMPAS-3D» USING SPLINES

Abstracts: the article notes the scientific and practical relevance of research that makes it possible to find ways to accurately represent arcs of algebraic curves using spline segments in CAD. An overview of curves is provided, the arcs of which can be accurately represented in the «Kompas-3D» CAD system using ordinary and rational Bezier curves. The construction of arcs of parabolas of the third and higher orders using segments of an ordinary Bezier curve is considered in detail, and a formulation of the general property is given. The construction of symmetrical arcs of diverging parabolas using a segment of an ordinary third-order Bezier curve is considered. The concept of cubic conjugation is introduced.

Keywords: CAD, conics, cubic curves, spline, Bezier curve, cubic conjugation, Kompas-3D

Возможности построения геометрических моделей в САПР в значительной мере зависят от того, какие элементарные фигуры имеются в распоряжении проектировщика. Стало привычным, что формообразующие плоские фигуры могут составляться из комбинаций отрезков, дуг окружностей и эллипсов, «лекальных кривых» –

сплайнов, причем, состав последних может различаться у разных САПР. В САПР «Компас-3D» также имеется дуга конической кривой.

В практике проектирования деталей машиностроения, приборостроения, станкостроения, объектов архитектуры и строительства, может возникнуть необходимость в использовании других кривых – третьего, четвертого и высших порядков [1-5]. Общий инженерный подход в этом случае состоит в построении достаточного числа точек кривой, через которые затем проводится «лекальная» кривая, аппроксимирующая требуемую с заданной точностью [3, 6]. Точки могут строиться средствами САПР или на основе вычислений координат.

С другой стороны, сплайны – составные кривые, сегментами которых являются некоторые закономерные кривые (чаще всего, алгебраические), поэтому исследование математических моделей сплайновых сегментов дает возможность создания алгоритмов точного построения дуг кривых как сегментов сплайнов.

В САПР «Компас-3D» имеются следующие сплайны [7]:

- кривая Безье (рис. 1, а) – задается набором опорных (управляющих) вершин $P_0, \dots, P_n$, проходит только через первую и последнюю;
- рациональная кривая Безье (рис. 1, б) – дополнительно имеет в каждой опорной вершине вес w_i .

Обыкновенная кривая Безье получается при задании у рациональной весов равных 1 во всех опорных вершинах.

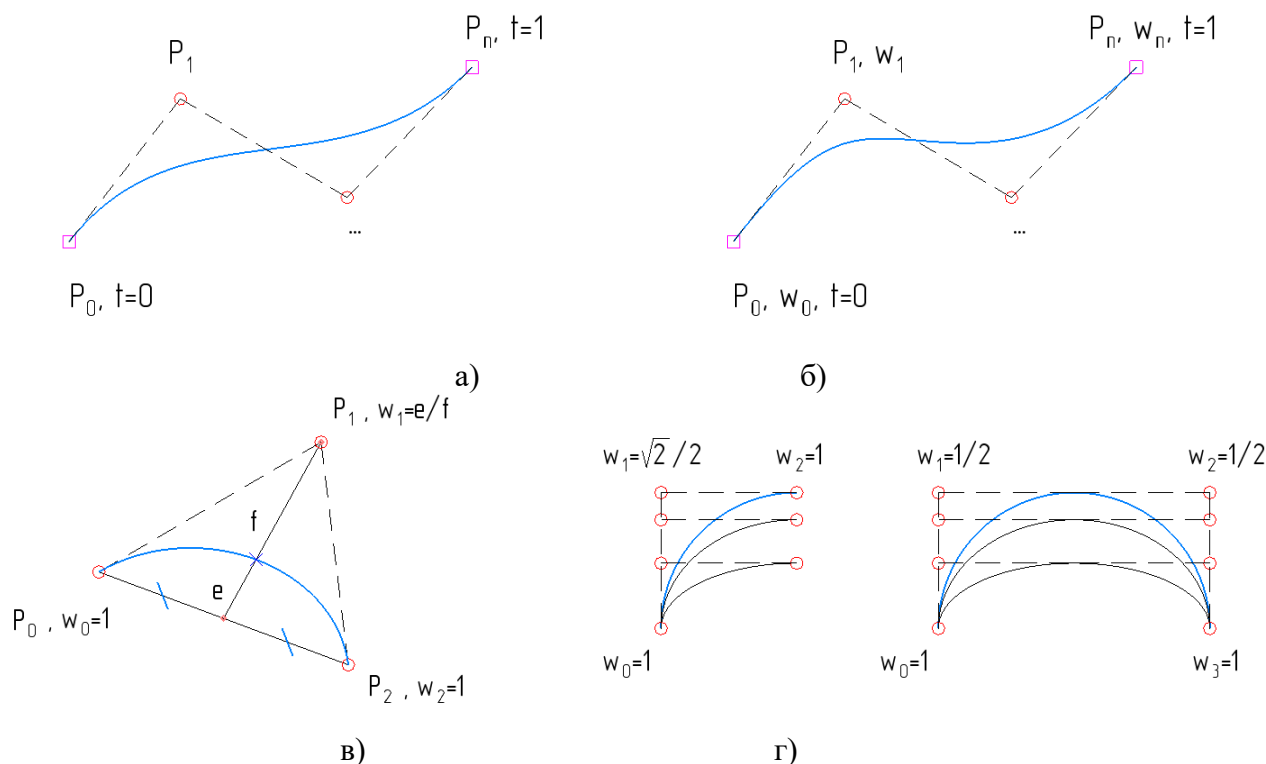


Рис. 1. Сплайны Безье и представление конических кривых

Поэтому актуальная научная и практическая задача состоит в следующем:

1) Определить, дуги каких алгебраических кривых могут быть точно заданы при помощи сегментов сплайна (в частности, кривыми Безье).

2) Разработать способы расстановки опорных вершин (и задания весов в них), для получения дуги требуемой кривой.

Так, решенными можно считать следующие частные задачи [7-11]:

1. Построение дуги квадратичной параболы при помощи обыкновенной кривой Безье 2-го порядка (рис. 2, а), а также кривой Безье 3-го порядка (рис. 2, б). Квадратичная парабола считается заданной двумя точками и касательными в них.

2. Построение дуги конической кривой при помощи рациональной кривой Безье 3-го порядка (рис. 1, в). Коническая кривая считается заданной двумя точками, касательными в них и инженерным дискриминантом или произвольной точкой внутри дуги. В частности, на рис. 1, в показано построение четверти и половины окружности и эллипса при помощи одного и двух сегментов такой кривой (рис. 1, г).

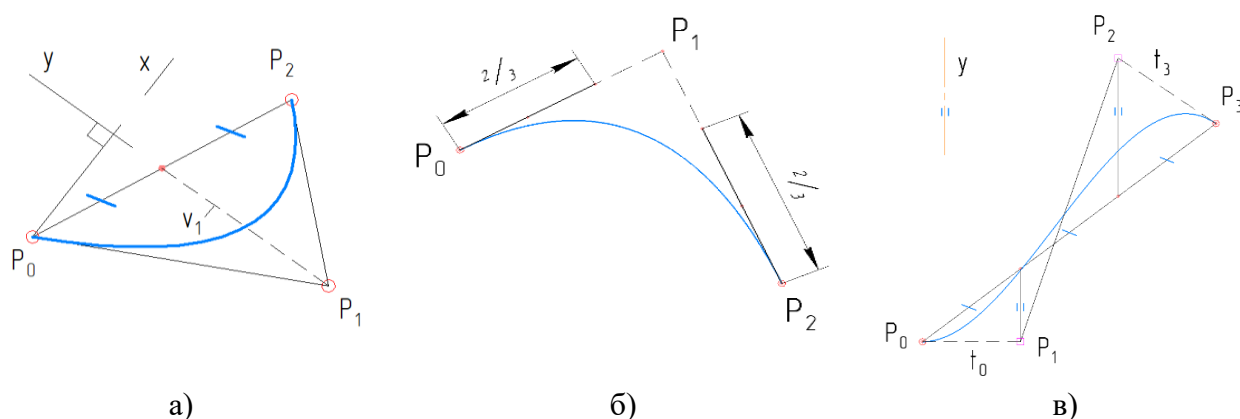
3. Построение дуги кубической параболы при помощи обыкновенной кривой Безье 3-го порядка (рис. 2, в), кубическая парабола считается заданной направлением оси y , двумя точками и касательными в них.

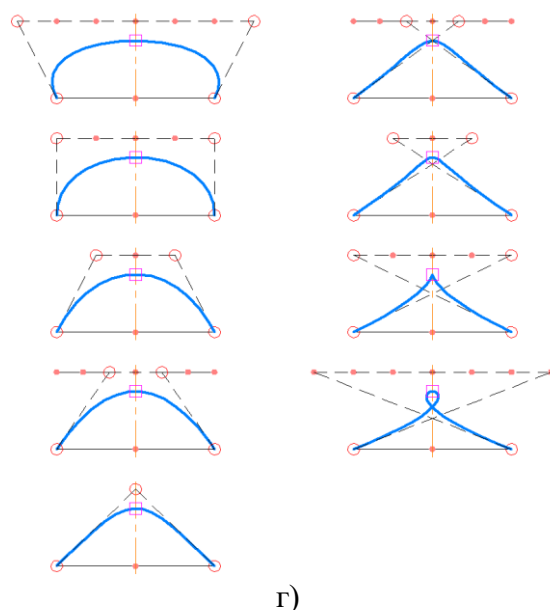
4. Построение симметричной дуги кривой типа расходящейся параболы [12], в частности, полукубической параболы при помощи обыкновенной кривой Безье 3-го порядка, которая считается заданной осью симметрии, вершиной, двумя симметричными точками и касательными в них (рис. 2, г).

5. Рассмотрим два последних случая подробнее.

6. Во-первых, имеет место следующее свойство. Для задания при помощи кривой Безье параболы n -го порядка достаточно, чтобы управляющие вершины размещались равномерно в направлении оси x параболы (рис. 3, а).

7. Из указанного свойства непосредственно вытекает построение дуги квадратичной параболы на рис. 2, а и кубической параболы на рис. 2, в. На рис. 3, б показаны частные случаи построения симметричной дуги параболы 4-го порядка (A, B, C, D) при помощи, соответствующей кривой Безье.



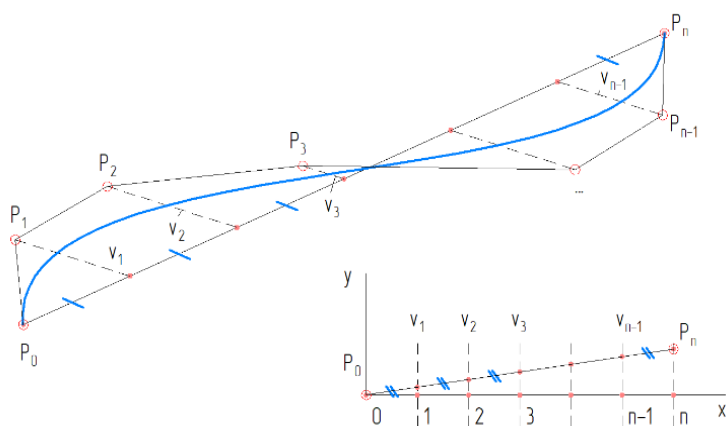


г)

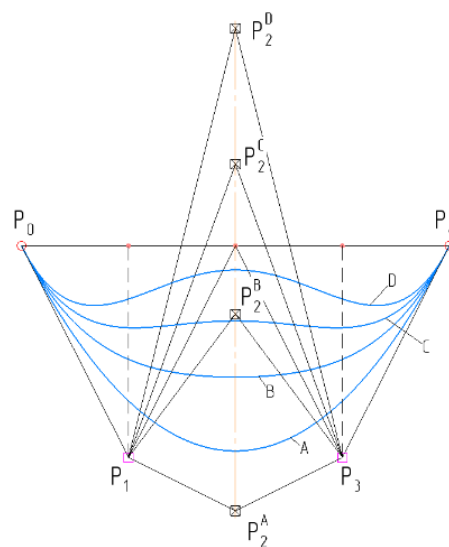
Рис. 2. Представление квадратичных, кубических и расходящихся парабол

Во-вторых, построение расходящейся параболы при помощи симметричного определителя связано следующими аффинными координатами опорных точек (аффинные координаты задают пропорциональные по горизонтали, вертикали или двум направлениям варианты кривой) – начальная и конечная точки кривой имеют аффинные координаты $(-1;0)$ и $(1;0)$, соответственно, промежуточные – располагаются на высоте $\frac{1}{3}$. В этом случае вершина оказывается на высоте $\frac{1}{4}$ или $\frac{3}{4}$ высоты промежуточных точек (рис. 3, в).

Если промежуточные точки совпадают на оси симметрии – имеют координаты $(0; \frac{1}{3})$, то кривая приобретает вид, показанный на рис. 3, г, и имеет в начальной и конечной точках нулевую кривизну. Такую кривую можно использовать для сопряжения со вторым порядком гладкости любых отрезков. Если теперь вместо обыкновенной кривой Безье использовать рациональную, тогда, меняя значения весов, мы получаем скругление отрезков второго порядка гладкости.



а)



б)

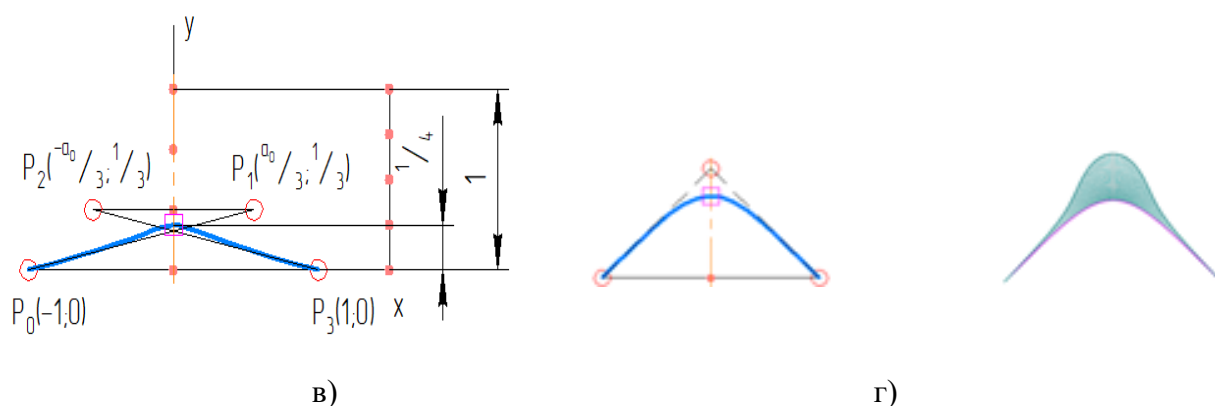


Рис. 3. К построению кубических и расходящихся парабол

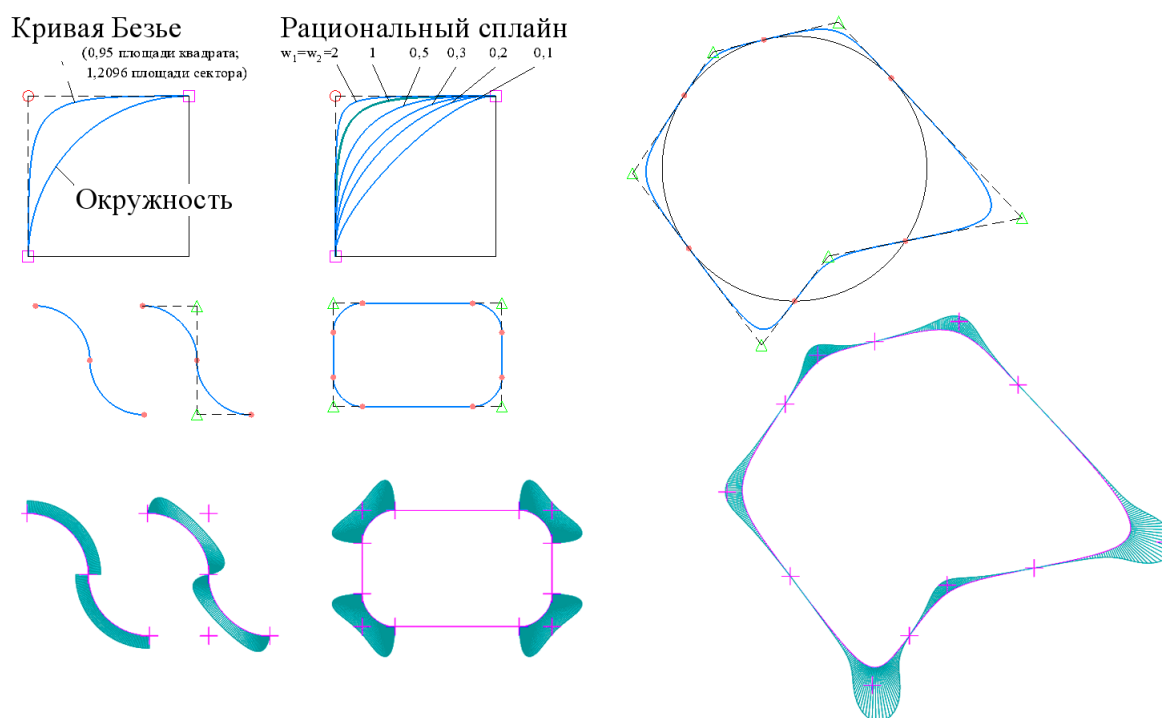


Рис. 4. Кубическое скругление

Будем называть такое скругление кубическим. Оно имеет те же возможности, что и скругление при помощи конической кривой общего вида (рис. 1,в), но в местах стыка с отрезками сохраняет непрерывность кривизны, что открывает широкие возможности по применению ее на практике (рис. 4). Кроме того, такая кривая очень легко строится средствами САПР «Компас-3D».

Проведенный обзор показал, что исследование сплайнов, как инструментов точного построения дуг алгебраических кривых, имеет бесспорную научную и практическую ценность. Дальнейшие исследования позволят создать алгоритмы построения рассмотренных и новых кривых по заданным условиям для использования в проектно-конструкторской деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мовсисян М.Н., Приходько А.А. Построение и исследование центроид некруглых зубчатых колес с осью вращения в центре симметрии // XXXIV Международная инновационная конференция молодых ученых и студентов по современным проблемам машиноведения: Сб. тр. конференции, Москва, 07-09 ноября 2022 года. М.: ФГБУ науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, 2022. С. 197-201.
2. Елагин М. Ю., Хмелев Р.Н. Исследование функционирования оппозитно-кулачкового компрессора // 59-я Научно-практическая конференция профессорско-преподавательского состава ТулГУ с всероссийским участием: Сб. док. конференции. В 2-х частях, Тула, 08–12 февраля 2023. Часть 2. Тула: Тульский государственный университет, 2023. С. 405-413.
3. Киреев С.О., Ершов Ю.В., Падалко Н.А. Расчет параметров зубьев для изготовления овальных шестерен // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2010. № 1(153). С. 76-78.
4. Ван В., Гэ А., Цю П. Конструирование основанных на овале Декарта линз произвольной формы для светодиодов // Светотехника. 2013. № 3. С. 33-37.
5. Чекалин А.А., Решетников М.К., Бирзул А.С. Кинематическая параболическая поверхность для конструирования архитектурных покрытий // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. № 9. С. 458-461.
6. Тимофеева Т.В., Нестеренко М.А. Параметризация кривых в AutoCAD на примере овалов Кассини // Информационные технологии. 2018. Т. 24, № 3. С. 189-193.
7. Голованов Н.Н. Геометрическое моделирование. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 272 с.
8. Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы машинной графики. М.: Машиностроение, 1980. 240 с.
9. Фокс А., Пратт М. Вычислительная геометрия. Применение в проектировании и на производстве. М.: Мир, 1982. 304 с.
10. Бойков, А. А. Конструктивная геометрия некоторых алгебраических кривых в сплайновом представлении // Труды Международной конференции по компьютерной графике и зрению «Графикон». 2023. № 33. С. 758-770.
11. Бойков А.А. Конструктивная геометрия и применение некоторых кубических кривых в сплайновом представлении; докл. на Всерос. науч.-метод.конф. «Проблемы инженерной геометрии», октябрь 2023 г. [Видеозапись] // YouTube. 28 мин. URL: <https://youtu.be/ЕрсoKOr5ueg> (Дата обращения: 20.03.2024).
12. Савелов А.А. Плоские кривые: Систематика, свойства, применения. Справочное руководство. М.: URSS, 2020. – 294 с.

УДК 621.787.

М.Ю. Волкова

ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ BLENDER ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭРГОНОМИЧНЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕДМЕТОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ

Аннотация: статья посвящена актуальным проблемам использования 3d моделирования и визуализации функционально-обусловленного объекта сложной формы на примере создания шахмат. Анализируется комплексный подход к факторам, влияющим на формообразование авторских шахмат. К ним относятся как вопросы эргономичного моделирования, тектоника формы объектов, так и выбор использованных материалов.

Ключевые слова: параметрическое моделирование, функциональный объект, эргономичность формы, комбинаторные варианты, булевы операции, конструктивные особенности.

М.Yu. Volkova

USING BLENDER FOR MODELING ERGONOMIC FUNCTIONAL ITEMS WITH COMPLEX SHAPE

Abstract: the article is devoted to current problems of using 3D modeling and visualization of a functionally determined object of complex shape using the example of creating chess. An integrated approach to the factors influencing the formation of original chess is analyzed. These include issues of ergonomic modeling, tectonics of object shapes, and the choice of materials used.

Keywords: parametric modeling, functional object, ergonomic shape, combinatorial options, Boolean operations, design features.

В настоящее время в производство промышленных изделий широко внедряется комплексное моделирование и 3d создание прототипов промышленных изделий различной степени сложности. Все чаще востребованы авторские разработки, связанные с детальным знанием бионических прототипов, использованием программных средств проектирования для уточнения факторов эргономики на основе антропометрических характеристик, законов создания объемно-пространственной композиции объектов малой пластики, их моделирования и 3D печати.

Рассматривая различные варианты создания комплекта авторских шахмат, ставились задачи многофункциональной направленности. Создание авторского образа не должно противоречить классическим пропорциям. При всей сложности образов должны сохраняться их функциональная узнаваемость и эргономичность. Учитывая различные варианты технологических процессов и выбора материалов, использование программы направлено на помощь в выборе оптимальных решений.

На стадии эскизирования сравнивались комбинаторные варианты, как для воплощения модели в однородном материале, так и для вариантов комплексного соче-

тания различных материалов в изделиях. При этом учитывались и соблюдались стилистические особенности образов и технологический подход при выборе материалов. В рамках экспериментальных исследований предполагалась как создание эвристических макетов из модельного пластилина с целью уточнения пластики формы и эргономики, а также промежуточная и завершающая печать модели на принтере (рис.1).



Рис. 1. Пример предпроектных этапов создания образов шахматных фигур

Это позволило наглядно почувствовать комплексные формообразующие факторы, выявить возможные технологические поднутрения, не допустимые для воплощения изделия в бетоне и эпоксидной смоле, что привело бы в дальнейшем к браку.

Программа Blender дает возможность работать с трехмерной графикой, сохраняя промежуточные стадии работы. Это помогает, при необходимости, вернуться к предыдущим решениям, масштабируя либо видоизменяя отдельные фрагменты создаваемых образов. В то же время программа дает возможность наглядно, со всех точек зрения оценивать риски технологического процесса. Позволяет выполнять концептуальные дизайнерские решения, включающие эргономические и антропометрические подходы и сочетающие методику вычислительного проектирования или же

параметрического моделирования. Параметрическое моделирование дает возможности добавления дополнительной сетки для формирования необходимых размерных модулей. Комбинируя элементы модели, а также изменяя соотношения между отдельными частями, наглядно оцениваются как эстетические свойства, так и конструктивные особенности. В рамках работы по 3D моделингу выявлено, что программе доступно большое количество инструментов для создания и редактирования 3D моделей самых разных уровней сложности (рис.2). Все построение идет на основе базовых форм – куб, шар, цилиндр.

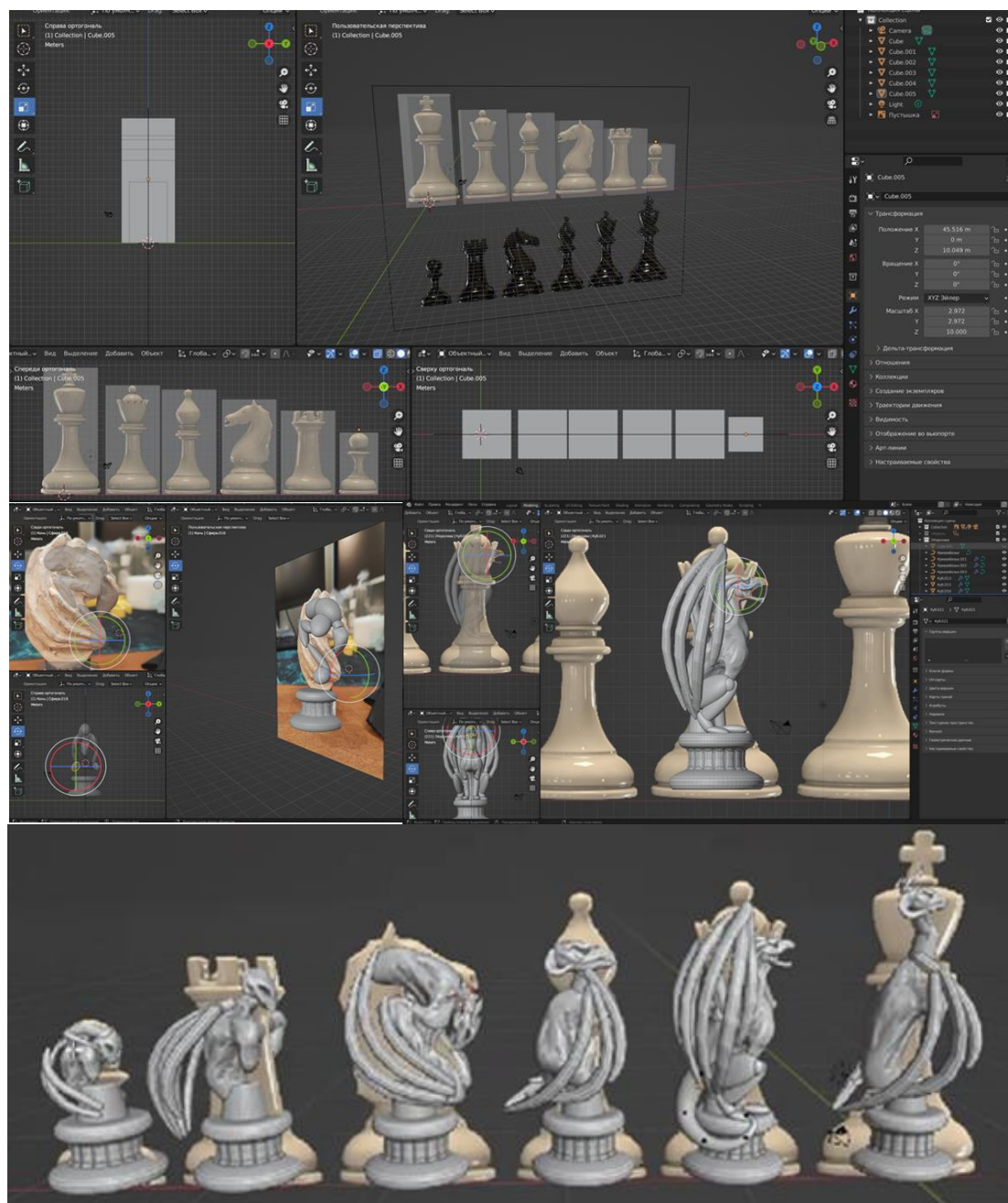


Рис. 2. Применение готовых модулей и комбинаторики при создании в Blender комплекта фигур в виде групп примитивов

В процессе происходит корректировка образов с учетом последующего снятия силиконовых форм для возможности воплощения в разных материалах. Последующее объединение форм ведется через объединение объектов, перестройку поверхности и функции мультиразрешения, что позволяет работать с полученными заготовками в режиме скульптуры. Таким образом, постепенно «лепится» форма моделей. Моделировать объекты можно при помощи доступных примитивов, полигонов, NURBS-кривых и кривых Безье.

Первоначальные, эвритические образы, выполнялись в окне программы поверх выбранного аналогом комплекта шахмат. Это позволило избежать ошибок пропорционирования. При этом сразу же выделялись основные отличительные черты авторских фигур. Параметризация дала возможность за короткое время сравнить различные варианты построения с помощью изменения размеров или геометрических соотношений.

Функциональная задача заключалась в создании не только узнаваемых шахматных образов, но и образов эмоционально интересных, характерных (рис. 3).

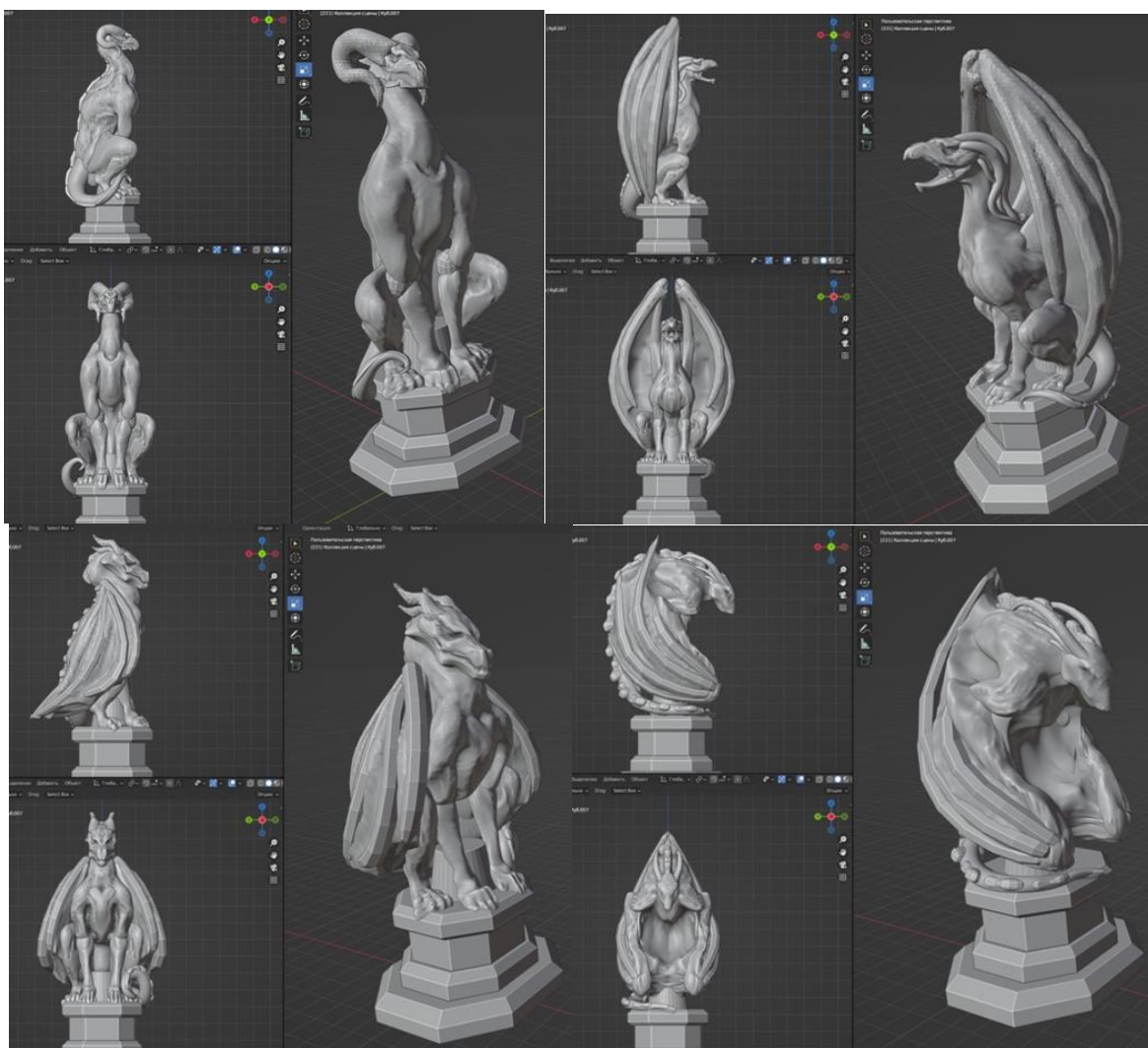




Рис. 3. Пример итоговых образов шахматных фигур, выполненных на 3d принтере

В результате исследований доказано, что проектирование, берущее за основу параметрические методы исследования, становится фундаментальным условием для создания изделия промышленных изделий мелкой пластики сложной формы.

Соблюдение этапов процесса визуализации, позволило в дальнейшем реализовать шахматные фигуры в заданном масштабе, с решенными технологическими и конструктивными характеристиками и дальнейшем воплощении в материале.

После того, как были выполнены итоговые модели фигур, возникла необходимость их подготовки к 3d печати. Каждая фигура делилась на 2 части – пьедестал и дракона. Это давало возможность расширить комбинаторную вариативность изготовления шахмат в материале. В качестве соединительного элемента отдельных частей формы в верхней, образной части фигур выполнен шип-паз, а в пьедестале-паз. Он выполнен сквозным, чтобы в последствие облегчить процесс соединения деталей.

Следующим этапом моделирования стала обработка моделей в программе слайсере. Даная программа переводит модели в код, понятный для 3d принтера. Поскольку фигуры печатались отдельно от своих пьедесталов и по другой технологии, было применено 2 слайсера – UltiMaker Cura и Anycubic Photon Workshop. Верхние, образные части фигур, прошли обработку в Anycubic Photon Workshop для дальнейшей печати на Anicubic Photon M3 Max. Пьедесталы обрабатывались в UltiMaker Cura перед печатью на Anicubic Kobra Max

После обработки в программах полученные файлы переносились на съёмные носители. Носители подключаются к принтерам, и производился процесс печати.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю. Исследование законов формообразования геометрических тел: монография // ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». Иваново, 2019. 100 с.
2. Малафеева И.А., Волкова М.Ю. Исследование формообразования с использованием программы блендер // Математическое моделирование и информационные технологии

XVII Всероссийская (IX Международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия–2022»: материалы конференции, Иваново, 2022. С. 104.

3. Волкова М.Ю., Малафеева И.А. Использование 3D принтера для моделирования и визуализации трехмерного объекта // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2022. С. 309.

4. Волкова М.Ю. Использование программы блендер для моделирования и визуализации сложного бионического объекта // Надежность и долговечность машин и механизмов: 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 // Математическое моделирование и информационные технологии XVIII Всероссийская (IX Международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия–2023»: материалы конференции, Иваново, 2023. С. 300.

УДК 621.787.

М.Ю. Волкова

ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»

ТЕСТОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГРАММЫ АСМОГРАФ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Аннотация: статья посвящена методически обоснованному использованию программы АСМОграф в учебном процессе при конструировании машин и механизмов. Исследование направлено на организацию тестовых заданий и вовлечение студентов по вопросам сотрудничества с разработчиками программных средств в рамках импортозамещающей исследовательской деятельности.

Ключевые слова: учебный процесс, образовательная деятельности, импортозамещающее программное обеспечение, методический подход, компетенции.

М.Yu. Volkova

TESTING CAPABILITIES OF THE ASMOGRAPH PROGRAM IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Annotation: The article is devoted to the methodologically sound use of the ASMOgraph program in the educational process when designing machines and mechanisms. The study is aimed at organizing test tasks and involving students on issues of cooperation with software developers in the framework of import-substituting research activities.

Keywords: Educational process, educational activities, import-substituting software, methodological approach, competencies.

Современные условия ставят перед учебными заведениями задачи, связанные с рассмотрением возможностей использования импортозамещающего программного обеспечения. Рассматривая использование САПР в решении проблем расчета и конструирования машин и механизмов с учетом ГОСТов, стандартов высшего образования и формирования у студентов согласованного комплекса компетенций, участие студентов в тестировании и апробировании Российских программных средств является актуальной задачей.

В 2023 учебном году студенты ИГЭУ, на кафедре конструирования и графики получили от разработчиков программы из АО «Информатика» уникальную тестовую возможность по использованию в учебном процессе программы АСМОграф.

В проекте приняли участие студенты ЭЭФ, выполнявшие с использованием АСМОграф электрические схемы. Ранее аналогичные задания на кафедре КиГ выполнялись в программе AutoCAD.

АСМОграф – кроссплатформенный векторный графический редактор для создания и редактирования графических схем, чертежей и блоксхем, поддерживает импорт и экспорт схем программ Visio, AutoCAD, MapInfo, что позволяет заменить иностранное ПО и вести совместную работу с теми, кто еще не перешел на Российское ПО.

Участие студентов в тестировании электронных средств компьютерной графики в учебном процессе с целью, в том числе, помощи разработчикам по дальнейшему совершенствованию ПО, позволяет успешно решать практические задачи в широком спектре разнообразных профессиональных ситуаций.

Взаимодействие студентов напрямую с разработчиками, направлено не только на увеличение заинтересованности в получении выбранной профессии, причастности к созданию новых Российских разработок ПО, но и вектор на повышение качества образования как участниками единого образовательного процесса.

На протяжении всего периода обучения, в соответствии с заданными компетенциями, студенты выполняют множество графических работ.

Работая с первыми версиями АСМОграф, выполняя тестовые задания, в рамках учебной программы (создание электрических схем), столкнулись с большим количеством неудобств пользования. При первоначальной работе с программой были выявлены моменты, не дающие возможность качественного выполнения даже простых чертежей, необходимых для освоения специальности (рис.1, 2).

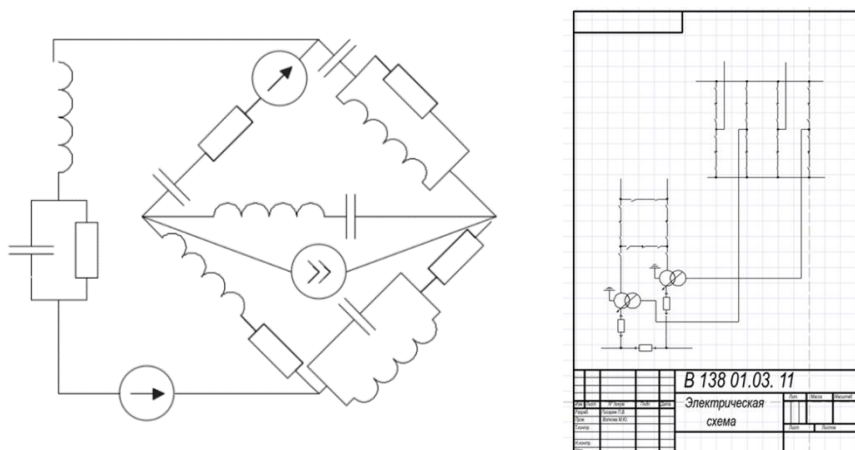


Рис. 1. Пример создания элементов электрической схемы с использованием программы АСМОграф

Данные в библиотеках примитивы не проходили по ГОСТам или их вообще не было, отсутствовала возможность создания собственных библиотек, в рамках конкретной специальности. Команда “ломаная” отображала длину всей ломанной, а не выбранного отрезка в ней. Штриховка создавалась только в закрытом контуре, который необходимо было объединить в многоугольник. Размеры радиуса и диаметра не ставились горизонтально или вертикально, а только под углом стрелки.

Возникали проблемы с шрифтами: настройки рабочей зоны не работали с текстом. Выбирался шрифт Times New Roman и размер пропорционально масштабу рабочей зоны. Шрифт не соответствовал установленному графическому ГОСТу GOST type B. Размер шрифта менялся при изменении масштаба чертежа.

При этом были отмечены потенциальные возможности программы в использовании и создании библиотек примитивов; в отличие от AutoCAD, удобное разделение рабочей зоны на нужные форматы листа; удобная общая и объектная настройки (рис.3).

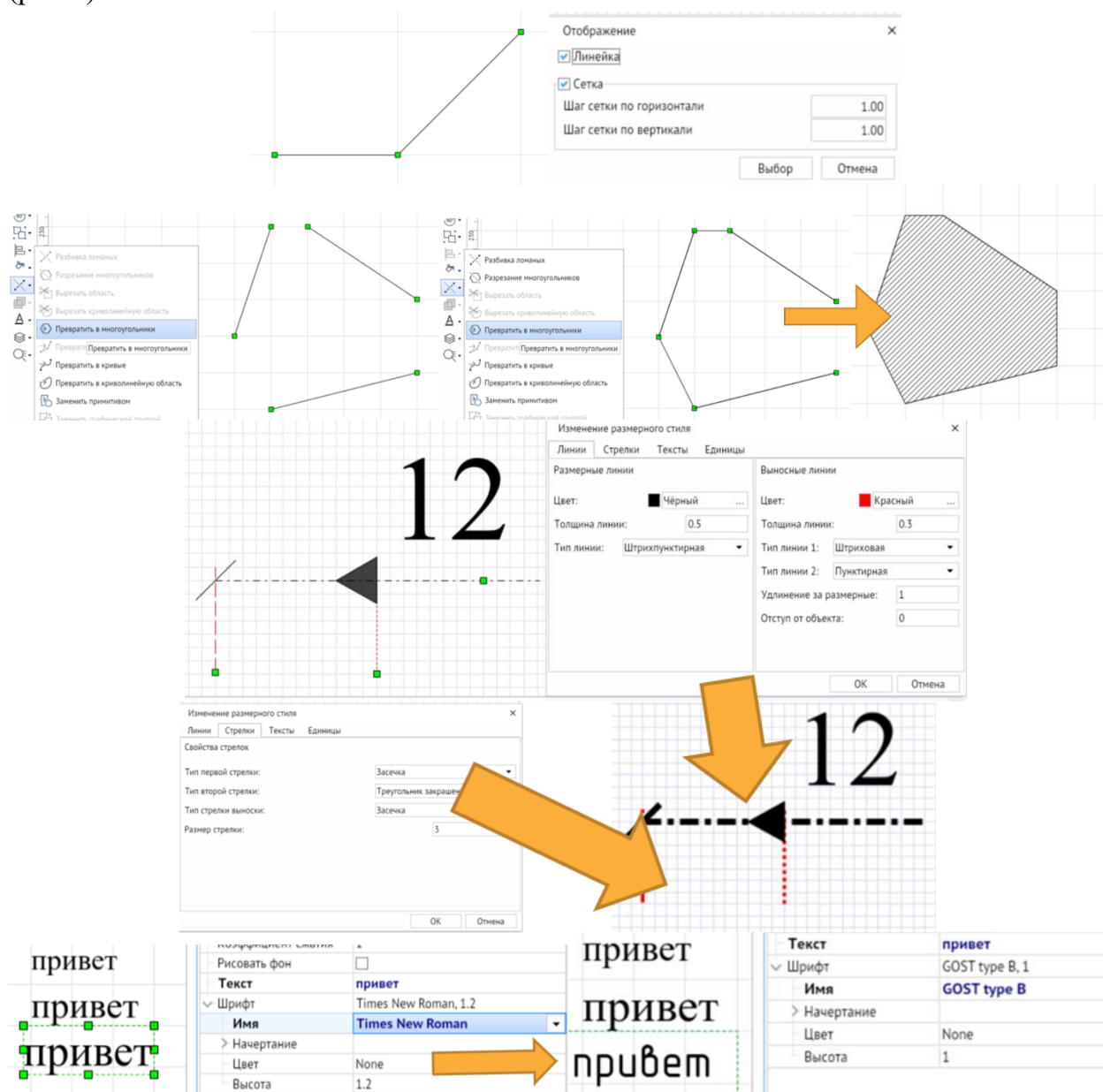


Рис. 2. Пример тестовой работы с программой АСМОграф

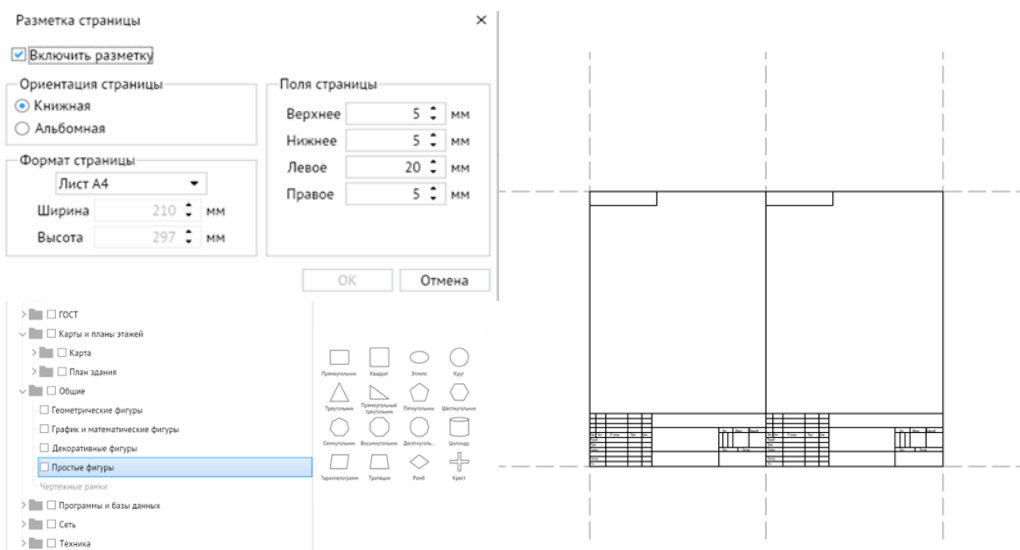


Рис. 3. Вариантов использования настроек программы АСМОграф

Навыки, приобретаемые в процессе подготовки заданий и исследований с помощью программы АСМОграф, помогут студентам выполнять плановые графические работы на высоком качественном уровне (рис. 4).

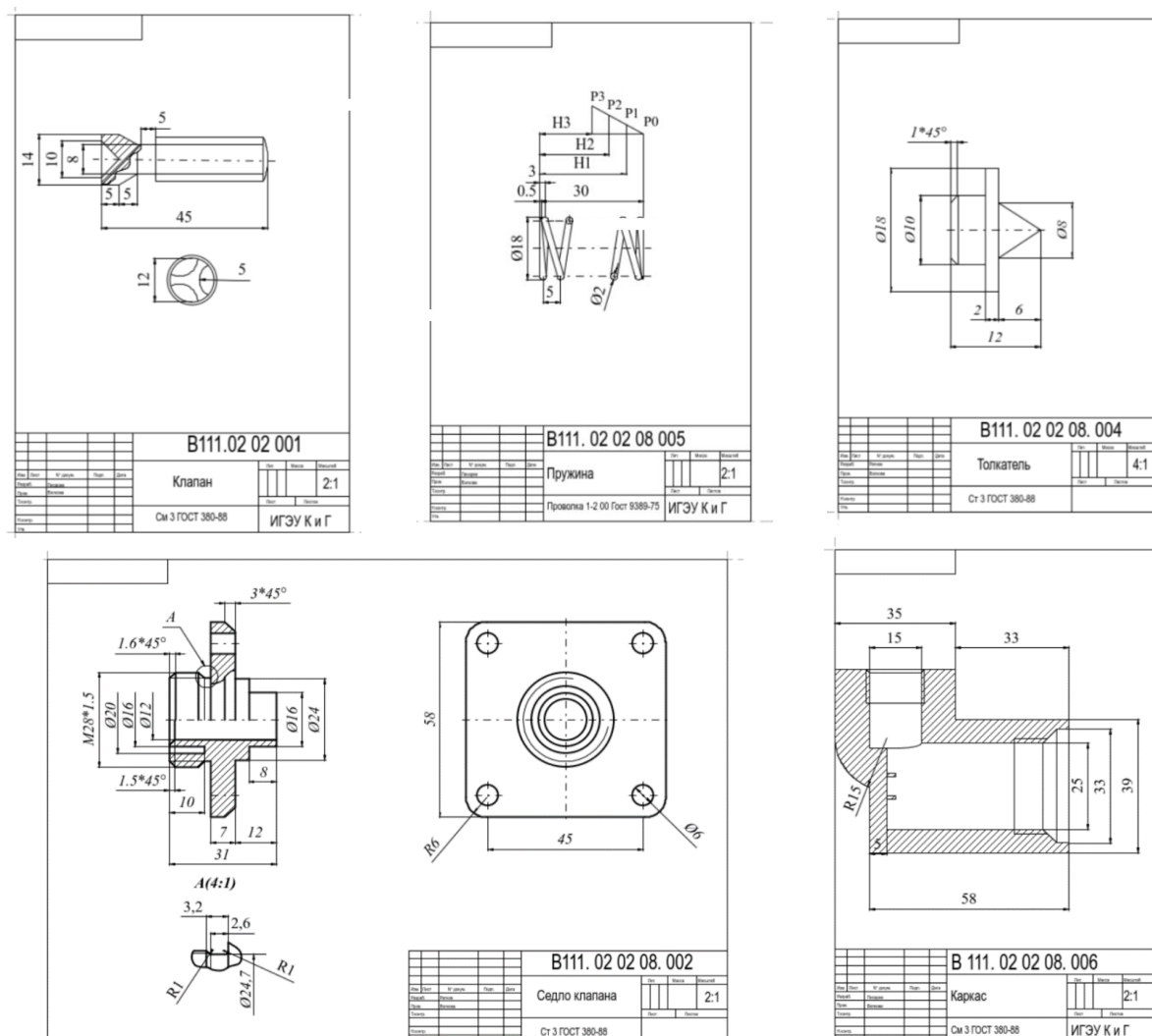


Рис. 4. Пример тестового выполнения задания деталей чертежа в программе АСМОграф

В результате тестирования программы выявлено, что качество образования складывается одновременно из нескольких составляющих: определение новых подходов и путей реализации, формирование различных показателей оценки учебной деятельности, вовлечение студентов в каждый этап образовательного процесса.

Выявлено, что наилучшие результаты достигаются комплексным подходом по формированию компетенций в образовательном процессе с использованием сочетания различных программных и электронных ресурсов.

Учитывая, что современное комплексное образование предполагает, в том числе, создание достаточно объемного электронного ресурсного обеспечения по дисциплинам, разработка методических указаний и пособий, безусловно, займет свое традиционное место и будет содействовать совершенствованию навыков работы в программах. Создание методического обеспечения носит глубокий поэтапный характер. Это даст возможность студентам выполнять большой объем графических работ самостоятельно. Так в работе с АСМОграф отмечено, что необычная функция печати позволяет создавать схемы и чертежи в одном файле, охватывать сразу весь объем проведённой работы и позволяет выбирать все или выбранные листы для печати (рис.5).

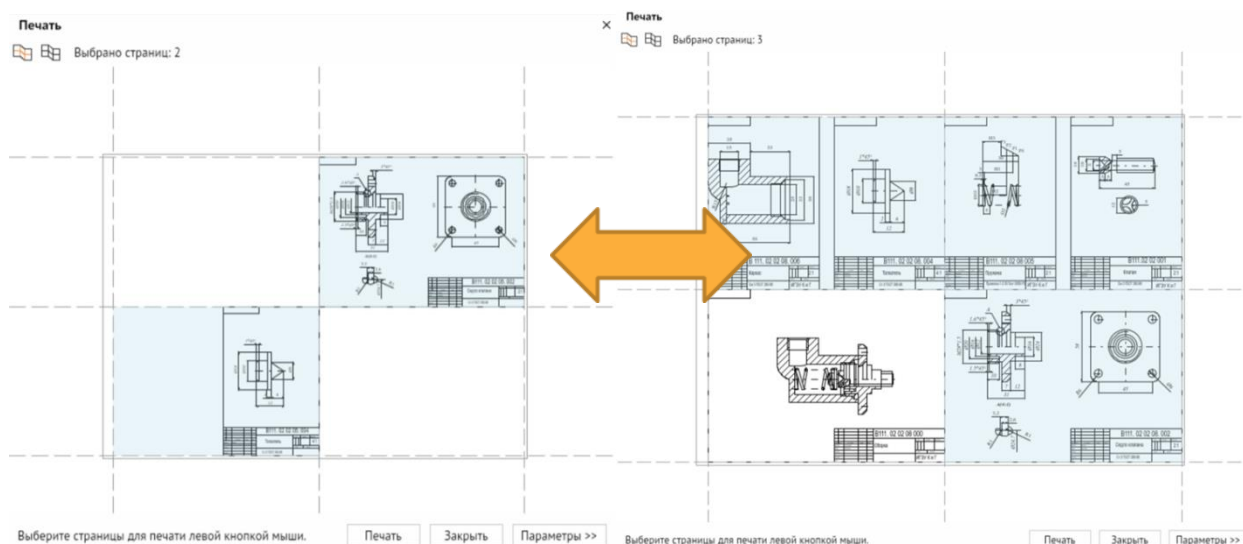


Рис. 5. Варианты настроек печати программы АСМОграф

Для дальнейшего решения в учебных целях проблем расчета и конструирования машин и механизмов возникла необходимость продолжения сотрудничества с разработчиками в качестве тестировщиков, для усовершенствования последующих обновлений программы. В образовательных целях это позволяет дать возможность студентам участвовать в совершенствовании программ импорт замещения; обучать студентов строить различные схемы и чертежи; подготовить специалистов, работающих в программе АСМОграф.

Программа АСМОграф позволяет решить вопрос импортзамещения программ Visio, AutoCAD, MapInfo в создании различных схем и чертежей; ускорить создание схем с помощью шаблонов из библиотек т е повышение продуктивности графических разработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлюкова Н.Л., Волкова М.Ю. Проблемы цифровизации машиностроительных производств в условиях импортозамещения // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 199.
2. Волкова М.Ю., Павлюкова Н.Л. Использование электронных средств компьютерной графики в учебном процессе // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С. 318.
3. Волкова М.Ю. Использование комплексного ресурсного обеспечения при обучении моделированию в учебном процессе // Интеграция науки, образования и производства - основа реализации Плана нации (Сагиновские чтения №15), посвященная 70-летию университета: юбилейная Международная научно-практическая конференция, Караганда, 16-17 июня 2023 г. Караганда: Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, 2023 г. С. 200.

УДК 614+311.4+51-74+519.25+519.246+336.76

И.А. Кайбичев

Уральский институт ГПС МЧС России

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ СВЯЗАННЫХ С НАРУШЕНИЕМ ПРАВИЛ УСТРОЙСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИНДИКАТОРА PRICE CHANNEL

Аннотация: индикатор фондового рынка Price Channel применен для прогноза количества пожаров, связанных с нарушением правил устройства и эксплуатации электрооборудования. Максимальная достоверность прогноза 69,23 % достигнута при периоде расчета индикатора в 9 лет.

Ключевые слова: количество пожаров, нарушение правил устройства и эксплуатации электрооборудования, прогнозирование, индикатор Price Channel

FORECASTING OF FIRES RELATED TO VIOLATIONS OF THE RULES OF INSTALLATION AND OPERATION OF ELECTRICAL EQUIPMENT USING THE PRICE CHANNEL INDICATOR

Abstract: The Price Channel stock market indicator is used to predict the number of fires associated with violations of the rules of installation and operation of electrical equipment. The maximum reliability of the forecast of 69.23 % was achieved with an indicator calculation period of 9 years.

Key words: the number of fires, violation of the rules of the device and operation of electrical equipment, forecasting, Price Channel indicator.

Объект исследования – количество пожаров в Российской Федерации связанных с нарушением правил устройства и эксплуатации электрооборудования (таблица).

Таблица 1. Количество пожаров в России связанных с нарушением правил устройства и эксплуатации электрооборудования

Год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Кол-во пожаров	53954	53628	50133	46335	44658	44076	42255	40320	41255

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Кол-во пожаров	42063	40895	40891	40388	40871	40767	41317	40528	41763

Год	2019	2020	2021	2022
Кол-во пожаров	49638	51930	57766	58278

Вычислим статистические параметры: максимум 582783 (наблюдали в 2022 году), минимум 40320 (2008 год), разброс 17958, среднее значение 45623, дисперсия 35004036, стандартное отклонение 5916. Значения ниже среднего наблюдали в 2005-2018 годах, выше среднего – в 2001-2004, 2019-2022 годах.

График временного ряда количества пожаров наглядно показывает отсутствие единого тренда (Рис. 1).

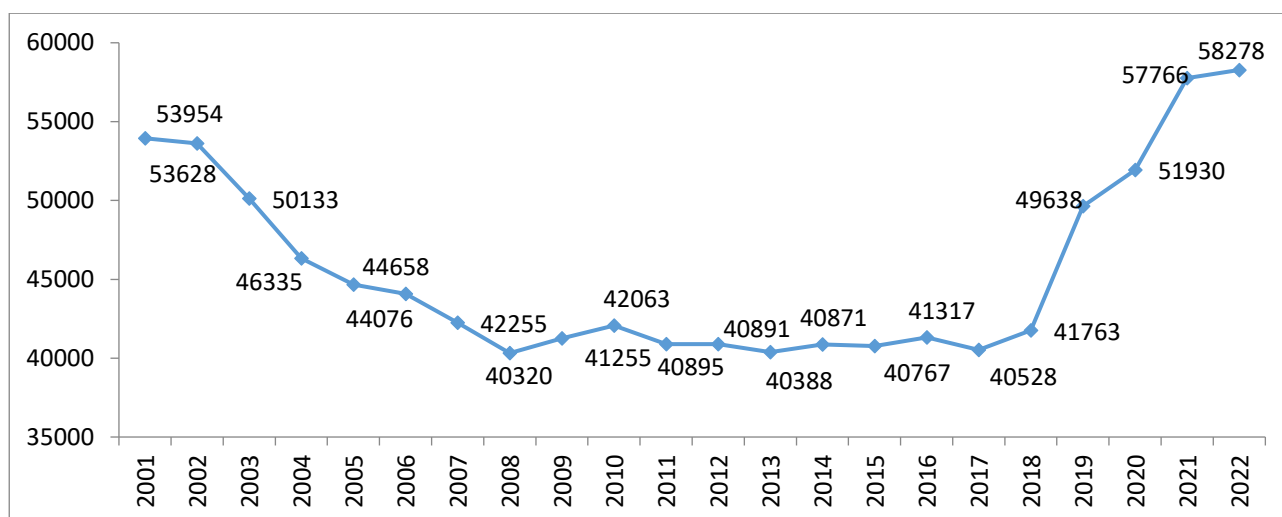


Рис. 1. График временного ряда пожаров, связанных с нарушением правил устройства и эксплуатации электрооборудования

Обратим внимание на фондовый рынок, где похожие ситуации не редкость. Заметим, что на практике работы на фондовом рынке редко применяется регрессионный анализ, форма зависимости рассматриваемого показателя от фактора времени, как правило, не устанавливается.

Для прогнозирования применим известный индикатор фондового рынка – Price Channel [1]:

$$U_{i+1} = \text{MAX}(X_i, \dots, X_{i-n}) \quad (1)$$

$$L_{i+1} = \text{MINX}(X_i, \dots, X_{i-n}) \quad (2)$$

$$S_{i+1} = (U_{i+1} + L_{i+1})/2 \quad (3)$$

Здесь X_i – количество пожаров в год с номером i , n – период расчета значений индикатора.

Прогноз представляет интервал возможных значений. Верхнюю границу задает значение U , нижнюю – L . Среднее значение S дает точечную оценку.

При $n = 3$ получаем значения индикатора Price Channel (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2	Кол-во пожаров	46335	44658	44076	42255	40320	41255	42063	40895	40891	40388	40871	40767	41317	40528	41763	49638	51930	57766	58278
3	U	53954	53628	50133	46335	44658	44076	42255	42063	42063	42063	40895	40891	40871	41317	41317	41763	49638	51930	57766
4	S	52044	49982	47396	45206	43457	42198	41288	41192	41479	41477	40642	40640	40630	41042	40923	41146	45083	46847	53702
5	L	50133	46335	44658	44076	42255	40320	40320	40320	40895	40891	40388	40388	40388	40767	40528	40528	40528	41763	49638

Рис. 2. Значения индикатора Price Channel при $n = 3$

Сравнение прогноза с фактом показывает достоверность 31,58 % (рис. 3). Этот результат нас не устраивает.

Поэтому полагаем $n=5$ (рис. 4). Сравнение прогнозных и фактических значений показывает достоверность 52,94 % (рис. 5).

Период расчета индикатора увеличим до $n=7$ (рис. 6). Достоверность прогноза при этом увеличивается до 60,00 % (рис. 7).

Увеличим период до $n=9$ (рис. 8). Достоверность прогноза составила 69,23 % (рис. 9).

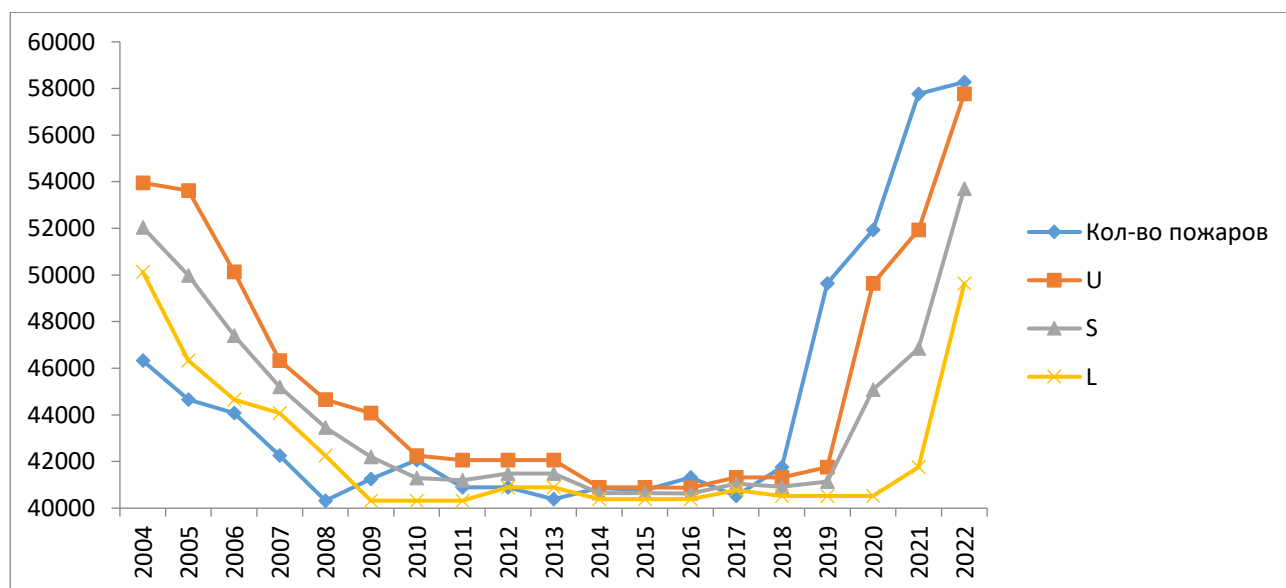


Рис. 3. Сравнение прогноза с фактом при $n = 3$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	Год	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2	Кол-во пожаров	44076	42255	40320	41255	42063	40895	40891	40388	40871	40767	41317	40528	41763	49638	51930	57766	58278
3	U	53954	53628	50133	46335	44658	44076	42255	42063	42063	42063	40895	41317	41317	41763	49638	51930	57766
4	S	49306	48852	46194	43328	42489	42198	41288	41192	41226	41226	40642	40853	40853	41146	45083	46229	49147
5	L	44658	44076	42255	40320	40320	40320	40320	40320	40388	40388	40388	40388	40388	40528	40528	40528	40528

Рис. 4. Значения индикатора Price Channel при n = 5

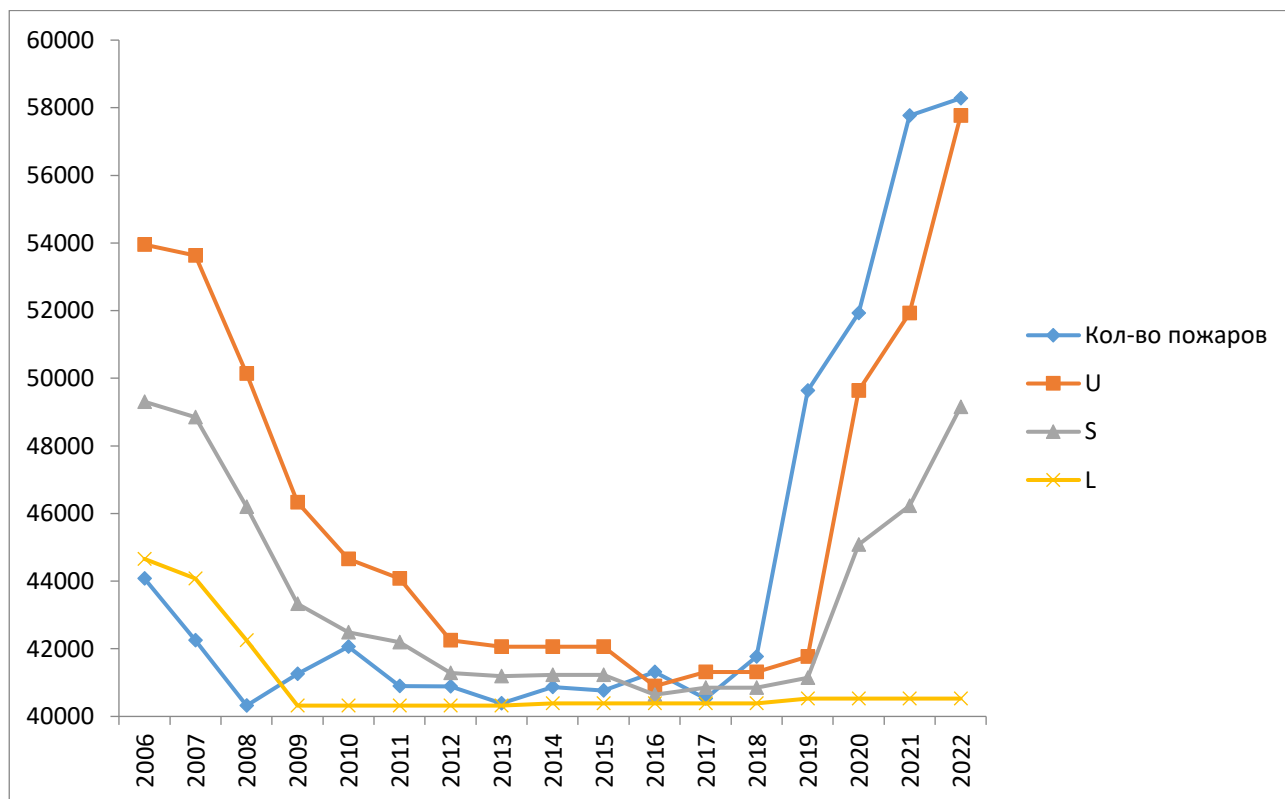


Рис. 5. Сравнение прогноза с фактом при n = 5

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2	Кол-во пожаров	40320	41255	42063	40895	40891	40388	40871	40767	41317	40528	41763	49638	51930	57766	58278
3	U	53954	53628	50133	46335	44658	44076	42255	42063	42063	42063	41317	41763	49638	51930	57766
4	S	48105	46974	45227	43328	42489	42198	41288	41192	41226	41226	40853	41076	45013	46229	49147
5	L	42255	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40388	40388	40388	40388	40528	40528

Рис. 6. Значения индикатора Price Channel при n = 7

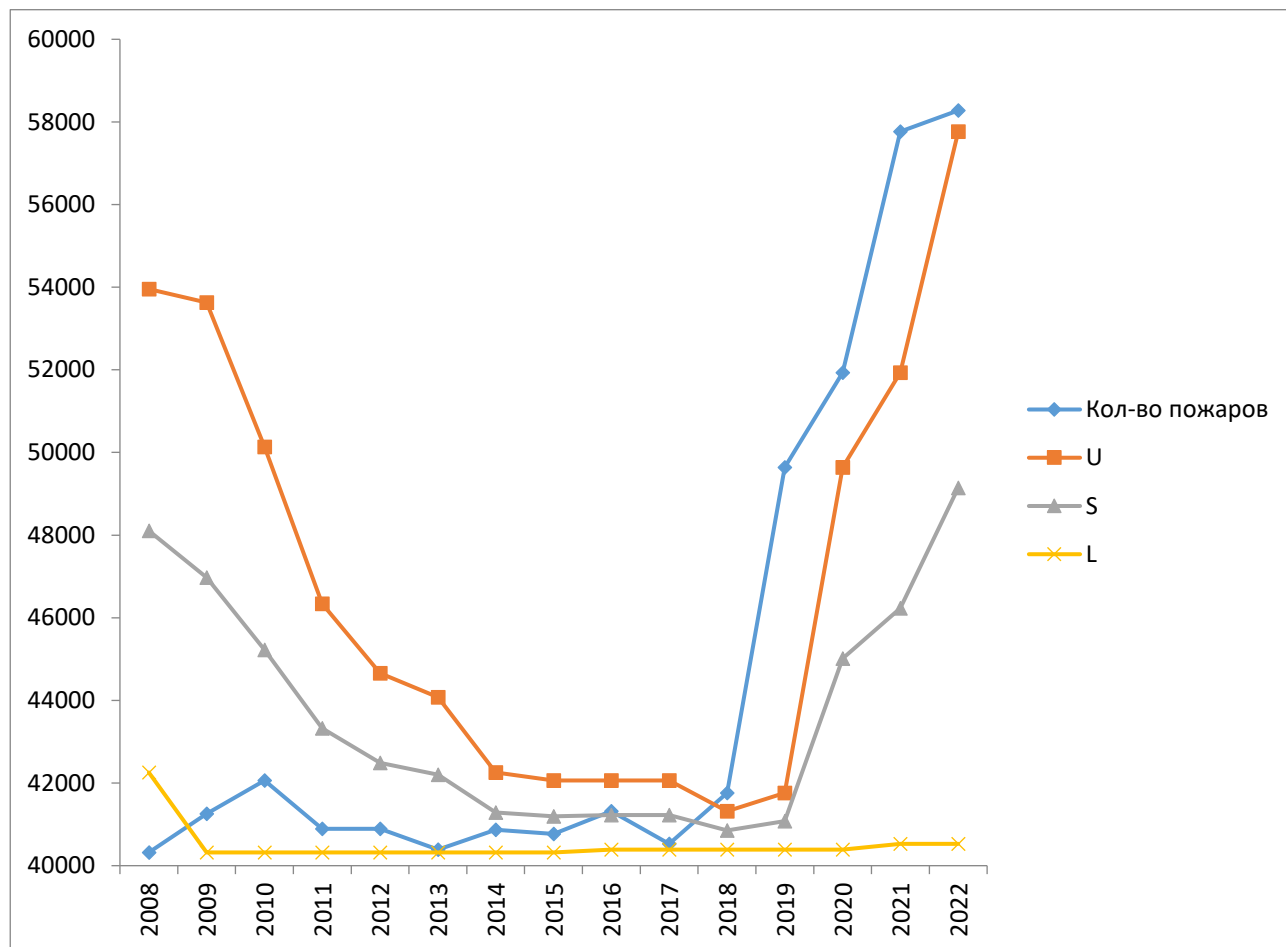


Рис. 7. Сравнение прогноза с фактом при $n = 7$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2	Кол-во пожаров	42063	40895	40891	40388	40871	40767	41317	40528	41763	49638	51930	57766	58278
3	U	53954	53628	50133	46335	44658	44076	42255	42063	42063	42063	49638	51930	57766
4	S	47137	46974	45227	43328	42489	42198	41288	41192	41226	41226	45013	46159	49077
5	L	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40388	40388	40388

Рис. 8. Значения индикатора Price Channel при $n = 9$

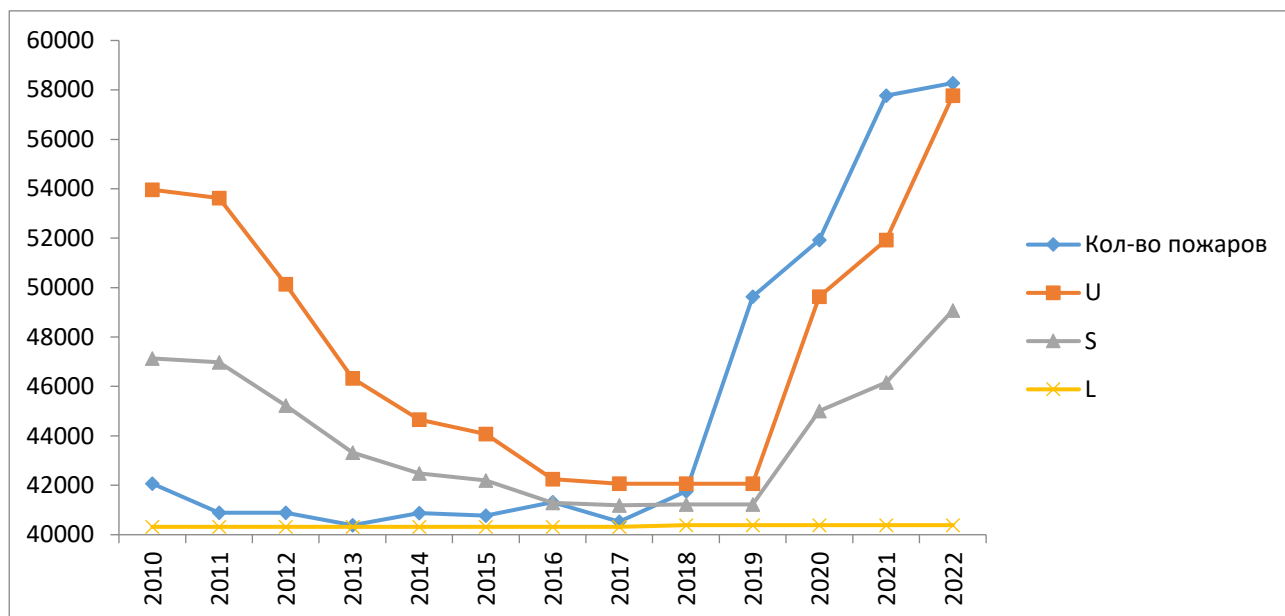


Рис. 9. Сравнение прогноза с фактом при $n = 9$

Увеличим период до $n = 11$ (рис. 10). Достоверность прогноза составила 63,64 % (рис. 11).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Год	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2	Кол-во пожаров	40891	40388	40871	40767	41317	40528	41763	49638	51930	57766	58278
3	U	53954	53628	50133	46335	44658	44076	42255	42063	49638	51930	57766
4	S	47137	46974	45227	43328	42489	42198	41288	41192	45013	46159	49077
5	L	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40320	40388	40388	40388

Рис. 10. Значения индикатора Price Channel при $n = 11$

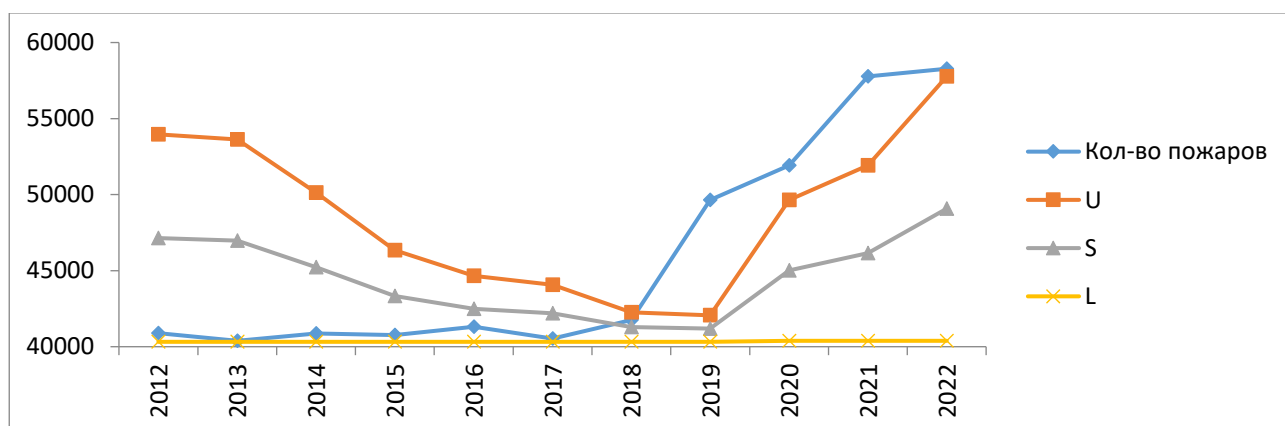


Рис. 11. Сравнение прогноза с фактом при $n = 11$

В итоге установлено, что максимальная достоверность прогноза количества пожаров, связанных с нарушением правил устройства и эксплуатации электрооборудования, с помощью индикатора Price Channel достигается при периоде расчета в 9 лет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Colby R.W. The encyclopedia of technical market indicators. NY: McGraw-Hill, 2003. 177 p.

УДК 614+311.4+51-74+519.25+519.246+336.76

И.А. Кайбичев

Уральский институт ГПС МЧС России

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ СВЯЗАННЫХ С НЕИСПРАВНОСТЬЮ ПЕЧЕЙ И ДЫМОХОДОВ С ПОМОЩЬЮ ИНДИКАТОРА MACD

Аннотация: индикатор фондового рынка MACD применен для прогноза роста или падения количества пожаров, связанных с неисправностью печей и дымовых труб. Сравнение прогноза выполненного на основании данных 2001–2022 годов с фактической обстановкой наблюдали в 57,89 % случаев.

Ключевые слова: количество пожаров, неисправность печей и дымоходов, прогнозирование, индикатор MACD

I.A. Kaibichev

FORECASTING FIRES ASSOCIATED WITH FAILURE OF STOVES AND CHIMNEYS USING THE MACD INDICATOR

Abstract: The MACD stock market indicator is used to predict the growth or decline in the number of fires associated with malfunctioning furnaces and chimneys. A comparison of the forecast made on the basis of data from 2001-2022 with the actual situation was observed in 57.89 % of cases.

Key words: number of fires, malfunction of stoves and chimneys, forecasting, MACD indicator.

Объект исследования – количество пожаров в Российской Федерации связанных с неисправностью печей и дымоходов (таблица).

Таблица. Количество пожаров в России связанных с неисправностью печей и дымоходов

Год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Кол-во пожаров	19016	19834	18898	18363	19519	19699	19191	18293	24815

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Кол-во пожаров	23703	23078	24349	21401	22494	21071	22188	20052	21754

Год	2019	2020	2021	2022
Кол-во пожаров	27008	27763	27579	25338

Вычислим статистические параметры: максимум 27763 (наблюдали 2020 году), минимум 18293 (2008 год), разброс 9470, среднее значение 22064, дисперсия 8766314, стандартное отклонение 2961. Значения ниже среднего наблюдали в 2001-2008, 2013, 2015, 2017, 2018 годах, выше среднего – в 2009-2011, 2014, 2016, 2019-2022 годах.

График временного ряда количества пожаров наглядно показывает отсутствие единого тренда (Рис. 1). Коэффициент линейной корреляции Пирсона между количеством пожаров и временным фактором, заданным номером года, равен 0,753. Это значение заметно больше 0,5, но достаточно далеко от 1. Поэтому зависимость количества пожаров от номера года может быть только нелинейной.

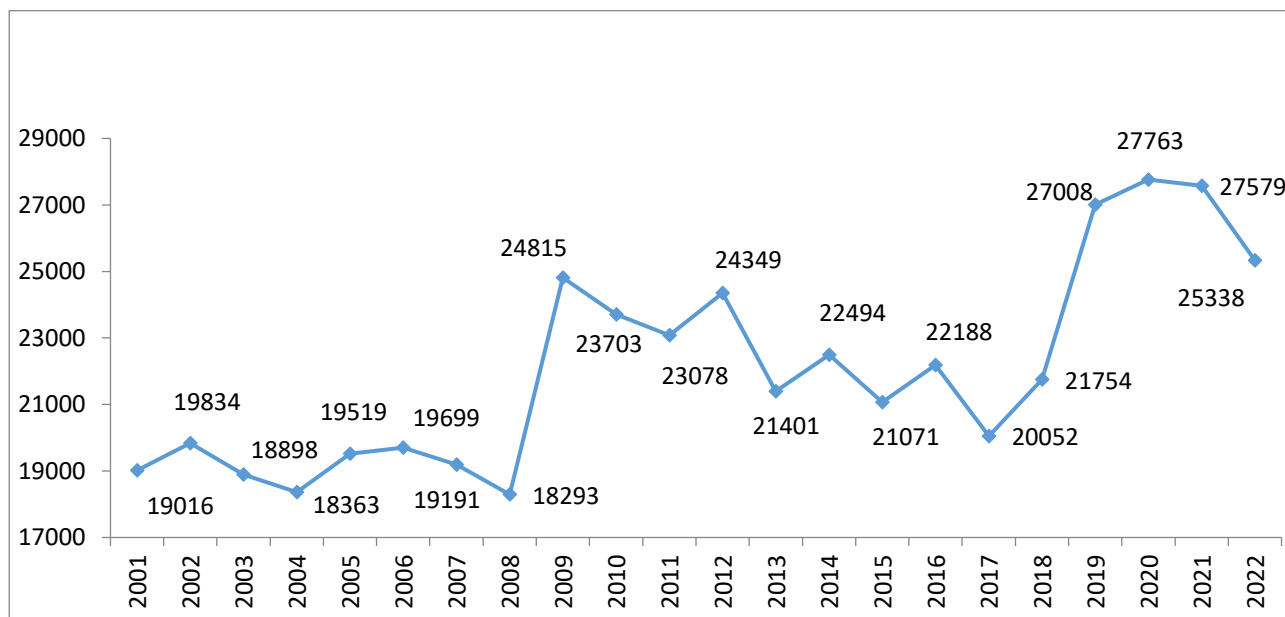


Рис. 1. График временного ряда пожаров, связанных с неисправностью печей и дымоходов

Обратим внимание на фондовый рынок, где похожие ситуации не редкость. Заметим, что на практике работы на фондовом рынке редко применяется регрессионный анализ, форма зависимости рассматриваемого показателя от фактора времени, как правило, не устанавливается.

Для прогнозирования применим известный индикатор фондового рынка – MACD [1]:

$$\text{MACD}(X) = \text{EMA}(6, X) - \text{EMA}(13, X) \quad (1)$$

$$\text{Signal}(X) = \text{EMA}(9, \text{MACD}) \quad (2)$$

Здесь $\text{EMA}(6, X)$ – экспоненциальное скользящее среднее с периодом 6, X – количество пожаров, $\text{EMA}(13, X)$ – экспоненциальное скользящее среднее с периодом 13.

Экспоненциальное скользящее среднее рассчитываем по формуле

$$\text{EMA}_n(N, X) = X * \alpha + (1 - \alpha) * \text{EMA}_{n-1}(N, X), \alpha = 2/(N + 1) \quad (3)$$

Здесь n – номер периода времени, для которого проводится вычисление, N – количество периодов при расчете сглаживания.

График индикатора MACD (рис. 2) состоит из двух линий: MACD (синяя) и Signal (оранжевая).

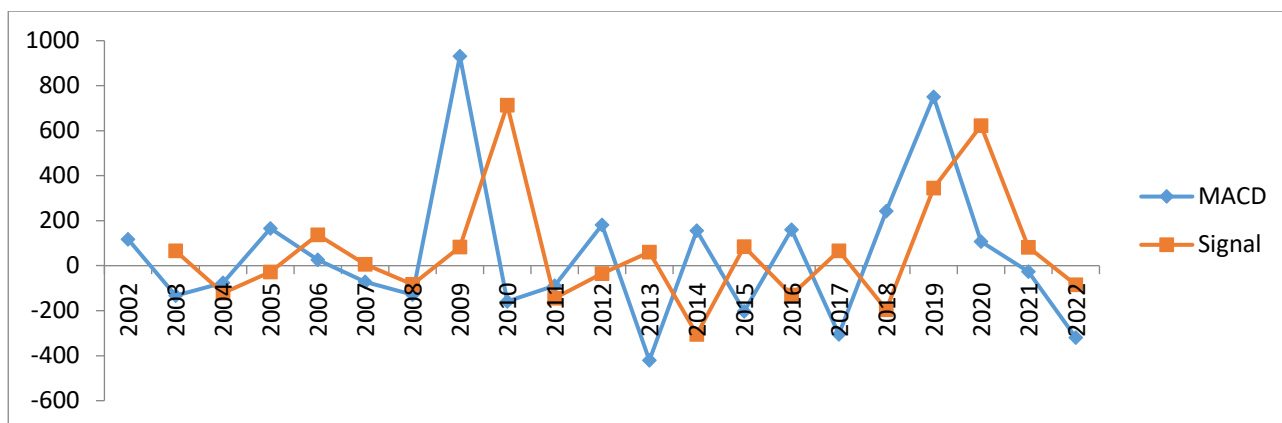


Рис. 2. График индикатора MACD

Для прогнозирования исследуемого показателя на следующий временной период рассматриваем соотношение значений MACD и Signal. Если значение MACD расположено выше уровня Signal, то в следующем временном периоде можно ожидать рост. В случае расположения MACD ниже Signal в следующем временном периоде можно ожидать спад. Поэтому для прогноза используют гистограмму на основе разности значений MACD и Signal (рис. 3).

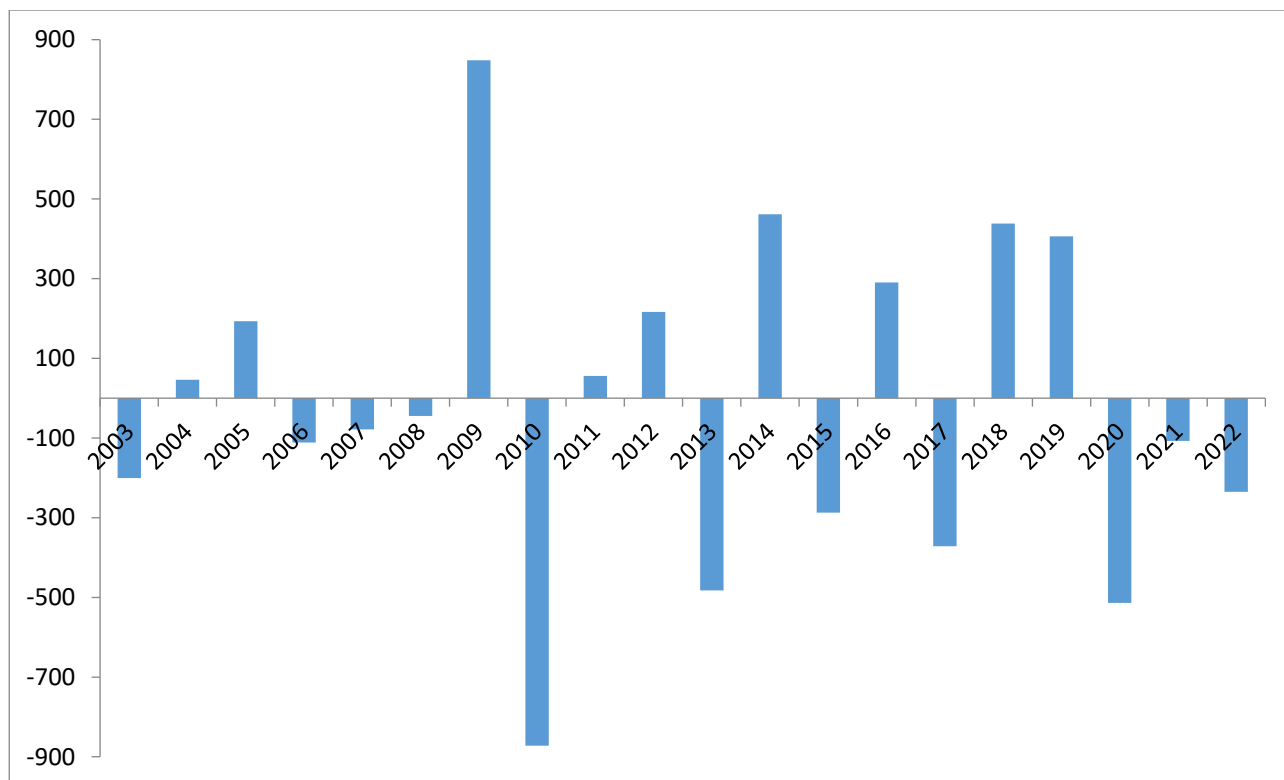


Рис. 3. Гистограмма (Histogram MACD)

Если столбец гистограммы расположен выше нулевой линии, то в следующий временной период можно ожидать рост. При расположении столбца гистограммы ниже нулевой линии – спад.

Сравнение выполненного прогноза с фактической обстановкой показало совпадение в 11 случаях из 19, что составило 57,89 % (рис. 4)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1	Год	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
2	Факт	Спад	Рост	Рост	Спад	Спад	Рост	Спад	Спад	Рост	Спад	Рост	Спад	Рост	Спад	Рост	Рост	Рост	Спад	Спад
3	Прогноз	Спад	Рост	Рост	Спад	Спад	Спад	Рост	Спад	Рост	Рост	Спад	Рост	Спад	Рост	Спад	Рост	Рост	Спад	Спад

Рис. 4. Сравнение прогноза с фактом

В итоге показана возможность применения популярного индикатора фондового рынка MACD для прогнозирования роста или падения количества пожаров, связанных с неисправностью печей и дымоходов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Colby R.W. The encyclopedia of technical market indicators. NY: McGraw-Hill, 2003. 177 p.

УДК 621.81

Д.Д. Коваленко, А.А. Покровский
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ MATHCAD ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ
КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ДЕТАЛИ МАШИН»

Аннотация: в статье рассмотрены возможности использования компьютерной программы MathCAD для выполнения инженерных расчетов при выполнении обучающимися курсового проекта по дисциплине «Детали машин». Показаны преимущества автоматизированных методов расчета механических передач, входящих в состав приводов общего назначения, используемых в пожарной технике.

Ключевые слова: компьютерная технология, MathCAD, курсовой проект, механическая передача, привод, инженерные расчеты, проектирование.

D.D. Kovalenko, A.A. Pokrovsky

APPLICATION OF THE MATHCAD PROGRAM TO IMPLEMENT
A COURSE PROJECT IN THE DISCIPLINE «MACHINE PARTS»

Abstracts: the article discusses the possibilities of using the MathCAD computer program to perform engineering calculations when students complete a course project in the discipline “Ma-

chine Parts”. The advantages of automated methods for calculating mechanical gears that are part of general-purpose drives used in firefighting equipment are shown.

Keywords: computer technology, MathCAD, course project, mechanical transmission, drive, engineering calculations, design.

Одной из первых самостоятельных работ курсантов, студентов и слушателей Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России является курсовое проектирования по дисциплине «Детали машин». Курсовой проект – это комплект технической документации, включающий аналитическую, графическую и расчетную части и представляющий собой форму отчетности по самостоятельной работе обучающегося, связанной с проведением инженерных расчетов по определенным методикам для обоснования технических решений. Курсовой проект направлен на выполнение проектирования и конструирования механических приводов машин и механизмов, применяемых в пожарной технике.

Выполнение обучающимися курсового проекта по дисциплине «Детали машин» направлено на:

- выявление и оценку знаний, умений и навыков обучающихся по различным смежным дисциплинам;
- развитие навыков и умений самостоятельной деятельности при использовании литературных, справочных и патентных материалов;
- выработку навыков творческого мышления и умение применять обоснованные решения инженерных задач;
- формирование профессиональных компетенций, связанных с будущей деятельностью, развитие практических навыков проектирования и расчетов механических передач.

Решая данные задачи, курсанты, студенты и слушатели последовательно проходят путь от выбора схемы привода через многовариантность проектных решений до его воплощения в рабочих чертежах, применяя компьютерные технологии, которые в настоящее время занимают одну из ключевых позиций в учебном процессе.

Выполнение курсового проекта, как на стадии расчета, так и на этапе выполнения чертежа общего вида привода требует от обучающихся комплекса знаний по всем ранее пройденным дисциплинам: «Начертательная геометрия. Инженерная графика», «Компьютерная графика», «Прикладная механика», «Материаловедение и технология материалов». И если при изучении данных дисциплин на лекциях, практических занятиях и лабораторных работах компьютерные технологии чаще выступали в роли повышения наглядности и информативности, то при проведении практических занятий по дисциплине «Детали машин» они являются инструментом для отработки умений и навыков проектирования деталей машин общего назначения.

Для расчета и проектирования механических приводов, используемых в пожарной технике, широкую популярность приобрела компьютерная программа MathCAD. Данная программа предназначена для решения математических задач и создания технических расчетов. Она позволяет пользователям выполнять различные операции над числами, символами, текстом, графиками и табличными данными. Программа поддерживает множество математических функций, включая арифметические операции, графические построения, решение уравнений, дифференцирование, интегрирование и многое другое. В последних версиях программы MathCAD имеются новые средства

для подготовки сложных документов, в которых предусмотрены различные опции, такие как многовариантный вызов одних документов из других, возможность блокировки отдельных частей документов, гипертекстовые переходы (рис. 1).

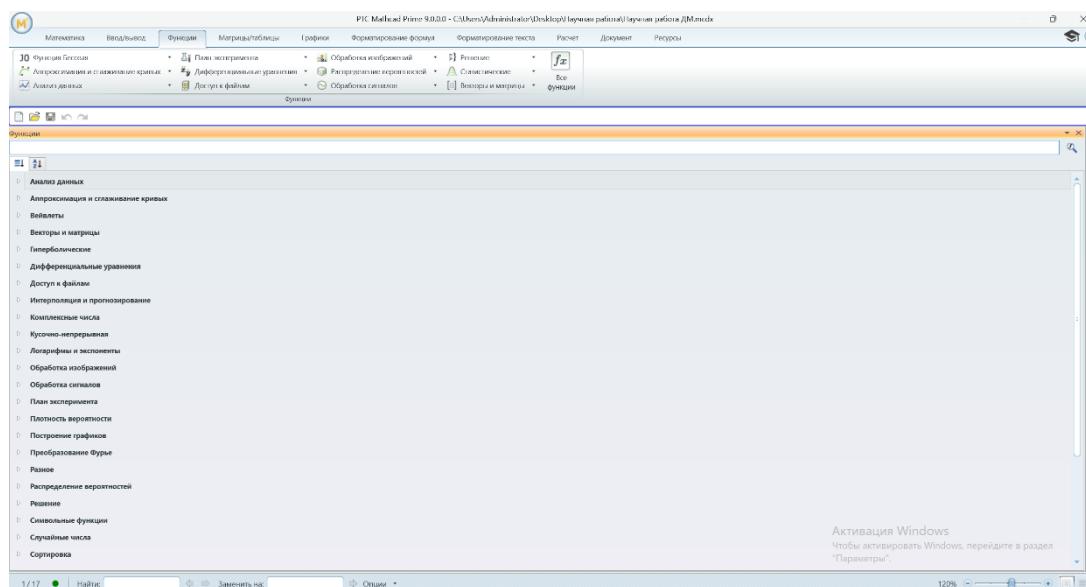


Рис. 1. Математические функции

Преимуществами программы MathCAD являются:

- отсутствие специальных навыков программирования;
- упрощение проверки сложных вычислений;
- повышение производительности и экономия времени на выполнение математических расчетов;
- документирование вычислений.
- наличие дополнительных библиотек информационного наполнения;
- удобство и наглядность справочной системы;
- достаточно простой пользовательский интерфейс.

Заданием на курсовое проектирование предусмотрен расчет и проектирование механического привода, состоящего из закрытой зубчатой или червячной передачи и открытой передачи, которая может быть зубчатой цилиндрической, зубчатой конической, фрикционной, клиноременной, цепной передачей. В качестве исходных данных заданы мощность и частота вращения выходного вала привода. В нашем случае привод шестеренчатого насоса состоит из электродвигателя, закрытой и открытой зубчатых передач.

Первым разделом курсового проекта по дисциплине «Детали машин» является кинематический расчет привода, основной целью которого является выбор электродвигателя и расчет частот вращения и крутящих моментов валов привода. Использование программы MathCAD позволяет оптимизировать расчеты, задаваясь коэффициентами полезного действия и передаточными числами передач, входящих в привод (рис. 2).

Кинематический расчет привода

1.1 Общий КПД привода

$$\eta_{12} := 0.97$$
$$\eta := 0.99$$
$$n := 2$$
$$\eta_{23} := 0.97$$
$$\eta_{\text{муфт.}} := 0.99$$
$$\eta_{\text{общ.}} := \eta_{12} \cdot \eta_{23} \cdot \eta^n \cdot \eta_{\text{муфт.}}$$
$$\eta_{\text{общ.}} = 0.913$$

1.2 Требуемая мощность

$$P_3 := 4$$
$$P_1 := \frac{P_3}{\eta_{\text{общ.}}}$$
$$P_1 = 4.381$$

1.3 Подбор двигателя

$$P := 5.5$$
$$n_{\text{дв.1}} := 2850$$

1.4 Общее передаточное число

$$n_{\text{об.3}} := 110$$
$$U := \frac{n_{\text{об.1}}}{n_{\text{об.3}}}$$
$$U = 25.909$$

1.5 Передаточное число валов

$$U_{12} := 8$$
$$U_{23} := 3.15$$
$$U_{13} := U_{12} \cdot U_{23}$$
$$U_{13} = 25.2$$

Рис. 2. Кинематический расчет привода с помощью MathCAD

Во втором разделе при расчете закрытой зубчатой (рис. 3) передачи на величину одного из основных геометрических параметров – межосевого расстояния влияет допускаемое контактное напряжение, которое в свою очередь зависит от выбора материала для изготовления зубчатых колес. Выбирая материалы с различной прочностью и твердостью зубчатых колес, а также коэффициентом ширины зубчатого венца колеса в зависимости от межосевого расстояния, коэффициентом концентрации нагрузки, коэффициентом динамичности можно добиться наиболее оптимального значения межосевого расстояния. Последующие расчеты зубчатой передачи на этапе проектного расчета связаны с выбором модуля зацепления. Выбирая модуль из стандартного ряда, можно добиться необходимых габаритных размеров зубчатой передачи для оценки ее технического уровня – относительной массы. При проведении проверочного расчета программа позволяет добиться наиболее эффективного коэффициента запаса прочности путем изменения ширины зубчатого венца колеса.

Аналогичных результатов можно добиться и при расчете открытой зубчатой передачи. Выбор материала с расчетом допускаемых изгибных напряжений, ввод различного количества зубьев шестерни и последующий расчет модуля зацепления позволяет получить различные геометрические параметры зубчатых колес. Расчет данной передачи выполняется на выносливость по напряжениям изгиба с учетом износа зубьев в процессе эксплуатации. В этом случае нет необходимости проверять выносливость поверхностей зубьев по контактным напряжениям, так как абразивный износ поверхностей зубьев предотвращает их выкрашивание от переменных контактных напряжений. Передача проектируется прямозубой.

Расчет закрытой зубчатой передачи

$$\begin{aligned}
 HB_1 &:= 230 \\
 HB_2 &:= 200 \\
 \beta_{\text{угл.накл.}} &:= 10 \quad \text{Косозубая передача} \\
 \text{Предел контактной выносливости } \delta_{Hlimb} & \\
 \delta_{Hlimb} &:= 2 \cdot HB_2 + 70 \\
 \delta_{Hlimb} &= 470 \\
 \text{Допускаемое контактное напряжение для колеса } \delta_H & \\
 K_{H\beta} &:= 1 \\
 S_H &:= 1.2 \\
 \delta_H &:= \frac{\delta_{Hlimb} \cdot K_{H\beta}}{S_H} \\
 \delta_H &= 391.667 \\
 K &:= 270 \\
 \psi_{ba} &:= 0.4 \\
 \psi_{bd} &:= 0.5 \cdot \psi_{ba} \cdot (U_{12} + 1) \\
 \psi_{bd} &= 1.8 \\
 K_{H\beta} &:= 1.3 \\
 K_{H\gamma} &:= 1 \\
 \text{Определяем межосевое расстояние } a_w & \\
 a_{wi} &:= (U_{12} + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_2 \cdot 10^3}{\psi_{ba}} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{H\gamma} \cdot \left(\frac{K}{\delta_H \cdot U_{12}}\right)^2} \\
 a_{wi} &= 125.237 \\
 \text{Стандартное значение} & \\
 a_w &:= 125 \\
 \text{Определяем модуль зацепления } m_n & \\
 m_{n1} &:= 0.01 \cdot a_w \\
 m_{n1} &= 1.25 \\
 m_{n2} &:= 0.02 \cdot a_w \\
 m_{n2} &= 2.5 \\
 \text{Стандартный ряд.} & \\
 m_n &:= 1.5
 \end{aligned}$$

Рис. 3. Расчет закрытой зубчатой передачи с помощью MathCAD

После расчета открытой и закрытой передач приступают к предварительному и проверочному расчету валов. Расчет тихоходного вала закрытой передачи начинается с выбора материала. Определяют диаметр вала под подшипник из условия его работы на кручение по заниженным касательным напряжениям. Для осевой фиксации деталей вал выполняется ступенчатым. Уточненный расчет выполняют для определения расчетного коэффициента запаса прочности в опасном сечении вала. Опасным считается сечение вала, для которого коэффициент запаса прочности имеет наименьшее значение.

Проектирование и расчет тихоходного вала закрытой передачи неразрывно связано выбором подшипников качения и их расчетом по динамической грузоподъемности (рис. 4). Динамическая грузоподъемность для радиальных и радиально-упорных подшипников определяется величиной постоянной радиальной нагрузки, которую группа идентичных подшипников с неподвижным наружным кольцом может выдерживать в течение расчетного срока службы, исчисляемого в один миллион оборотов внутреннего кольца. Расчетная формула для эквивалентной динамической нагрузки выбирается в зависимости от вида тел качения подшипника и типа воспринимаемой им нагрузки.

Определяем полные реакции в подшипниках (опорах):

$$R_C := \sqrt{R_{CZ}^2 + R_{CX}^2}$$
$$R_C = 961.795$$

$$R_D := \sqrt{R_{DZ}^2 + R_{DX}^2}$$

$$R_D = 1.192$$

Строим эпюры моментов от приложенных сил.

Плоскость YZ:

$$M_{Z1} := R_{CZ} \cdot l_2 \quad M_{Z2} := R_{DZ} \cdot l_3$$
$$M_{Z1} = 162.58 \quad M_{Z2} = -42.993$$

Плоскость XY:

$$M_{X1} := -R_{CX} \cdot l_2 \quad M_{X2} := -F_t^o \cdot l_1$$
$$M_{X1} = -4.232 \cdot 10^4 \quad M_{X2} = -9.098 \cdot 10^4$$

Определяем крутящие моменты

$$M_X := 162.58$$

$$M_Y := -9.098 \cdot 10^4$$

$$M_{max} := \sqrt{M_X^2 + M_Y^2}$$

Рис. 4. Расчет валов редуктора с помощью MathCAD

С помощью MathCAD были разработаны математические модели для решения конкретных задач, связанных с деталями машин, такие как кинематический расчет, Расчет закрытой и открытой зубчатой передачи, определение геометрических параметров и другие. Программа позволяет проводить сложные расчеты без необходимости использования дополнительных инструментов, что значительно упрощает процесс выполнения курсового проекта.

Таким образом, использование компьютерных технологий, в частности программы MathCAD, при выполнении курсового проекта по дисциплине «Детали машин» позволяет активизировать и систематизировать самостоятельную и творческую работу обучающихся. Программа является эффективным инструментом для проведения расчетов, анализа данных и представления результатов работы. Использование программного обеспечения уменьшает трудоемкость расчетов, позволяет проектировать конструкции с высокой точностью вычислений, получать оптимальные габариты и массу механической передачи. Но использование компьютерных технологий не должно исключать творческого подхода при решении инженерных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Покровский А.А., Пучков П.В., Легкова И.А. Реализация информационных технологий в преподавании профессиональных дисциплин // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2014. Т. 2. № 1 (5) С. 117-120.
2. Покровский А.А., Иванов В.Е. Реализация информационных технологий в курсовом проектировании // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2015. Т. 2. № 1 (6) С. 258-260.
3. Глебов И.А., Покровский А.А. Методы подбора и расчета подшипников качения при проектировании тихоходного вала червячной передачи // Надежность и долговечность

машин и механизмов: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 2022. С. 330-334.

4. Покровский А.А. Интерактивные методы обучения в образовательном процессе // 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, 2024. С. 80-83.

УДК 534.2:621.37

А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов

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

ОЦЕНКА МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ПОЛИМЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация: предложена методика определения модуля упругости полимерных материалов, основанная на решении задачи идентификации с использованием конечно-элементной модели образца и приведены результаты ее апробации.

Ключевые слова: динамический модуль упругости, собственная частота, конечно-элементная модель, модальный анализ.

A.B. Kolobov, F.B. Ogurtsov

ASSESSMENT OF THE ELASTIC MODULE OF POLYMERS USING FINITE ELEMENT MODELING

Abstract: a method for determining the elastic modulus of polymer materials is proposed, based on solving the identification problem using a finite element model of the sample, and the results of its testing are presented.

Keywords: dynamic modulus of elasticity, natural frequency, finite element model, modal analysis.

В настоящее время основные направления по созданию новых полимерных материалов связаны с разработкой композитов. В частности, для повышения эффективности вибро- и шумопоглощающих материалов перспективно использование многослойных полимерных структур. Для оптимального использования полимеров, ускорения и удешевления процесса разработки новых композитов необходимо использование предварительного моделирования, в том числе на базе конечно-элементных моделей материалов. Очевидно, что теоретический расчет требует априорной информации о механических свойствах материалов, в первую очередь знания модуля Юнга и коэффициента Пуассона. Однако определение этих параметров чисто экспериментальным путем для многих полимеров является затруднительным, поскольку из-за низкой механической прочности материала (например, полимеров на базе битумных смол) не удастся закрепить образец в испытательном стенде. Технически можно ис-

пытывать только композитную структуру, в которой образец материала нанесен на несущую подложку. При этом при обработке результатов эксперимента возникает проблема выделения механических свойств испытуемого материала на фоне влияния свойств подложки.

Целью работы является разработка и апробация методики определения вещественной части динамического модуля Юнга и коэффициента Пуассона по результатам испытаний композитной структуры методом резонансной кривой [1].

Исходной экспериментальной информацией в предлагаемой методике являются значения резонансных частот испытуемых структур, которые зависят от упругих свойств полимера. При наличии математической модели структуры можно получить оценку этих свойств решением задачи идентификации. При этом для выполнения условия идентифицируемости при нахождении двух механических характеристик необходимы результаты испытаний минимум двух структур, в которых напряженно-деформированное состояние полимера существенно различается. Технически наиболее просто изготавливаются структуры металл – полимер и металл – полимер – металл, в которых деформация полимера в первой структуре в основном продольная, а во второй – сдвиговая. Также необходимо точно знать все необходимые параметры металлической подложки, то есть требуется дополнительно определять резонансные частоты самого металлического основания экспериментально для уточнения модуля Юнга материала подложки.

Использование при данном подходе аналитических моделей затрудняется тем, что гипотеза плоских сечений в данных структурах не выполняется, и более целесообразно применение конечно-элементных моделей.

Поскольку жесткость подложки на несколько порядков превышает жесткость полимерного слоя, влияние упругих свойств полимера на резонансную частоту образца структуры оказывается весьма малым, то есть точность полученной оценки существенно ограничена неизбежной погрешностью определения резонансной частоты. В связи с этим на первом этапе работы было проведено предварительное исследование чувствительности и практической реализуемости методики. Были разработаны конечно-элементные модели структур и произведен расчет собственных частот при вариации модуля Юнга полимера в диапазоне 0,1–10 МПа. Пример модели представлен на рис. 1, пример результатов модального анализа – на рис. 2.

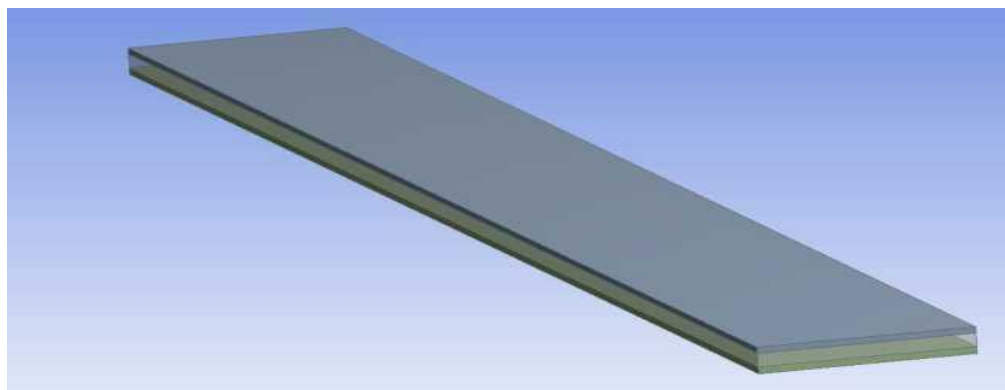


Рис. 1. Модель структуры подложка-полимер-подложка

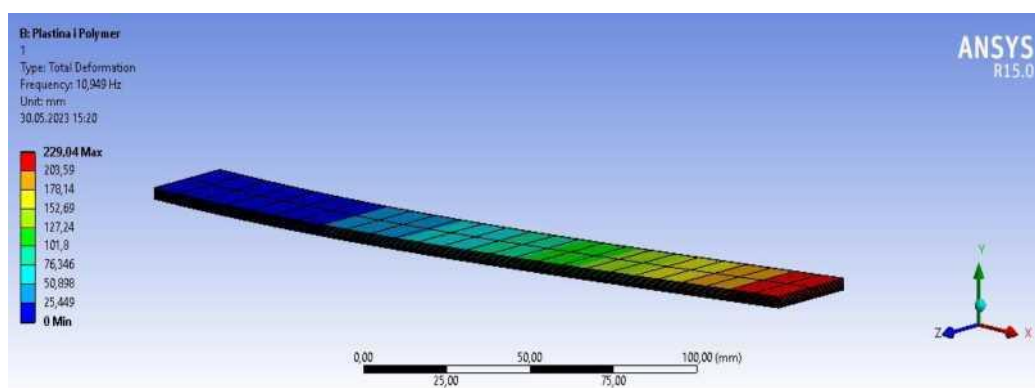


Рис. 2. Результаты расчета структуры при первой форме колебаний

В расчетах использовались следующие исходные данные: длина структуры 300 мм, ширина 25 мм, толщина подложки 1 мм, материал подложки сталь 3, плотность полимера 1000 кг/куб.м, толщина полимера 2 мм, коэффициент Пуассона принят равным 0,4. Было установлено, что наименьшее влияние модуля Юнга полимера на значение резонансной частоты имеет структура полимер-металл. Результаты расчета для этого случая приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты расчета резонансных частот структуры полимер-металл

Е полимера, МПа		10	3	1	0,3
Собственная частота, Гц	1 форма	10,903	10,892	10,889	10,888
	2 форма	68,297	68,223	68,202	68,193
	3 форма	191,36	191,15	191,08	191,03

Как видно из результатов, потенциально предлагаемая методика при заданных размерах образца позволяет дать оценку модуля Юнга полимера с точностью порядка 1 МПа при условии, что резонансная частота определяется с погрешностью не более 0,01 %.

На следующем этапе была проведена практическая апробация методики. В качестве полимера была выбрана техническая резина, поскольку ее механические характеристики были приблизительно известны по справочным данным.

Экспериментальные исследования производились по схеме согласно ГОСТ Р 56803-2015 [1].

Структура механической части испытательного стенда для случая испытания двухслойного образца представлена на рис. 3. Испытуемый образец структуры, состоящей из полимера 1 и несущей подложки 2, закрепляется консольно. Силовое возбуждение образца производилось с помощью электромагнита 3, амплитуда колебаний на конце образца измерялось с помощью бесконтактного датчика вибрации 4.

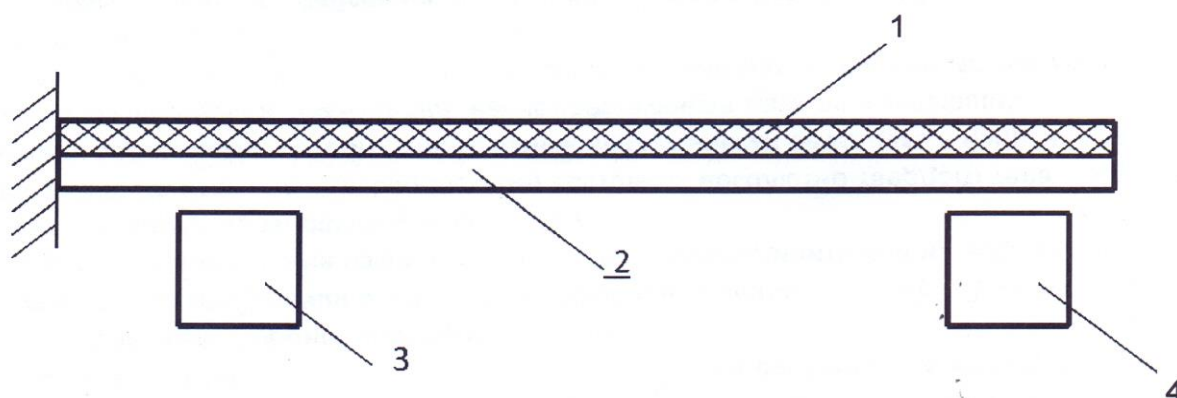


Рис. 3. Структурная схема испытательного стенда

В процессе испытаний с помощью генератора гармонических колебаний и усилителя мощности в обмотке электромагнита с постоянным подмагничиванием создавался переменный ток, и строилась зависимость амплитуды напряжения на выходе датчика 4 от частоты тока в электромагните 3 в зонах резонансов на первых трех формах колебаний. Шаг сканирования по частоте выбирался в зависимости от номера формы (от 0,005 Гц на первой форме до 0,02 Гц на третьей). Пример резонансной кривой представлен на рис. 4.

По результатам эксперимента были определены резонансные частоты подложки и двух структур. При этом обнаружена слабая зависимость значений резонансных частот от амплитуды колебаний на резонансе, то есть имеется влияние нелинейных эффектов.

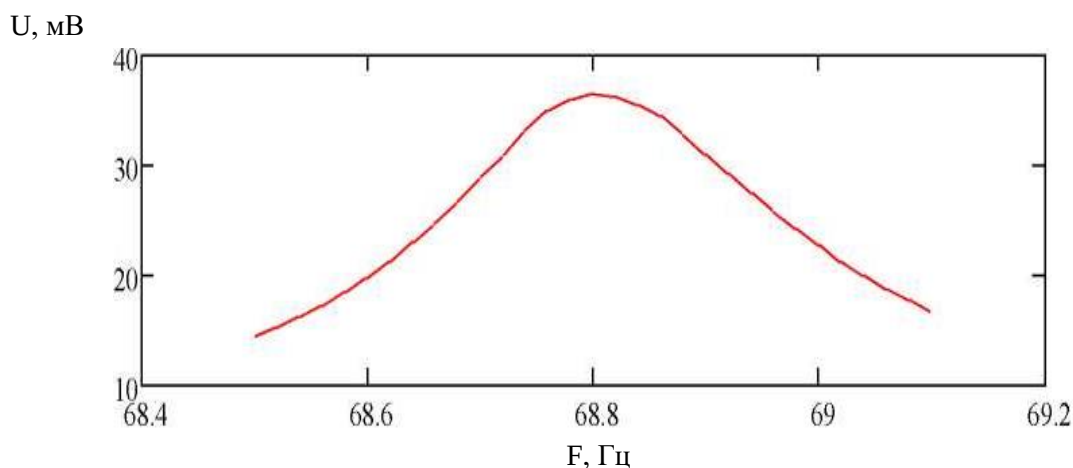


Рис. 4. Резонансная кривая структуры полимер-металл (2-я форма колебаний)

По результатам испытаний подложки было произведено уточнение модуля Юнга для используемой стали на базе аналитической модели стержня. Значения модулей на разных формах колебаний отличались примерно на 0,1 %, что может быть обусловлено различным влиянием микронеровности подложки (волнистости) при разных формах.

Далее решалась задача двухпараметрической идентификации конечно-элементной модели. В качестве целевой функции принималась сумма квадратов невязок (разности значений экспериментальных резонансных и теоретических собственных частот) для двухслойной и трехслойной структур. Соответственно, влияние диссипации на резонансную частоту на данном этапе работы не учитывалось. Варьируемыми параметрами модели были модуль Юнга и модуль сдвига материала полимера. Поиск экстремума целевой функции производился методом покоординатного спуска. Результаты расчета механических характеристик приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты расчета механических характеристик полимера

№ формы	1	2	3
Резонансная частота, Гц	9,9	78	216
Модуль Юнга, МПа	4,8	9,9	10,9
Коэффициент Пуассона	0,47	0,48	0,46

Как видно из полученных результатов, наблюдается удовлетворительное количественное совпадение полученных значений со справочными данными (значение модуля Юнга порядка 10 МПа, коэффициент Пуассона 0,47–0,48), что позволяет сделать вывод о возможности практического использования методики.

Повышение точности оценки методики возможно за счет уменьшения толщины металлического основания образца и учета диссипации в полимере в расчетах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 56803-2015. Пластмассы. Определение механических свойств при динамическом нагружении. Часть 3. Колебания изгиба. Метод резонансной кривой. Москва: Изд-во стандартов, 2015. 11 с.

УДК 658.52.011.56

В.Н. Копосов

ФГБОУВО Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕБЕСТОИМОСТИ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Аннотация: в работе проведен анализ существующих методов прогнозирования себестоимости изделий. Предложен метод прогнозирования себестоимости изделий машиностроения на ранних стадиях их проектирования с использованием нейронных сетей.

Ключевые слова: прогнозирование, себестоимость, изделие, машиностроение, ранние стадии, проектирование, нейронная сеть.

V.N. Kopusov

FORECASTING THE COST OF MECHANICAL ENGINEERING PRODUCTS AT THE EARLY STAGES OF DESIGN USING NEURAL NETWORKS

Abstracts: the work analyzes existing methods for predicting the cost of products. A method has been proposed for predicting the cost of mechanical engineering products at the early stages of their design using neural networks.

Keywords: forecasting, cost, product, mechanical engineering, early stages, design, neural network.

На ранней стадии проектирования изделия, когда закладываются его основные технико-экономические показатели и оформляются в виде технического задания на проектирование, практически делается первый шаг по обеспечению его конкурентоспособности. Одним из таких показателей является себестоимость изделия, которую точно можно рассчитать только после разработки конструкции изделия и технологии его изготовления. Но на ранней стадии проектирования, когда конструкция и технология изготовления изделия еще не разработаны, знание хотя бы с определенной точностью себестоимости изделия крайне важно. Это в конечном итоге может повлиять на принятие решения о целесообразности разработки изделия. Знание прогнозной себестоимости изделия важно и в том случае, когда исполнителю нужно договориться о сумме договора с заказчиком, который сам определил в техническом задании технико-экономические показатели будущего изделия.

Конечно, даже на ранней стадии проектирования изделия себестоимость изделия желательно знать с максимальной точностью. Но здесь возникает противоречие: информации об изделии крайне мало, а себестоимость его необходимо рассчитать как можно точнее. Известно много методов прогнозирования себестоимости изделия.

Методы экспертных оценок. Среди индивидуальных экспертных оценок в области ценообразования применяются методы интервью и анкетирования, коллективных – методы «комиссий», «мозговой атаки», «Дельфи».

Параметрические модели и методы прогнозирования. Основу параметрических методов прогнозирования себестоимости составляют количественные зависимости между затратами и основными потребительскими свойствами продукции или уровнем качества изделий в пределах параметрического ряда. Наиболее распространенными из параметрических методов прогнозирования являются следующие методы: «удельной себестоимости», «структурной аналогии», «агрегатный», «корреляционно-регрессионного анализа».

Сущность метода удельной себестоимости заключается в определении удельной себестоимости на единицу основного параметра (на основе себестоимости базового изделия и значения его основного параметра) и затем ее умножения на значение основного параметра нового изделия.

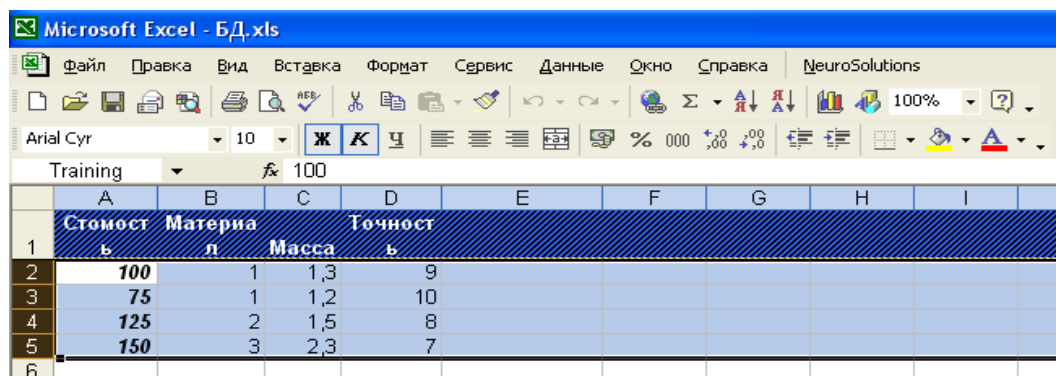
Метод структурной аналогии предполагает определение структуры себестоимости по элементам затрат, т.е. находится удельный вес материальных затрат, заработной платы и других элементов затрат в полной себестоимости продукции. Зная абсолютную величину материальных затрат, заработной платы по новому изделию и удельный вес затрат в структуре себестоимости по аналогичной группе продукции, можно рассчитать себестоимость нового изделия.

По агрегатному методу себестоимость нового изделия определяется путем суммирования себестоимости отдельных конструктивных частей или узлов изделия с добавлением себестоимости оригинальных узлов и деталей.

Метод корреляционно-регрессионного анализа считается более совершенным методом параметрического прогнозирования. Суть его заключается в построении уравнений регрессии и определении зависимости цены от влияющих на нее факторов. При этом себестоимость выступает как функция от параметров.

Несмотря на многообразие методов прогнозирования себестоимости изделий их применение вызывает определенные затруднения. Они дают слишком большую погрешность прогнозирования (даже метод корреляционно-регрессионного анализа). По мнению автора наиболее удачным методом прогнозирования себестоимости изделий будет метод, построенный на базе нейросетевых технологий. Нейронные сети – мощный метод моделирования, позволяющий точно воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. Они позволяют справиться с решением задач прогнозирования в случае большого числа переменных. Нейронные сети, реализованные на компьютере, относительно просты в использовании и не требуют от проектировщика специальных знаний, например в области математической статистики.

Перед использованием нейронной сети для прогнозирования себестоимости изделий ее необходимо «обучить». Для этого нужно сформировать множество обучающих параметров (входных и выходных). В качестве выходного параметра принимается себестоимость изделия. В качестве входных параметров были приняты материал изделия, его масса и точность обработки (рис. 1).



	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	И
1	Стоимость	Материал	Точность						
2	б	л	масса	б					
3	100	1	1,3	9					
4	75	1	1,2	10					
5	125	2	1,5	8					
6	150	3	2,3	7					

Рис. 1. Фрагмент обучающего множества

После ввода параметров формируется модель нейронной сети (рис. 2).

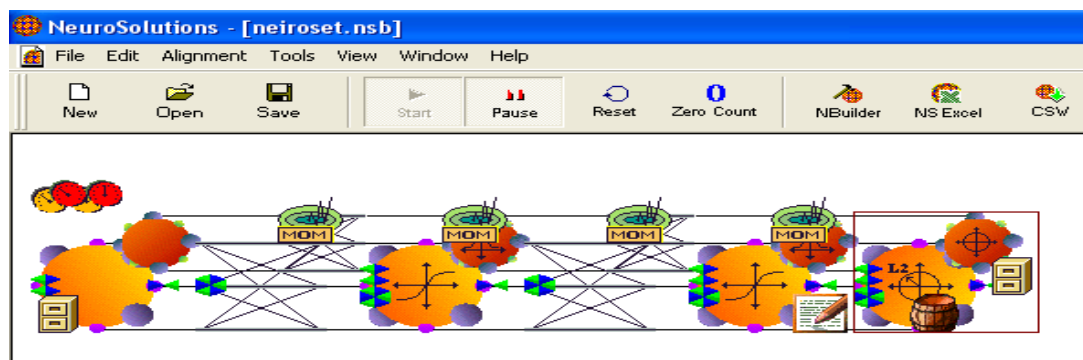
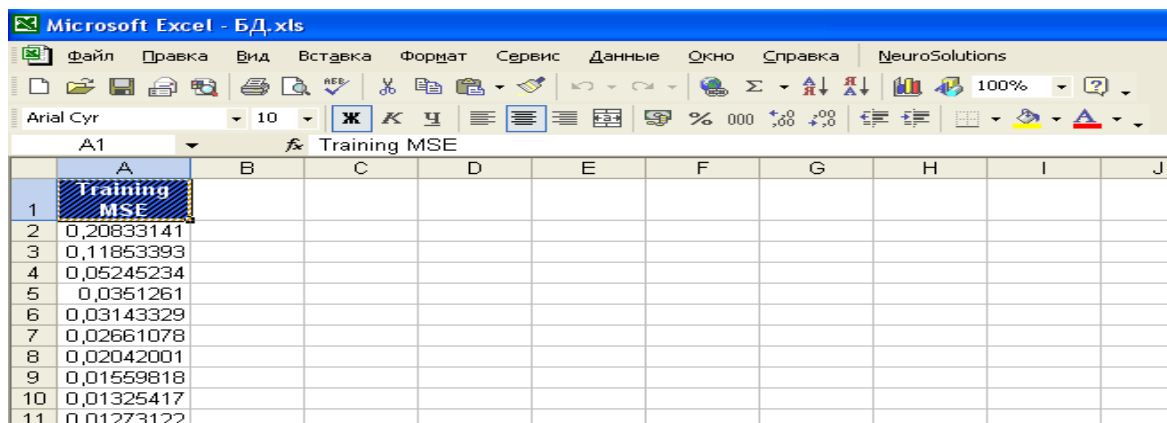


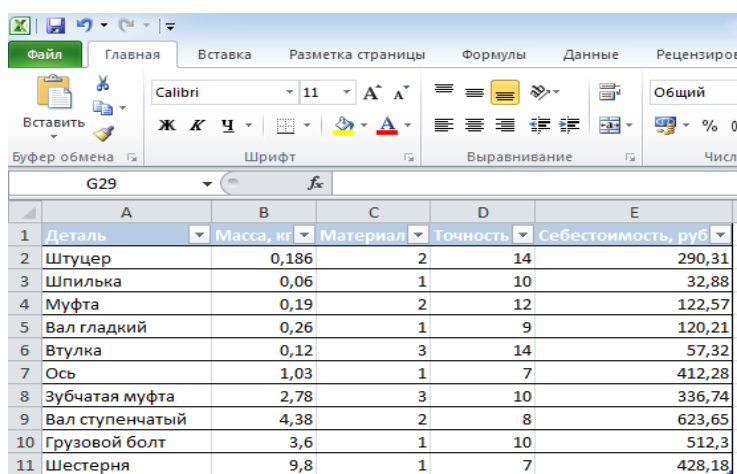
Рис. 2. Модель нейронной сети

Наша сеть обучалась в 1000 эпох (1000 раз), выводя в таблицу значение средней квадратичной ошибки каждой эпохи. Наблюдается уменьшение средней квадратичной ошибки от эпохи к эпохе. Обучение нейронной сети заканчивается, когда достигнута приемлемая среднеквадратичная ошибка (рис. 3).



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Training MSE									
2	0,20833141									
3	0,11853393									
4	0,05245234									
5	0,0351261									
6	0,03143329									
7	0,02661078									
8	0,02042001									
9	0,01559818									
10	0,01325417									
11	0,01273122									

Рис. 3. Данные о среднеквадратичной ошибке обучения



	A	B	C	D	E
1	Деталь	Масса, кг	Материал	Точность	Себестоимость, руб
2	Штуцер	0,186	2	14	290,31
3	Шпилька	0,06	1	10	32,88
4	Муфта	0,19	2	12	122,57
5	Вал гладкий	0,26	1	9	120,21
6	Втулка	0,12	3	14	57,32
7	Ось	1,03	1	7	412,28
8	Зубчатая муфта	2,78	3	10	336,74
9	Вал ступенчатый	4,38	2	8	623,65
10	Грузовой болт	3,6	1	10	512,3
11	Шестерня	9,8	1	7	428,18

Рис. 4. Результаты прогнозирования себестоимости изделий

После обучения нейронной сети ее можно использовать для прогнозирования себестоимости изделий (рис. 4).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Павлюкова Н.Л., Волкова М.Ю. Проблемы цифровизации машиностроительных производств в условиях импортозамещения // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 199.
2. Волкова М.Ю., Павлюкова Н.Л. Использование электронных средств компьютерной графики в учебном процессе // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 200.

ник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля 2022 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2022. С. 318.

УДК 621

Н.А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОЛИЛАКТИДА КАК СТРУКТУРНОГО МАТЕРИАЛА

Аннотация: статья посвящена квантово-химическому анализу полимолекулярной молекулы полилактида и определению возможного механизма старения в экстремальных условиях: высокая и низкая температуры. Компьютерный эксперимент, проведенный в приложении пакета программы Hyper Chem, даст обоснование для выявления возможного характерного поведения полимера на основании известных химических процессов, происходящих при воздействии высоких температур. С помощью методов квантовой химии определен процесс старения материалов полимерной структуры за счет энергетических воздействий, разрушающих химические связи. Предложена модель старения полилактидного полимера.

Ключевые слова: квантовый анализ, расчет полимерной молекулы, оценка старения полимера, разрушение химических связей.

N.A. Kropotova

COMPUTER RESEARCH ON THE RELIABILITY AND DURABILITY OF POLYLACTIDE AS A STRUCTURAL MATERIAL

Abstracts: The article is devoted to the quantum chemical analysis of a polymolecular polylactide molecule and the determination of a possible mechanism of aging under extreme conditions: high and low temperatures. A computer experiment conducted in the application of the Hyper Chem software package will provide a justification for identifying the possible characteristic behavior of the polymer based on known chemical processes occurring when exposed to high temperatures. Using the methods of quantum chemistry, the aging process of polymer structure materials has been determined due to energy influences that destroy chemical bonds. A model of aging of a polylactide polymer is proposed.

Keywords: quantum analysis, calculation of a polymer molecule, assessment of polymer aging, destruction of chemical bonds.

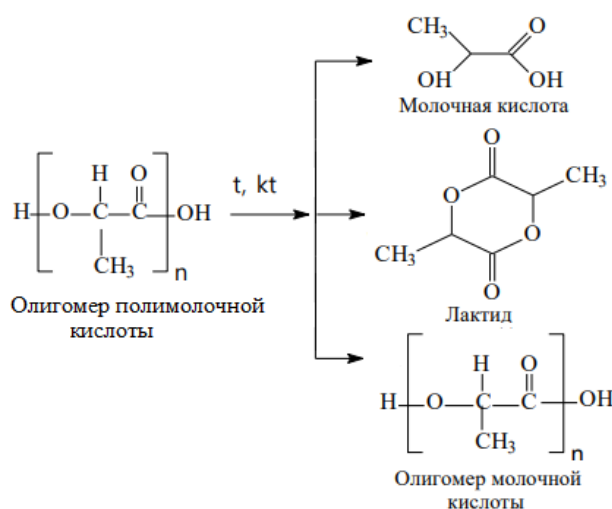
Полимерные материалы достаточно широко применяются во всех областях промышленности, производственной сферы и быту. Для 3D-печати используют разновидности полимерных материалов, одними из самых распространенных материалов являются: полиамид (ПЛА), акрилонитрилбутадиенстирол (АБС), стиролбутадиенстирол (СБС), полиэтилентерефталатгликоль (ПТЭГ), акрилонитрилстиролакрилат (АСА), поликарбонаты (ПК). Все перечисленные виды пластика относятся к термопластичному типу полимерного материала. Функциональное назначение их достаточ-

но широкое, но вот отношение к процессу разложения – разное, поскольку разные по природе химических связей и составу мономеров.

Поскольку у нас в наличии ПЛА-пластик, поэтому проводить эксперимент будем с данным материалом, а по отношению к другим проводя квантовый эксперимент можно спрогнозировать процесс старения материала в целом.

Механические свойства, связанные со старением ПЛА-пластика под воздействие различных условий вплоть до полной деструкции малоизучено. Поэтому данное исследование посвящено одной из актуальных тем на сегодня, изучение поведения материала в экстремальных условиях. К экстремальным условиям будем относить повышенную и пониженную температуры, а также воздействие водной среды с растворенными в ней солями. В зависимости от действующих внешних факторов как единично, так и в комплексе полимерные материалы подвержены старению, которое сопровождается до полного разрушения полимерного материала в целом. Известно, что для инициации процесса разрушения полимерного материала необходима энергия: света, тепла, химического взаимодействия, механического удара и многих других причин.

Как показала химико-термическая деструкция, полиламид $[C_3H_4O_2]_n$, распадается на молочную кислоту под действием невысоких температур.



Методом экструзии можно получить необходимые объекты для исследования, например, используя 3D-печать. Что касается практического использования материала, распечатанного на 3D-принтере, лабораторные показатели механических свойств достаточно сильно разнятся для используемого данного материала, например, определение ползучести полиамида (рис. 1) [1], где значение предельного напряжения составляет величину 0,1 МПа.

Отсутствие на полученных графиках исследуемых образцов точек экстремума или перегиба свидетельствует об отсутствии опасного с точки зрения прочности напряжения. Максимально достижимое значение напряжения – это его предельное значение при сжатии или при растяжении. Результаты усредненных значений предела прочности для образца с продольным наплавлением филамента составляет 55,4 МПа, для образца с поперечным наплавлением слоев – 59,1 МПа. Несмотря на выбранные различные ориентации наплавления волокон по отношению к направлению действия

нагрузки предел прочности для всех образцов носит один и тот же характер: разрушение во всех случаях хрупкое, а разброс для $\sigma_{пр}$ во всех образцах составляет менее 13 %.

Поэтому актуально провести компьютерное моделирование для обоснования процесса старения.

Различные типы полимерных материалов стареют с разной скоростью. Известно, что максимальную скорость старения имеют полимеры, состав которых содержит двойные связи – ненасыщенные полимерные материалы. Стоит предположить, что процесс старения связан с изменением кинетических параметров самого материала, основанного на изменении механической прочности. Изменение механических свойств основано на деформации материала вплоть до его разрушения, тогда стоит предположить, что молекулы, входящие в состав полимера, постоянно изменяются за счет температурных колебаний их атомов, как внутри этой молекулы, так и близлежащих атомов, входящих в полимерную цепочку. А любое случайное отклонение от стандартного состояния называется флуктуаций. Отметим, что образование подобных энергетических (тепловых) флуктуаций будет основано тем, что определит процесс деструкции полимера и его скорость в целом [1]. Механическая нагрузка, создаваемая на полимерную цепочку способная перераспределить получаемую энергию вплоть до образования радикалов. Известно, что появление радикалов в полимерной структуре способно инициировать другие химические процессы: окисление, образование разветвленных структур, обрыв полимерной цепи, соединение (сшивание) полимерных цепочек, т.д. Значит, величина создаваемого напряжения может определять величину энергетических флуктуаций, их количество, направление процесса разрушения полимерного материала. Поскольку данный вопрос малоизучен с точки зрения прогнозирования процессов старения, выполнение исследований в данном направлении считается научно-обоснованным и актуальным.

Процессы, происходящие внутри полимерного материала, за счет действия различных внешних факторов, достаточно сложные как во времени, так и по структурному составу, а тем более зависят от природы самого олигомера. Считается, что таким равновесным критерием является упругая деформация, т.е. чем больше деформация материала, тем быстрее образуются дефекты строения, ведущие к усталостным процессам, и тем меньшая стабильность и устойчивость полимерного материала к воздействию. Другими словами, чем больше воздействие экстремальных факторов внешней среды и выше концентрация радикалов, тем меньше прочность полимера. Проявляющаяся анизотропия упрочнения зависит от кристаллической решетки и структуры полимерной цепи, что обосновывает напряженно-деформированное состояние, а значит и разрушение полимерного материала в целом. Производя оценку упругости материалов на микроуровне, можно спрогнозировать старение твердых тел, а также подверженных влиянию различных экстремальных внешних воздействий.

В работе использовался метод функционала плотности (DFT) в приближении UB3LYP с расширенным набором базисных функций 6-311G+, с использованием программы HyperChem. Результаты оценок энергии (W_{max}) разрушения и предела прочности (σ_{max}) полимерной цепи до разрыва C-C связи:

- для *поли*-L-лактида: $W_{max} = 86$ ккал/моль, $\sigma_{max} = 101$ МПа
- для *поли*-D-лактида: $W_{max} = 74$ ккал/моль, $\sigma_{max} = 78$ МПа
- для *поли*-мезо-лактида: $W_{max} = 32$ ккал/моль, $\sigma_{max} = 43$ МПа

Полученные результаты позволяют сделать вывод:

- растяжение С-С связей зависит от структуры полимерных цепей и их разветвлений, а именно, чем больше полимер разветвлен, тем ниже его прочность;
- с увеличением конформационного угла уменьшается предел прочности, энергия разрушения, модуль упругости;
- разрушение радикала сопровождается энергетическом скачком вызывая деструкцию полимерной структуры материала.

При совместимости в пространстве L- и D-конформеры, при образовании радикала – инициатора цепи способствует обрыву полимерной цепочки. Получается, что подобные параметры зависят от условий и полимерной цепочки. Зависимость энергетических и прочностных параметров от повышения температуры до 300 °С также неоднозначна (рис. 1).

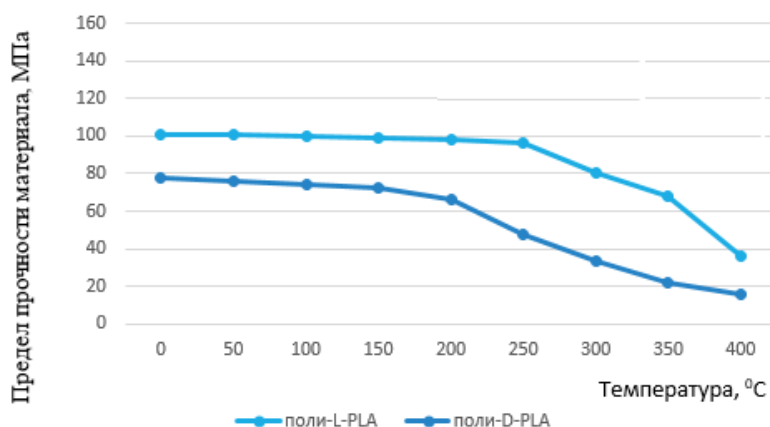


Рис. 1. Квантово-химическая термограмма предельной прочности полимерного материала

Тогда применительно к среде, создавая диэлектрическую проницаемость соответствующей для воды, можно рассчитать подобный процесс.

В работах Журкова установлена связь между долговечностью полимерного материала и его напряжением. Применяя данное соотношение [3], получаем

$$\tau = \tau_0 \cdot \frac{e^{U_0 - \gamma\sigma}}{RT} \quad (1)$$

где τ – долговечность материала; τ_0 – постоянная, близкая по значению к периоду тепловых колебаний атомов, $10^{-12} - 10^{-13}$ с; $U_0 = E' \sim E_{\text{хим.связ}} = \text{const}$ – экспериментальная константа для полимеров (соединений класса полимеров), которая не зависит от добавок, вводимых в полимер, структурно-чувствительный коэффициент γ или «активационный объем»; R – универсальная газовая постоянная; T – температура.

Температурная зависимость:

$$\tau = \tau_0 \cdot \frac{U_0 - \gamma\sigma}{kT} \quad (2)$$

Таким образом, оценили потерю массу в процентном отношении снижение молекулярной массы по отношению к первоначальной структуре от повышения температуры среды (рис. 2).

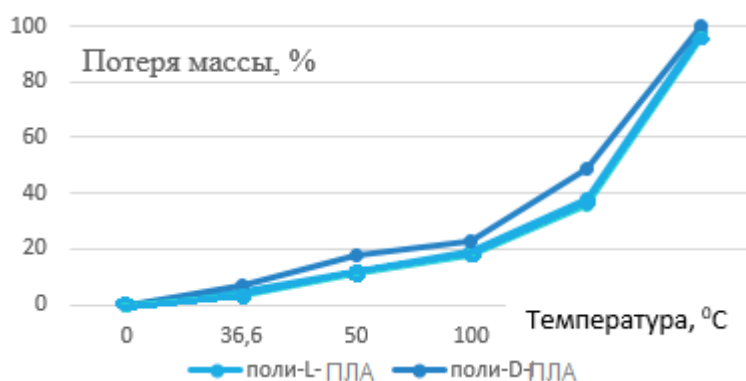


Рис. 2. Потеря массы полимерной цепи от повышения температуры среды

При основном расчете по долговечности получили, что полилактид биоразлагаем полностью в пределах до двух лет (рис. 3). Самый долговечный материал — это *поли-L-лактид* и показатели снижаются только от наличия влаги и температуры окружающей среды.

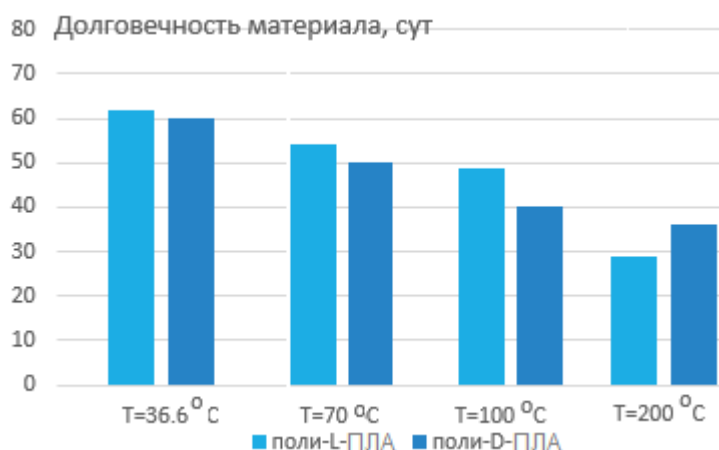


Рис. 3. Результаты расчета долговечности материала

Обосновывая результаты квантово-химического исследования, предполагаем вероятностный характер разрушения полимерных материалов [4]; снижение упругих свойств полимеров за счет энергетических скачков; производя оценку упругости материалов на микроуровне, можно спрогнозировать старение твердых тел, а также подверженных влиянию различных экстремальных внешних воздействий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов М.В., Шатров А.К. Проблемы прочности: кинетическая концепция прочности, относительность и неопределенность // Космонавтика. 2012. № 2 (2). С. 2–10.
2. Qi Chen, Auras R. Role of stereocomplex in advancing mass transport and thermomechanical properties of polylactide // Green Chemistry, 24, Issue 9, 2022. 3416-3432 pp. [Электронный ресурс]. Ресурс доступа: <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2022/gc/d1gc04520b> (Дата обращения 12.02.2024).
3. Аверина А.Е., Лаптев А.Б., и др. Применение квантово-химических расчетов для оценки процессов старения полиэтилентерефталата при воздействии климата // Испытания материалов [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://journal.viam.ru/en/system/files/uploads/pdf/2020/2020_3_6.pdf (Дата обращения 12.02.2024).

4. Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Перспективы использования 3D печати для ремонта кузова малогабаритной техники легкого класса и БПЛА // «Карбышевские чтения. Наше дело правое - победа будет за нами!»: сборник научных трудов Международной научно-практической конференции / под общ. Ред. Грошевой Л.И. в 6 т., Т.1. Тюмень: ТВВИКУ, 2023. С. 323 – 329.

УДК 778.64

М.Е.Куприянов, И.И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация: использование аддитивных технологий – это новая веха развития машиностроения, но она не идеальна и ее технологические процессы не отточены, поэтому в этой статье предложены способы повышения надежности и увеличение процента повторяемости структуры детали.

Ключевые слова: аддитивные технологии, металлические гранулы, SLM, DMLS.

M.E. Kupriyanov, I.I. Vedernikova

Ivanovo State power University named after V.I. Lenin

IMPROVING THE RELIABILITY OF PRODUCTS WITH MANUFACTURED ADDITIVE TECHNOLOGIES

Abstract: the use of additive technologies is a new milestone in the development of machine structure, but it is not ideal and its technological processes are not honed, therefore, this article suggests ways to increase reliability and increase the percentage of repeatability of the part structure.

Keywords: additive technologies, metal granules, SLM, DMLS

В производстве нередки случаи, когда невозможно изготовить требуемое изделие, используя традиционные методы обработки такие, как точение, фрезерование, строгание и другие. В этой ситуации на помощь приходят аддитивные технологии. В этой статье речь пойдет об SLM и DMLS технологиях, которые позволяют изготовить изделие специфической формы и уменьшить количество технологических операций.

Аддитивный технологический процесс – это процесс изготовления изделий, которые основан на создании физического объекта по геометрической 3D модели, созданной в различных системах моделирования графики и CAD системах, путем послойного наращивания материала.

Сложность процесса, отсутствие математической модели, которая давала бы возможность с удовлетворительной точностью рассчитать его характеристики – в частности усадку, деформации, силы, контактные давления и т. д. позволяют говорить о недостаточной степени исследования аддитивных технологий. Интересны закономерности, связывающие высоту микронеровностей и параметры накладываемого

слоя, зависимость величины усадки при образовании отверстий от толщины стенки детали и многое другое.

Некоторые разновидности аддитивных технологий, такие как: селективное лазерное плавление (SLM) и прямое лазерное спекание металла (DMLS) – в отличие от традиционных формообразующих методов начали получать массовое распространение в промышленных производственных процессах сравнительно недавно. Вышеперечисленные технологии имеют много общего: обе используют лазер для плавления подаваемых металлических гранул, сравнимых с металлическим порошком, а в последствии послойного наращивания материала.

Разница между SLM и DMLS сводится к основам процесса образования полноценных связей между атомами металла: SLM использует металлические гранулы с одной температурой кристаллизации и полностью плавит частицы, тогда как в DMLS используемый материал состоит из гранул с различными температурами кристаллизации и в некоторых случаях требует обязательная химико-термическая обработка для завершения процессов образования межатомных связей.

Как происходит 3D печать металлом SLM или DMLS. Основной процесс изготовления для SLM и DMLS очень похожи:

1. Камера, в которой происходит печать, сначала заполняется инертным газом (например, аргон), чтобы минимизировать окисление металлических гранул. Затем она нагревается до оптимальной рабочей температуры.

2. Слой металлических гранул распределяется по платформе, мощный лазер делает проходы по заданной траектории в программе, сплавляя металлические гранулы вместе и создавая следующий слой.

3. Когда процесс спекания завершен, платформа перемещается вниз на 1 слой. Далее наносится еще один тонкий слой металлических гранул. Процесс повторяется до тех пор, пока печать всей модели не будет завершена. Когда процесс печати завершен, металлические гранулы уже имеют прочные связи в структуре. В отличие от процесса SLS (выборочное лазерное спекание), детали прикрепляются к платформе через опорные конструкции (рисунок). Опора в 3D-печати металлом, создаётся из того же материала, что базовая деталь. Это условие необходимо для уменьшения деформаций, которые могут возникнуть из-за высоких температур обработки. Когда камера 3D принтера охлаждается до комнатной температуры, излишки металлических гранул удаляются вручную, например щеткой. Затем детали, как правило, подвергаются термообработке, пока они еще прикреплены к платформе. Делается это для снятия любых остаточных напряжений. Далее с ними можно проводить дальнейшую обработку. Снятие детали с платформы происходит по средствам спиливания.

В массе своей в качестве материала для 3D печати SLM или DMLS используются металлические гранулы фракциями зерна 10–25 мкм, 15–53 мкм, 45–105 мкм и 75–150 мкм. Металлические гранулы изготавливаются из нержавеющей стали, алюминия и алюминиевых сплавов, смесей кобальта и хрома, инструментальной стали, платины, титана и титановых сплавов, золота, меди, вольфрама и многих других. Для примера стоимость одного килограмма порошка (металлических гранул) VMP GH3230 китайского производства в нынешних реалиях начинается от 20–25 тысяч рублей; а более качественные западные порошки в два и более раза дороже.

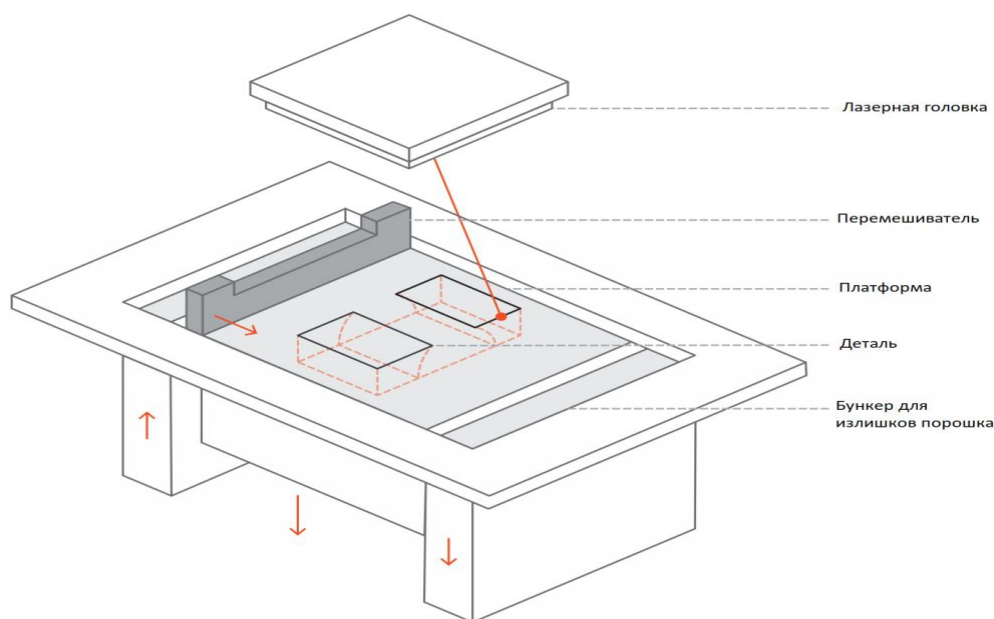


Рисунок. Схема процесса 3D печати металлом

Плюсы SLM или DMLS:

- 1) меньший удельный вес изделия;
- 2) большая прочность изделия;
- 3) почти все неиспользованные гранулы можно использовать повторно;
- 4) возможность изготавливать изделия сложной геометрии, которые невозможно получить традиционными методами;
- 5) возможность изготавливать изделия из труднообрабатываемых материалов таких, как сплавы с применением никеля и кобальта.

Минусы SLM или DMLS:

- 1) высокая стоимость оборудования и использования материала;
- 2) требование специализированных гранул;
- 3) невозможность предсказания и воссоздания полностью однородной структуры изделия (в большей степени касается DMLS), вследствие чего данные изделия не могут использоваться в качестве ответственных;
- 4) непредсказуемая пористость от 0,02–8 %;
- 5) изделия, изготовленные данным методом, быстрее накапливают усталость металла в отличие от изделий, изготовленных традиционными способами;
- 6) для изготовления изделий необходимо создавать опоры, что повышает затрачиваемое количество металлизированных гранул и увеличивает себестоимость изготовления;
- 7) невозможно за одну технологическую операцию выполнить обработку изделий.

Для повышения надежности и требуемых характеристик получаемых деталей, а также для получения возможности использовать данные изделия в качестве ответственных, предлагается несколько способов. Один из этих способов заключается в использовании специально подготовленного сердечника, полученного традиционными формообразующими методами, но подобные решения сложны в реализации из-за

сложностей в спайке материалов, имеющих различные физико-химические свойства. Впоследствии применение данных операций кратно увеличивают стоимость получаемого изделия.

Стоит отметить, что плотность готового изделия должна превышать плотность насыпных металлических гранул более чем в полтора раз, а для достижения данного эффекта необходимо применять следующие рекомендации по способам повышения надежности.

Для повышения надежности необходимо использование металлических гранул, приведенных почти к идеальной сферической форме, то есть снизить «Δ» – отклонение формы; и снижение «σ» (рассеяния гранул) фракции зерна в диапазон 5 мкм. То есть относительно идеальный вариант использовать металлический порошок, гранулы которого имеют околосферическую форму и фракция которого равна 20–25 мкм. Использование подобного материала позволяет снизить возможность возникновения пористости в готовом изделии.

Также для уменьшения остаточной пористости детали при 3D печати металлом важно использовать принтеры с виброустановками для понижения пористости и повышения насыпной плотности порошка. При недостаточной насыпной плотности металлических гранул в промежутках между частицами может сохраняться кислород, что приведет к нарушению инертности атмосферы при селективном сплавлении. При превышении уровня остаточного кислорода более 0,5 % процесс селективного сплавления может стать не стабильным с образованием оксидов.

Таким образом, SLM или DMLS технологии печати могут в ближайшее время занять свою нишу в области машиностроения, имея неоспоримые преимущества в изготовлении деталей, обладающих сложной геометрией и изготавливаемых из труднообрабатываемых материалов, которые должны обладать стабильными химико-физическими свойствами в условиях довольно тяжелой эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как работают 3D принтеры по металлу. Обзор SLM и DLMS технологий. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3dtool.ru/stati/kak-rabotayut-3d-printery-po-metallu-obzor-slm-i-dmls-tekhnologiy-additivnoe-proizvodstvo-3d-pechat-/>
2. Обзор технологий 3D-печати металлом. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ostec-smart.ru/media/publications/additivnye-tekhnologii/obzor-tekhnologiy-3d-pechat-metallami/>
3. Печать металлом. 3D принтеры по технологии SLM, DED, LMM и др. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/3d-printery/pechat-metallom-3d-printery-tekhnologii-slm-ded-lmm/>

УДК 378.147

А.Ю. Никитин, М.А. Федяшина, Л.В. Гулева, Л.В. Гребенник

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

**РЕЗУЛЬТАТЫ АНКЕТИРОВАНИЯ ПО ВОПРОСАМ ОТНОШЕНИЯ
ОБУЧАЮЩИХСЯ И ПРЕПОДАВАТЕЛЬСКОГО СОСТАВА
К ДИСТАНЦИОННОМУ ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»**

Аннотация: в статье рассматриваются проблемные вопросы, связанные с преподаванием инженерно-графических дисциплин в вузах при дистанционном формате обучения, определенные на основании опросов преподавательского состава и обучающихся.

Ключевые слова: начертательная геометрия, инженерная графика, дистанционное образование, практические занятия, трансляция рабочего стола преподавателя, анкетирование.

A.Y. Nikitin, M.A. Fedyashina, L.V. Guleva, L.V. Grebennik

**THE RESULTS OF THE SURVEY ON THE ATTITUDE OF STUDENTS
AND TEACHING STAFF TO THE DISTANCE LEARNING
OF THE DISCIPLINE «ENGINEERING GRAPHICS»**

Abstract: the article deals with problematic issues related to the teaching of engineering and graphic disciplines in universities with a distance learning format, determined on the basis of surveys of teaching staff and students.

Keywords: descriptive geometry, engineering graphics, distance education, practical classes, teacher's desktop broadcast, questionnaires.

С момента начала активного использования дистанционного формата обучения в вузах в 2020 году и по настоящее время преподавателями кафедры механики и инженерной графики Академии Государственной противопожарной службы МЧС России регулярно проводятся опросы об отношении обучающихся и преподавательского состава к дистанционному изучению дисциплины «Инженерная графика». Участниками этих опросов становились курсанты и студенты нашей Академии, а также преподаватели нашей кафедры и представители аналогичных кафедр из ряда российских вузов.

Распределение голосов опрошенных по отношению к различным форматам обучения по дисциплине «Инженерная графика» показано на линейчатой диаграмме (рис. 1). Следует отметить, что более удобным и качественным обучение в дистанционном формате считают 16 % обучающихся и 18 % преподавателей от общего числа опрошенных. Одинаково удобными оба эти формата признают 39 % обучающихся и 12 % преподавателей. Соответственно, оставшиеся – 45 % обучающихся и 70 % преподавателей – предпочитают и изучать инженерную графику, и преподавать ее в очном формате.

В следующей анкете нашим респондентам было предложено указать, с какими из проблем, возникающими при проведении практических занятий по инженерно-графическим дисциплинам в дистанционном формате, им приходилось сталкиваться. Результаты этого опроса представлены на рис. 2.

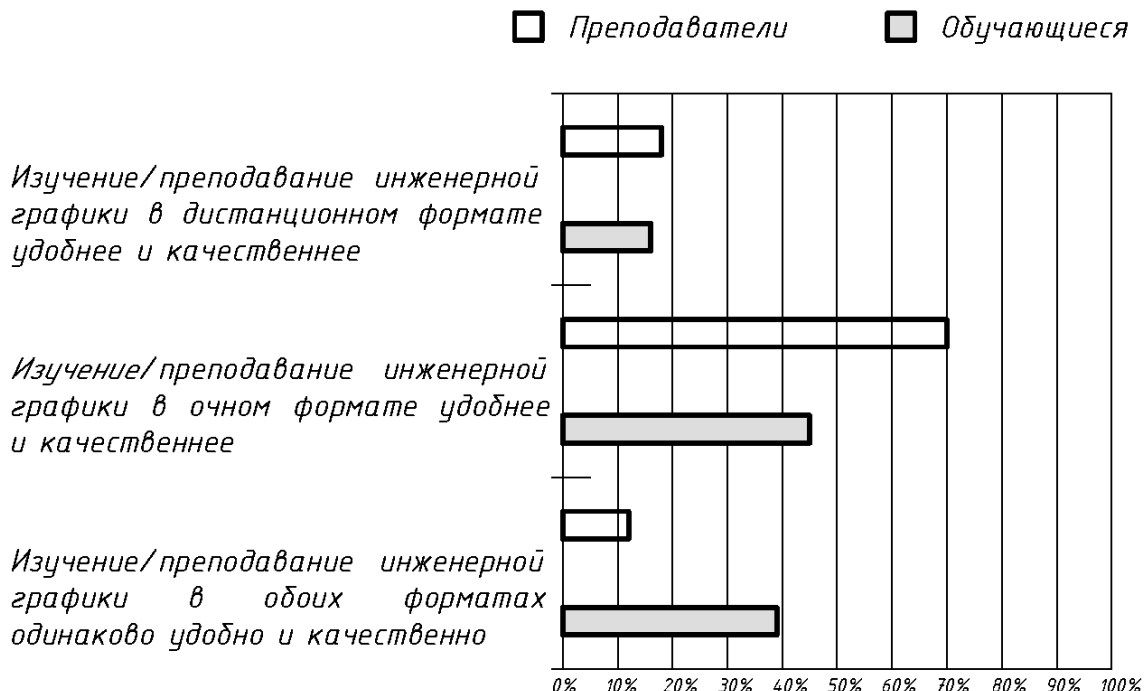


Рис. 1. Отношение обучающихся и преподавателей к различным форматам обучения

Необходимость транслировать (а со стороны обучающихся – воспринимать) графическую информацию, динамически изменяющуюся в процессе решения задачи на практическом занятии, в качестве известной проблемы отметили 46 % преподавателей и 37 % обучающихся. Причем стоит обратить внимание, что у преподавательского состава в период начала активной дистанционной работы в 2020 году результаты опросов по данному пункту показывали совсем другую картину – до 80 % преподавателей не в полной мере представляли себе, как чисто технически организовать для обучающихся возможность удаленно наблюдать за решением графических задач преподавателем в реальном времени. И только после того, как была использована и отработана на практике дистанционная трансляция рабочего стола преподавателя, данная проблема стала гораздо менее актуальной. Функция трансляции рабочего стола имеется как в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС), так и во многих других программных ресурсах, предназначенных для проведения вебинаров. «Вебинары как вид урока сейчас находятся в тренде. Они позволяют объяснять материал сразу группе учеников и отвечать на вопросы в режиме реального времени, что ускоряет обучение и экономит силы преподавателя» [1].

В настоящий момент основным фактором, который может вызывать у преподавателей и обучающихся сомнения в успешной реализации трансляции графической информации, динамически изменяющейся в процессе решения задачи на практическом занятии, является вероятность выхода из строя необходимого технического оборудования, либо неверная настройка этого оборудования или программного обеспе-

чения. Значительная часть как преподавательского состава, так и обучающихся имеет сомнения, что своевременно сможет самостоятельно или с чьей-либо помощью справиться с возможными техническими неполадками, если они будут обнаружены в используемом оборудовании незадолго до начала занятия, а также возникнут непосредственно во время его проведения.

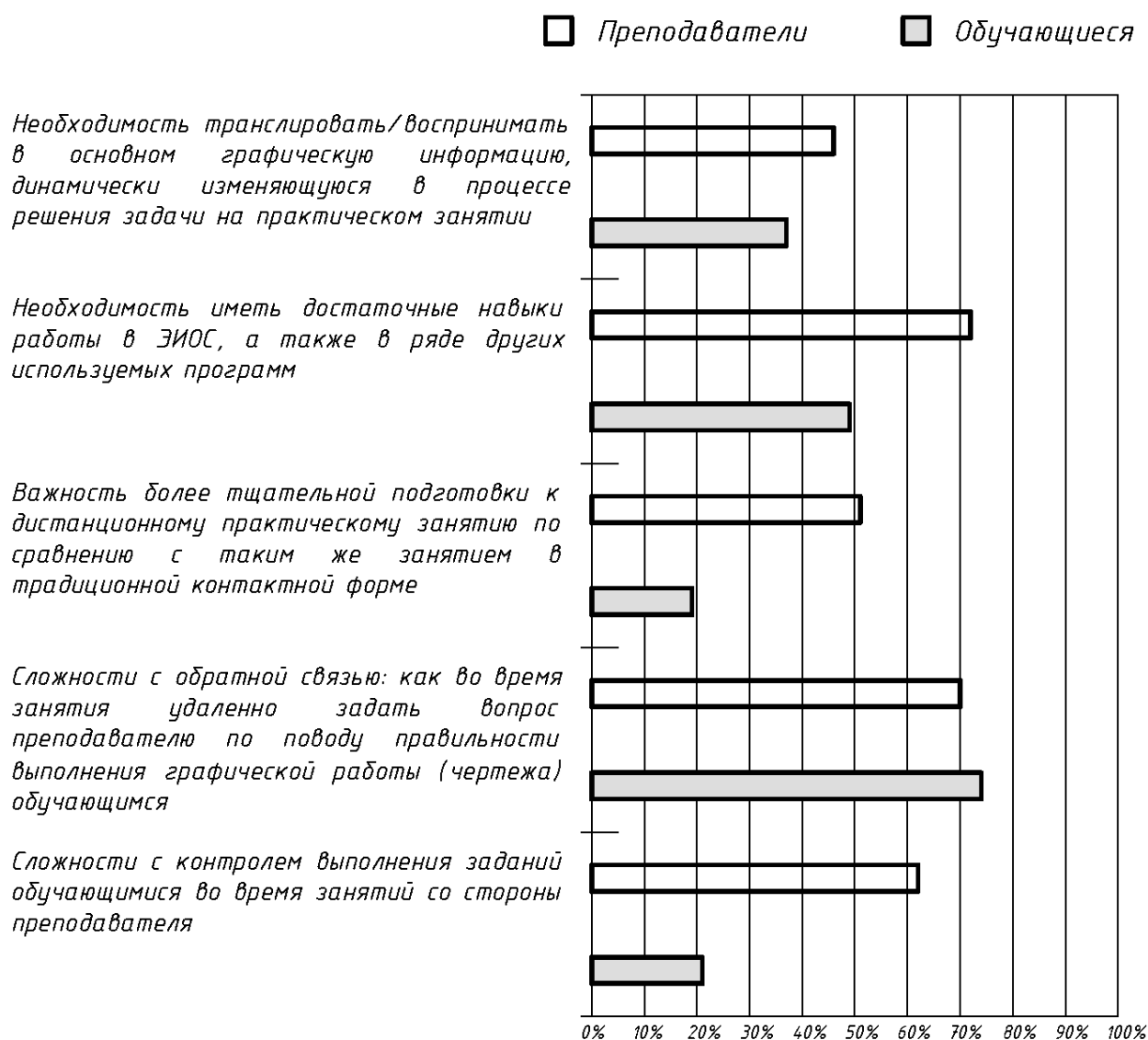


Рис. 2. Проблемы, возникающие при проведении практических занятий по инженерно-графическим дисциплинам в дистанционном формате в вузах

Еще одним аспектом, который добавляет определенные сложности для восприятия графической информации обучающимися на практических занятиях по инженерно-графическим дисциплинам в дистанционном формате, является неудачный выбор оборудования для подключения к видеоконференции. В настоящий момент наши обучающиеся чаще всего просматривают дистанционные занятия на смартфонах. Размер диагонали экрана таких устройств в среднем в 2023–2024 г составляет около 6–7 дюймов (15–18 см) [2]. Для многих учебных дисциплин такого экрана вполне достаточно для комфортного и качественного отображения презентаций, видеороликов

и прочего учебно-методического материала, демонстрируемого преподавателем по изучаемой теме. Но именно в отношении инженерной графики в большинстве случаев экран смартфона оказывается слишком мал для того, чтобы на нем можно было с приемлемой степенью детализации отобразить графические построения на чертеже, особенно, если этот чертеж большого формата либо имеет высокую концентрацию линий на относительно небольшой площади. По этой причине нашим обучающимся рекомендуется подключаться к дистанционным занятиям посредством ноутбуков, стационарных компьютеров с монитором, телевизоров с функциями Smart TV, в крайнем случае планшетов. Однако, как показывает практика, это не всегда возможно.

Следующая проблема, рассмотренная в анкете, связана с необходимостью иметь достаточные навыки работы в электронной информационно-образовательной среде. Кроме того современные преподаватели и обучающиеся должны уметь пользоваться целым комплексом программ, нужных для качественного обеспечения учебного процесса со стороны преподавателей и полноценного участия в этом процессе со стороны обучающихся. 72 % представителей преподавательского состава отмечают, что имеют сложности по данному пункту. У обучающихся эта проблема менее актуальна, сталкивались с ней 49 % опрошенных. Объясняется такое распределение процентов тем, что обучающиеся как представители в основном гораздо более молодого поколения, чем преподаватели, практически с детских лет существуют в цифровой среде, и использование различных гаджетов, социальных сетей, мессенджеров и прочего ПО для них является делом привычным и обыденным.

Далее респондентам было предложено высказать свое отношение к вопросу важности более тщательной подготовки к дистанционному практическому занятию по сравнению с проведением такого же занятия в традиционной контактной форме. Причем требование это относится ко всем участникам занятия. Снова преподавателей, знакомых с такой проблемой, оказалось больше, чем обучающихся, – 51 % против 19 %. Несомненно, подготовка и проведение практического занятия в дистанционном формате требует от преподавателя больше усилий и ответственности, чем от обучающихся, что и иллюстрирует полученное соотношение процентов.

Четвертый пункт анкеты показал почти одинаковые результаты для обеих сторон участников опроса – 70 % у преподавательского состава и 74 % у обучающихся. И те и другие в равной мере сталкивались со сложностью в реализации обратной связи на практическом занятии по инженерно-графическим дисциплинам в дистанционном формате. Во время удаленного занятия задать вопрос преподавателю обучающийся может либо голосом с помощью микрофона (если преподаватель активировал такую функцию) либо текстом в чате. Ни один ни другой способ не даст возможности преподавателю увидеть графические построения, выполненные обучающимся, соответственно для того, чтобы оценить правильность хода решения графической задачи, нужно искать какие-то новые варианты взаимодействия между участниками учебного процесса на практическом занятии по инженерной графике.

Вопрос, поднятый в последнем пункте анкеты, частично связан предыдущим. Респондентам было предложено оценить сложности с контролем выполнения графических заданий обучающимися во время занятий со стороны преподавателя. Как уже было упомянуто выше, обмен индивидуальными графическими построениями в реальном времени на дистанционном занятии затруднен, что в итоге мешает преподавателю полноценно оценить правильность решения графической задачи обучающимся.

Кроме того, если даже преподаватель каким-либо образом все-таки получил для проверки цифровую копию задачи обучающегося, нет практически никакой возможности определить, самостоятельно ли он решал эту задачу. 62 % представителей преподавательского состава отметили важность этой проблемы, в то время как со стороны обучающихся с ними согласны только 19 %.

Третья анкета содержала вопрос «какие элементы дистанционного образования целесообразно применять в очной форме обучения». На рис. 3 представлены результаты этого опроса. В данном случае мы не разделяли ответы по категориям «обучающийся» и «преподаватель», хотя по отдельным моментам различные представленные стороны имели существенные различия во взглядах.

Выдачу заданий онлайн положительно оценили 46 % респондентов; возможность осуществлять контакты между преподавателями и обучающимися в онлайн-формате для консультаций, сдачи и защиты работ приветствуют 50 %; проведение онлайн-тестирования считают целесообразным 65 %; свободный доступ к электронным версиям образовательного контента – 70 %.

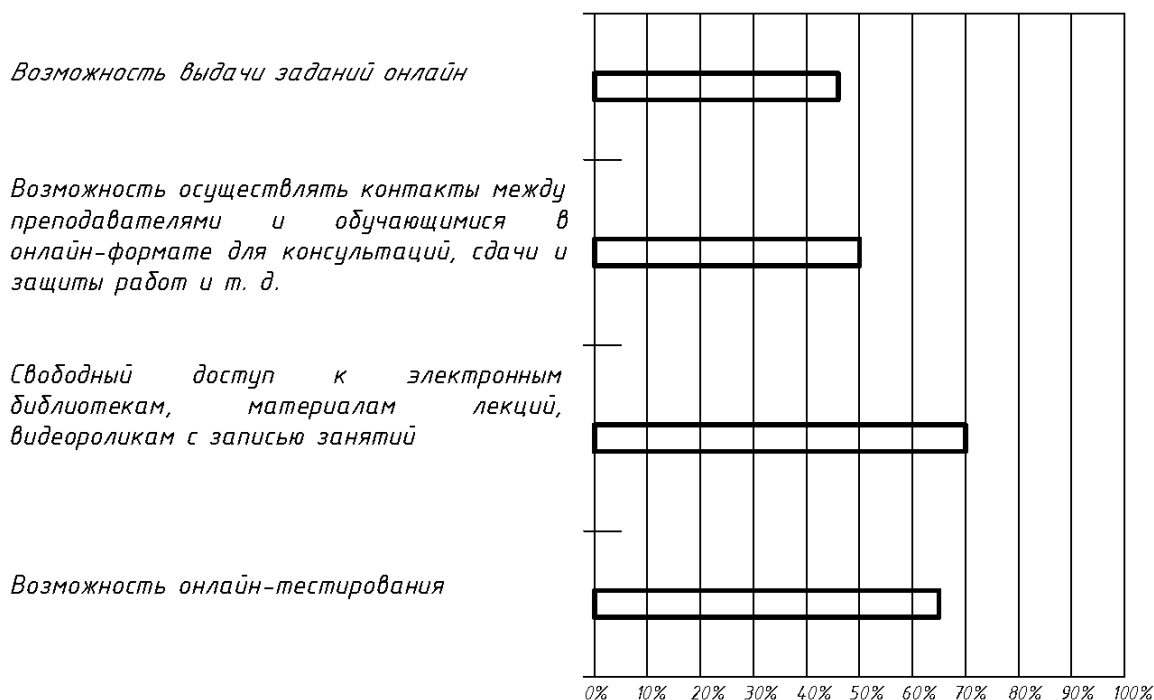


Рис. 3. Возможность использования элементов дистанционного обучения в очной форме

«В настоящее время использование дистанционных образовательных технологий в рамках дисциплины ИиКГ (инженерная и компьютерная графика), как часть общего учебного процесса в дистанционной форме обучения успешно прошло апробацию, но совершенствование, изменения и дополнения курса должны происходить постоянно» [3]. Не вызывает сомнений, что ряд элементов, изначально присущих дистанционному формату образования, необходимо применять и в классическом контактном обучении для повышения качества образовательного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные виды дистанционного обучения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://antitreningi.ru/info/e-learning/sovremennye-vidy-sdo/> (Дата обращения: 25.01.2024).
2. Названы средние размеры экранов продаваемых в России смартфонов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2023/07/11/razmery> (Дата обращения: 29.01.2024).
3. Опыт использования дистанционных образовательных технологий в рамках дисциплины «Инженерная и компьютерная графика». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://research-journal.org/archive/9-123-2022-september/10.23670/IRJ.2022.123.6/> (Дата обращения: 06.02.2024).

УДК 004.92

С.А. Никитина

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ NANOCAD В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Аннотация: в статье рассматривается вопрос использования в учебном процесс систем автоматизированного проектирования (САПР) в рамках изучения графических дисциплин в вузе. Приводятся основные требования при выборе САПР, необходимые для внедрения в учебный процесс. Обосновываются преимущества САПР nanoCAD при переходе на отечественный программный продукт. Рассматриваются существующие подходы в преподавании компьютерной графики. На примере выполненных студентами в nanoCAD графических работ по темам «Проекционное черчение» и «Аксонметрические проекции» обосновывается возможность и эффективность параллельного изучения графических дисциплин и компьютерной графики.

Ключевые слова: компьютерная графика, система автоматизированного проектирования (САПР), nanoCAD, учебный процесс, графические дисциплины, начертательная геометрия и инженерная графика.

S.A. Nikitina

APPLICATION OF THE NANOCAD PROGRAM IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Abstract: The article discusses the issue of using computer-aided design (CAD) systems in the educational process as part of the study of graphic disciplines at the university. The basic requirements for the selection of CAD necessary for implementation in the educational process are given. The advantages of nanoCAD CAD in the transition to a domestic software product are substantiated. The existing approaches in teaching computer graphics are considered. Using the example of graphic works performed by students at nanoCAD on the topics of "Projection drawing" and "Axonometric projections", the possibility and effectiveness of parallel study of graphic disciplines and computer graphics are substantiated.

Keywords: computer graphics, computer-aided design (CAD) system, nanoCAD, the learning process, graphic disciplines, descriptive geometry and engineering graphics

Современное развитие науки и техники диктует определенные требования к подготовке специалистов инженерно-технического профиля, которое сегодня невозможно представить без изучения компьютерной графики.

Во всех технических вузах «Инженерная и компьютерная графика» является одной из учебных дисциплин общепрофессионального цикла.

Традиционно обучение графическим дисциплинам происходит на первом курсе, когда закладываются базовые, общепрофессиональные компетенции будущих инженеров, в процессе изучения дисциплин математического и общетехнического циклов, а затем закрепляются на специальных дисциплинах, курсовом и дипломном проектировании.

Компьютерная графика при изучении графических дисциплин становится новым, прогрессивным, удобным инструментом создания чертежей и другой конструкторской документации и неотъемлемой частью графической подготовки будущих специалистов [1].

Различные подходы в преподавании компьютерной графики существуют, но выделим из них два:

- первый – когда изучение компьютерной графики как заключительной части курса инженерной графики. В этом случае компьютерная графика является отдельным разделом, в котором изучают технику выполнения чертежа с использованием «электронного карандаша»-компьютера;

- второй – когда обучение инженерной и компьютерной графики организовано параллельно, когда сочетается ручное и компьютерное выполнение чертежей для обеспечения графической грамотности будущих специалистов [2].

Выбор параллельного изучения начертательной геометрии и инженерной графики с компьютерной графикой обусловлен еще и дефицитом учебного времени, отводимого на изучение графических дисциплин, и является наиболее эффективным процессом обучения. При этом, работа на компьютерах должна быть построена так, чтобы студент не просто изучал графический пакет, но и продолжал изучение начертательной геометрии и инженерной графики, но другими средствами [3].

До введения санкций против России во многих вузах страны в учебном процессе для изучения систем автоматизированного проектирования (САПР) использовались такие зарубежные САПР, как AutoCAD, ArchiCAD, SolidWorks и т.д.

Однако, с уходом ряда зарубежных компаний с отечественного рынка, в том числе и компании Autodesk, возникла необходимость внедрения в учебный процесс отечественных графических программ, позволяющих решать те же задачи, что и ранее используемые зарубежные САПР.

При внедрении в учебный процесс графических программ необходимо учитывать ряд основных требований:

- 1) продукт должен быть конкурентноспособным и легко осваиваемым;
- 2) продукт должен обеспечивать современную технологию получения чертежей «3D-модель - 2D-модель - 2D-чертеж» и учитывать наличие отечественных стандартов ЕСКД;
- 3) стоимость продукта для конечного потребителя должна быть значительно ниже зарубежных аналогов [4].

Всем вышеперечисленным требованиям соответствует программа nanoCAD, которая содержит все необходимые инструменты для проектирования и сопровождения изделий различной сложности, позволяет использовать готовые проекты, разработанные в САПР, использующие данный формат, в том числе и в САПР AutoCAD, осуществлять взаимообмен файлами, имеющими расширение .dwg, поддерживает стандарты ЕСКД.

NanoCAD – это САПР, разработанная российской компанией АО «Нанософт» (начало разработки 2008 год).

NanoCAD представляет собой векторный редактор, который в настоящее время работает под Windows. Интерфейс nanoCAD во многом совпадает с элементами интерфейса САПР AutoCAD, что также является одним из важных факторов при выборе этого программного продукта, кто ранее работал в системе AutoCAD.

Программа использует ядро Teigha, состоящее из набора программных библиотек, разработанных союзом (международным консорциумом) Open Design Alliance (ODA), имеет простой и привычный интерфейс. Использование формата данных .dwg позволяет интегрировать решения на основе nanoCAD практически с любыми САПР [5].

Так как принцип работы САПР nanoCAD схож с принципом работы системы AutoCAD, это позволяет легко адаптироваться при переходе на работу в nanoCAD. На платформе nanoCAD используются стандартные методы проектирования, позволяющие перейти от примитивов к чертежу, при этом универсальность платформы позволяет использовать её для разных сфер российского производства. Функциональность платформы обеспечивается её модульной структурой: «СПДС», «Механика», «3D», «Топоплан», «Растр» и «Организация».

Существенным плюсом данного САПР является и тот факт, что система может быть использована студентами на безвозмездной основе в ходе учебного процесса.

Руководствуясь вышеперечисленными требованиями в 2022-2023 учебном году НИУ МГСУ перешло на обучения студентов с графической программы AutoCAD на графическую программу nanoCAD в рамках изучения дисциплины «Инженерная и компьютерная графика».

В основе методики обучения компьютерной графики лежит способ параллельного изучения начертательной геометрии, инженерной графики и графического редактора.

Начиная с первого этапа изучения дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» – раздела начертательной геометрии, студенты, знакомясь с базовыми методами получения изображений на плоскости, учатся способам решения пространственных геометрических задач при помощи САПР nanoCAD и одновременно приобретают навыки и умения работы в данной графической программе.

При выполнении графических работ, которые обучающиеся выполняют только с применением САПР nanoCAD, как на практических занятиях, так и в самостоятельной работе, они таким образом, закрепляют теоретические знания по всем разделам дисциплины и постепенно изучают графический редактор.

На примерах, представленных на рис. 1–3, показано, как изучение раздела инженерной графики по темам «Проекционное черчение» и «Аксонметрические изображения» отражается в выполнении графических работ посредством графического редактора в качестве инструмента.

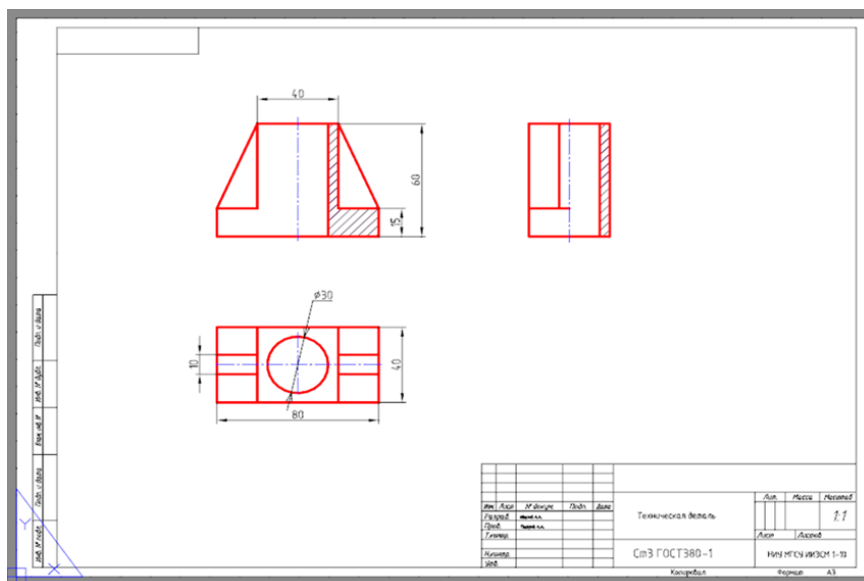


Рис. 1. Пример выполнения графической работы по проекционному черчению с помощью программы panCAD

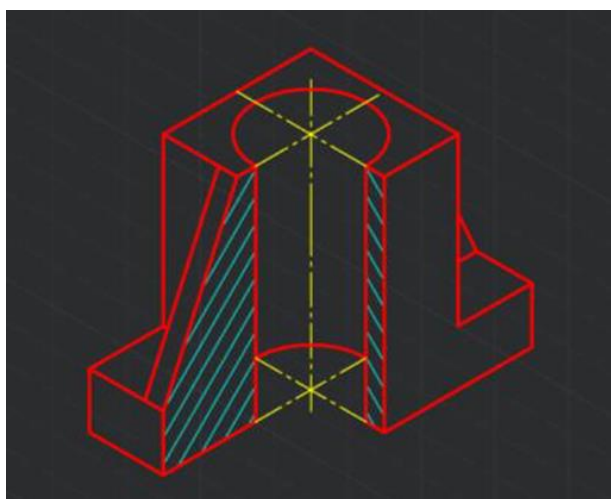


Рис. 2. Пример построения модели аксонометрической проекции детали

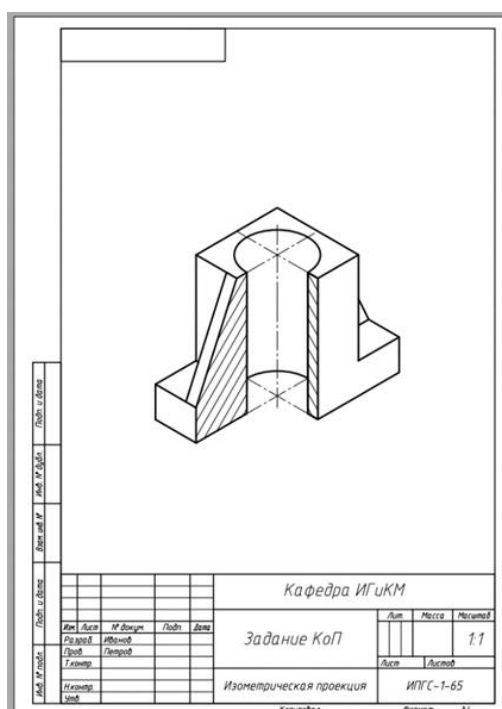


Рис. 3. Пример выполнения графической работы по теме «Аксонометрические проекции» с помощью программы panCAD

При выполнении данного задания студенты отрабатывают знания, изложенные в ГОСТ 2.301-68. «Форматы», ГОСТ 2.302-68. «Масштабы», ГОСТ 2.303-68. «Линии», ГОСТ 2.304-81. «Шрифты», ГОСТ 2.305-2008. «Изображения – виды, разрезы, сечения», ГОСТ 2.306-68. «Штриховка», ГОСТ 2.307-68. «Размеры», ГОСТ 2.104-2006. «Основные надписи».

Следует отметить, что кроме теоретических знаний, которые необходимо было применить при выполнении графических работ по темам «Проекционное черчение» и «Аксонметрические проекции» в программе папоСАD, студенты демонстрируют знания, навыки и умения и по компьютерной графике.

Таким образом, преподавание дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» при правильной организации учебного процесса, позволяет перейти на компьютерные методы изучения, в части решения графических задач с помощью САПР, практически всех разделов дисциплины «Инженерная и компьютерная графика» и сделать процесс обучения наиболее эффективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кайгородцева Н.В., Панчук К.Л. Анализ геометрографической составляющей образовательных стандартов бакалавриата третьего поколения // Омский научный вестник. Серия «Приборы, машины и технология». Омск, 2012, № 1 (107), С. 6–10.
2. Никитина С.А. Проблемы преподавания начертательной геометрии в современных условиях // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 2022, С. 191- 193.
3. Ярошевич О.В., Амельченко Н.П., Зеленовская Н.В. Решение проблем инженерной графики средствами компьютерной графики // Опыт, проблемы и перспективы развития технического сервиса в АПК: доклады Международной научно-практической конференции, посвященной 55-летию со дня образования БГАТУ и 100-летию со дня рождения д-ра техн. наук, проф. Сулова В. П., Минск, 15-18 апреля 2009 г.: В 2 ч. Ч. 2. Минск: БГАТУ, 2009, С. 271-277.
4. Кувшинов Н.С. папоСАD Механика. Инженерная 2D и 3 D компьютерная графика: учебное пособие. М.: ДМК Пресс, 2020. 528 с.
5. NanoCAD: официальный сайт. 2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nanocad.ru/> (Дата обращения: 30.03.2023).

УДК 621.1

А.А. Новичихин, П.И. Синодеева, И.И. Ведерникова, С.А. Егоров

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ СТЕКЛОПЛАСТИКА

Аннотация: целью данной статьи является изучение проблем, возникающих при обработке стеклопластика, возможности увеличения производительности при его обработке.

Ключевые слова: стекловолокно, режущий инструмент, напряжение, износ

A.A. Novichihin, P.I. Sinodeeva, I. I. Vedernikova, S.A. Egorov

SIMULATION OF FIBERGLASS PLASTIC CUTTING PROCESS

Abstract: the purpose of this article is to study the problems that arise when processing fiberglass, the possibility of increasing productivity when processing it.

Keywords: fiberglass, cutting tool, stress, wear.

В настоящее время стеклопластик является перспективным материалом в машиностроении, так как в конструкциях машин он успешно заменяет черные и цветные металлы. Широкое применение он нашел в изготовлении деталей, к которым предъявляются требования высокой прочности, стабильности размеров во времени, повышенной влагостойкости, большой ударной вязкости.

Однако использование современных научно-технических достижений позволяет прогнозировать и уменьшать воздействие вредных факторов на обработке детали. С этой целью были проведены исследования по установлению зависимости между режимами резания и отклонением от круглости, шероховатости, а также износом режущего инструмента и определены выходные параметры процесса механической обработки.

Несмотря на проведенные на данный момент исследования, нет четких рекомендаций по выбору оптимального типа сменных многогранных пластин (СМП) для точения стеклопластика, так как не установлены зависимости сил резания и точности обработки от типа пластин и режимов резания. Существующие рекомендации по выбору режимов обработки разрозненны и зачастую противоречивы; нет рекомендаций по управлению видом образующейся стружки с помощью геометрических параметров режущего инструмента, режимов резания и типов применяемых СМП.

Для проведения экспериментальных исследований разработан автоматизированный стенд сбора и обработки технологической информации, включающий токарно-винторезный станок модели 1К62, резец тензометрический, тензо-станцию УТ4-1; многофункциональную плату ввода/вывода (АЦП) ЛА-70, компьютер;

Обработка проводилась режущим инструментом с СМП различных типов из твердого сплава ВК8. Из литературных источников установлено, что оптимальными геометрическими параметрами напайного инструмента для точения стеклопластика

являются следующие: $\alpha = 20^\circ$, $\gamma = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 15-25^\circ$. Исходя из этого, были определены типы СМП, обеспечивающие необходимые значения геометрических параметров режущего инструмента.

Моделирование процесса резания стеклопластика выявило места основных напряжений в режущем лезвии (рис.1, 2). Пиковые напряжения, приводящие к интенсивному износу режущей кромки инструмента, возникают в местах перерезания стекловолокна. Помимо этого, было зафиксировано, что при резании изношенным инструментом (радиус при вершине 0,3 мм) стекловолокно разрывается и отслаивается от матрицы.

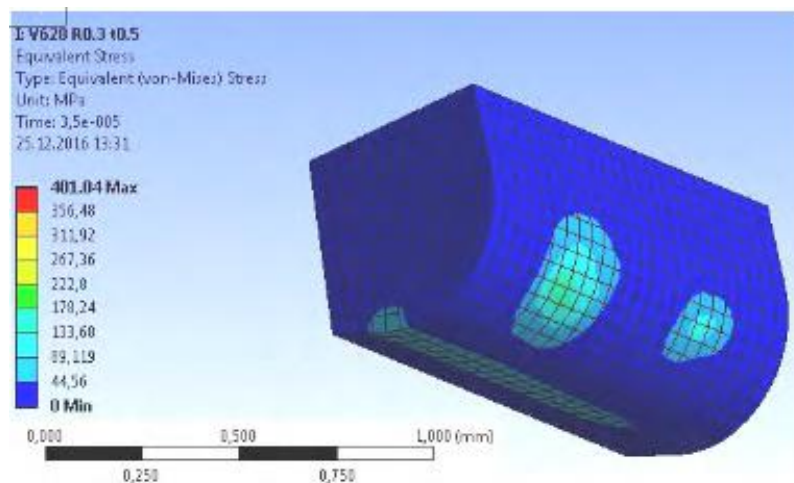


Рис. 1. Напряжения, возникающие на лезвии фрезы

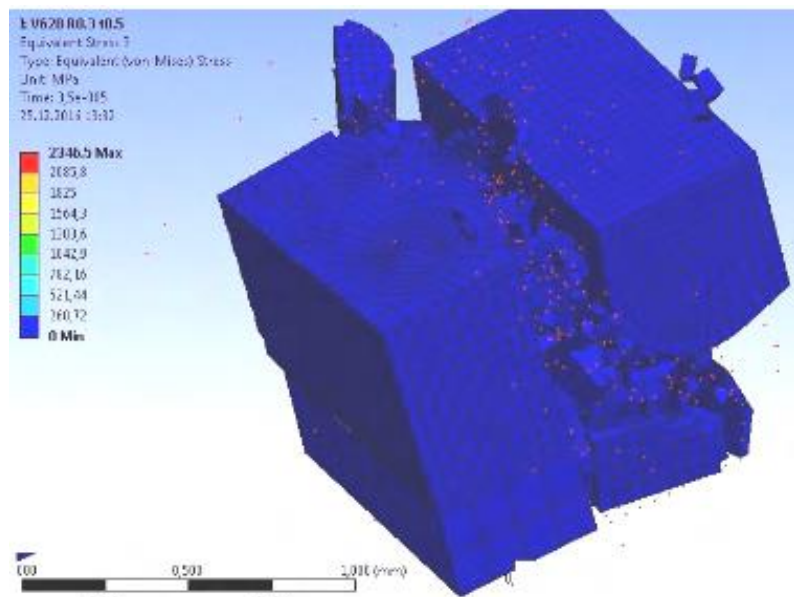


Рис. 2. Взаимодействие инструмента и заготовки

Обработка результатов, полученных при моделировании, позволила установить зависимость силы резания от износа инструмента и скорости резания для чернового, получистового и чистового видов фрезерования. Зависимость имеет линейный характер и в общем виде может быть представлена следующим выражением:

$$P_{\Sigma} = a + k_{\Delta},$$

где P_{Σ} – эквивалентная сила резания, Н; Δ – значение износа режущего лезвия, мкм; a , k – коэффициенты, зависящие от вида обработки.

Для оценки адекватности результатов моделирования реальному процессу был проведен ряд экспериментов по фрезерованию стеклопластика. Использовались концевые фрезы диаметром 10 мм из твердосплавного материала марки ВК8. В качестве экспериментального образца выбраны трубы из высокопрочного стеклопластика, полученные методом косослойной продольно-поперечной намотки. Варьируемыми параметрами приняты режимы резания: скорость резания v , м/мин; подача S , мм/зуб и глубина фрезерования t , мм. В процессе экспериментов контролировали износ инструмента Δ , мкм; силу резания P , Н; шероховатость обработанной поверхности R_a , мкм. Измерение силы резания осуществлялось с помощью оригинального многокомпонентного динамометра. Как показали экспериментальные исследования, основной причиной выхода из строя режущего инструмента является износ по задней поверхности, при этом наблюдается выкрашивание режущей кромки.

При работе изношенным инструментом ухудшается качество обработанной поверхности: увеличивается шероховатость, появляется отслоение волокон от матрицы стеклопластика.

Полученные в ходе эксперимента результаты подтвердили линейную зависимость силы резания от износа инструмента. Значения силы резания для всех видов фрезерования совпадают с результатами моделирования.

В результате проведенных исследований была разработана методика проектирования маршрута обработки отверстий в деталях из стеклопластика и построен алгоритм автоматизированного проектирования операций обработки, позволяющий выбрать оборудование и назначить рациональные режимы обработки в зависимости от требуемых показателей качества обработанной поверхности.

Предложенный алгоритм позволяет сформировать маршрут обработки отверстий в деталях из стеклопластика и повысить производительность механической обработки за счет оптимизации процесса проектирования технологической операции для деталей из стеклопластика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов А.А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. Л.: Машиностроение. 1987. 176 с.
2. Руднев А.В., Королев А.А. Обработка резанием стеклопластиков. М.: Машиностроение. 1969. 118 с.
3. Штучный Б.П. Точение стеклопластиков // Пути повышения производительности режущего инструмента. МДНТП, 1963. С.103-109.

УДК 621.831

Н.Л. Павлюкова, А.А. Каприльянц

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина»

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СБОРОЧНОЙ МОДЕЛИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ДВУХСТУПЕНЧАТОГО РЕДУКТОРА Ц2-400 В СИСТЕМЕ КОМПАС-3D

Аннотация: рассмотрены этапы проектирования трехмерной модели цилиндрического двухступенчатого редуктора при использовании программы Компас-3D.

Ключевые слова: трехмерное моделирование, проектирование, редуктор, сборочная модель, CAD, CAE, редуктор, зубчатая передача.

N.L. Pavlyukova, A.A. Kapreliants

DESIGN OF AN ASSEMBLY MODEL OF A CYLINDRICAL TWO-STAGE GEARBOX C2-400 IN THE COMPASS-3D SYSTEM

Abstracts: the stages of designing a three-dimensional model of a cylindrical two-stage gearbox using the Compass-3D program are considered.

Keywords: three-dimensional modeling, design, gearbox, assembly model, CAP, CAE, gearbox, gear train.

Благодаря созданию и развитию систем автоматизированного проектирования, появилась возможность создания электронной конструкторской документации, разрабатывать 3D-модели машин и механизмов машиностроительных производств.

В программе Компас-3D была спроектирована сборочная модель цилиндрического двухступенчатого редуктора марки Ц2-400. Сборочный чертеж, чертежи деталей и спецификация, которые были взяты за основу проекта известны из атласа конструкций «Редукторы и вариаторы», автора Л. С. Бойко и др.

При проектировании был использован традиционный метод построения «снизу-вверх», т.е. сначала на основе 2D-чертежей были созданы все детали редуктора, а затем при наложении связей между деталями сборка редуктора.

До начала проектирования произведен анализ спецификации редуктора, исходя из которого было установлено, что редуктор имеет 46 деталей из которых 15 являются стандартными изделиями.

На первом этапе проектирования были разработаны твердотельные модели зубчатых колес, входного, выходного и промежуточного валов. При этом использовались такие операции твердотельного моделирования, как выдавливание, вращение, вырезать выдавливанием, создание фасок, скругления, создание резьбы (внутренней и наружной), создание ребер жесткости и др. Примеры моделей приведены на рис. 1.

Особое внимание уделено разработке зубчатых передач, которые были спроектированы с помощью приложения GEARS для создания механических передач в 3D. В специальную форму приложения (рис. 2) вводятся параметры ведущего и ведомого колеса (число зубьев, модуль, угол наклона зубьев, направление линии зубьев и др.), что позволяет выполнить геометрический расчет и построить твердотельную модель, которая генерируется автоматически. Кроме этого, приложение позволяет выполнить прочностные расчеты и расчет редуктора на теплостойкость.

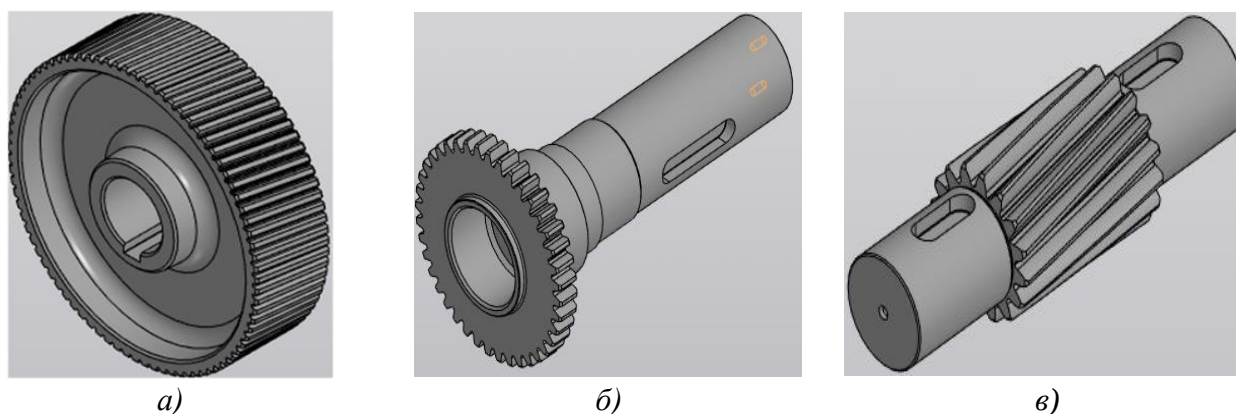


Рис. 1. Твёрдотельные модели валов: а – колесо зубчатое Ц2-014, б – выходной вал Ц2-018, в – вал промежуточный Ц2-022

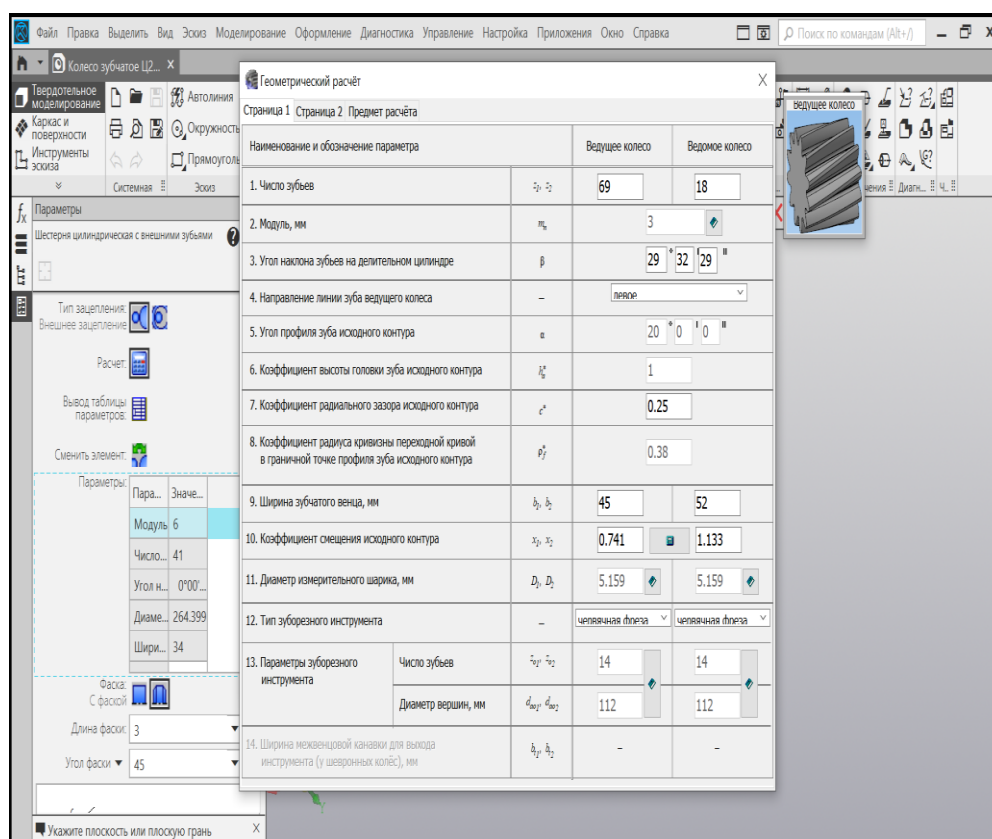


Рис. 2. Диалоговое окно задания параметров зубчатого колеса

На втором этапе выполнены твердотельные модели корпусных деталей, используя выше перечисленные методы твердотельного моделирования.

На третьем этапе выполнена сборка сборочных единиц, в частности наложения вращательных связей между деталями передачи и преобразования вращательного движения (рис. 3, 4). Для этого были выбраны необходимые компоненты и соответствующие оси вращения, а также соотношение количества зубьев между шестернями.

На четвертом этапе создавалась сборка редуктора с помощью задания между деталями и сборочными единицами таких связей, как совпадение, соосность, параллельность, выполнения команд «на расстоянии» и «касание».

При создании стандартных изделий (подшипников, гаек, болтов, шайб пружинных и др.), использовались библиотеки стандартных элементов Компас-3D.

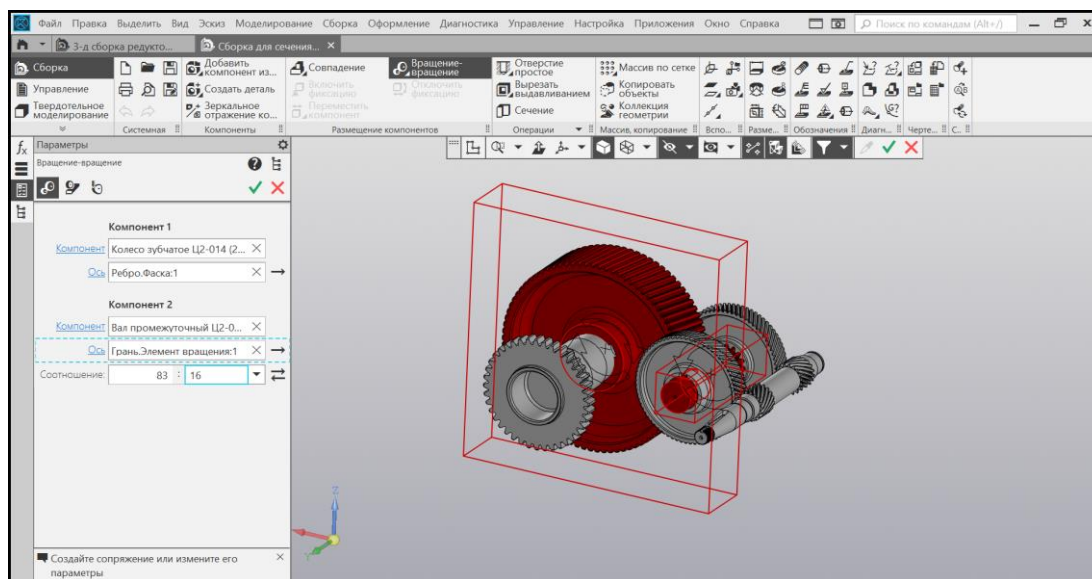


Рис. 3. Диалоговое окно для наложения вращательных связей

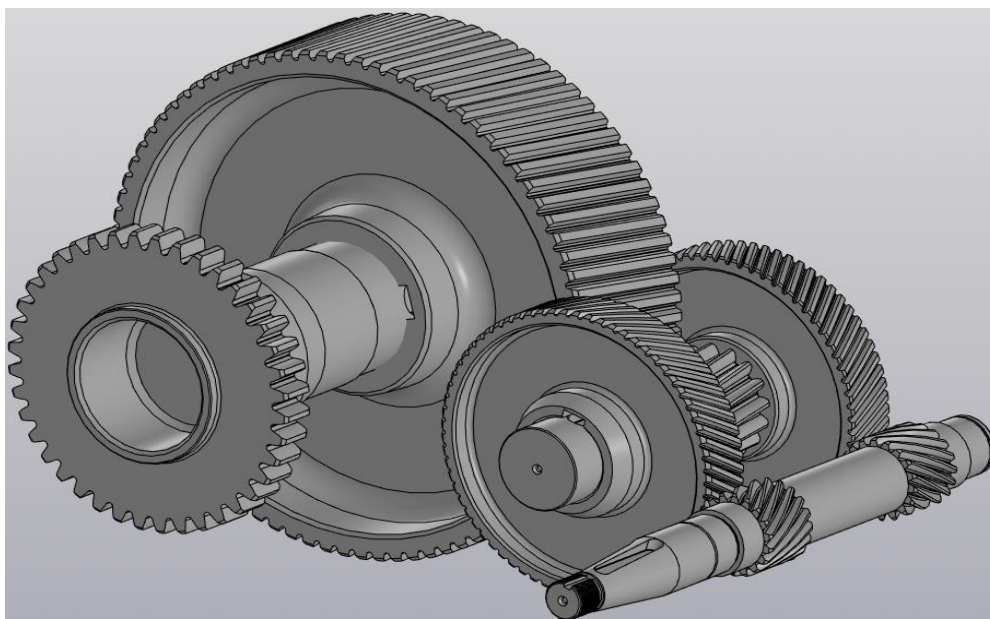


Рис. 4. Детали передачи в сборе

В процессе создания сборки редуктора удалось избежать таких ошибок, как несоответствие размеров и пересечение деталей, это говорит о том, что вся документация редуктора была верно разработана, и уже на ее основе правильно спроектирован и сам редуктор.

На пятом этапе проектирования выполнен вырез четверти редуктора, который позволяет представить трехмерную модель в разрезе. Для этого был создан эскиз выреза и при помощи специальной возможности «сечение по эскизу» построен и сам вырез. Так как сплошные тела, стандартные изделия, не подлежат разрезу, то из списка рассекаемых деталей были удалены ряд валов, зубчатых колес и подшипники (рис. 5).

На заключительном этапе разработана анимация работы редуктора (рис. 6) и разнесенная сборка (рис. 7), которые дают большую наглядность о проекте.

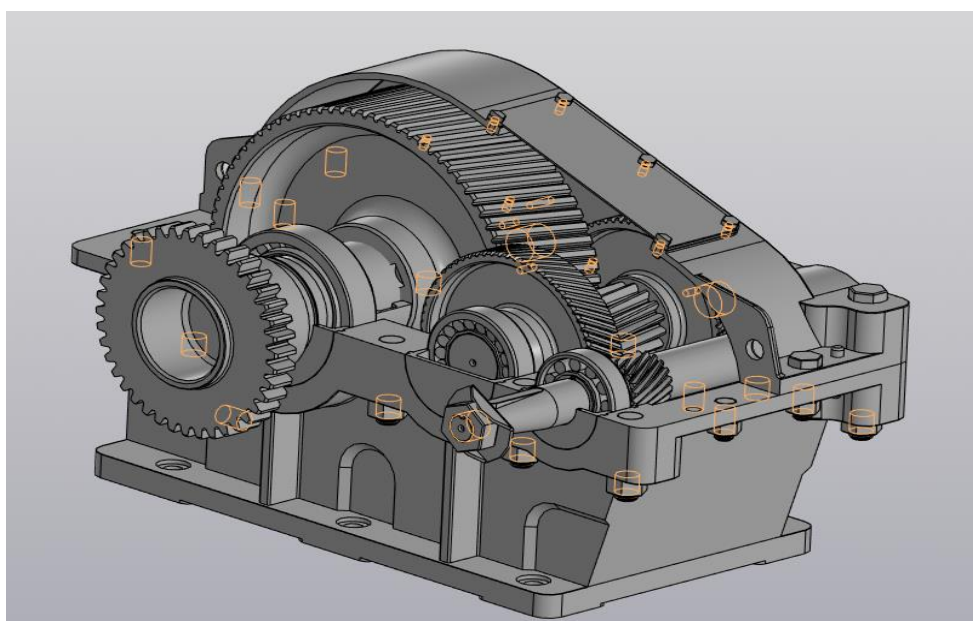


Рис. 5. Сечение редуктора (вырез четверти)

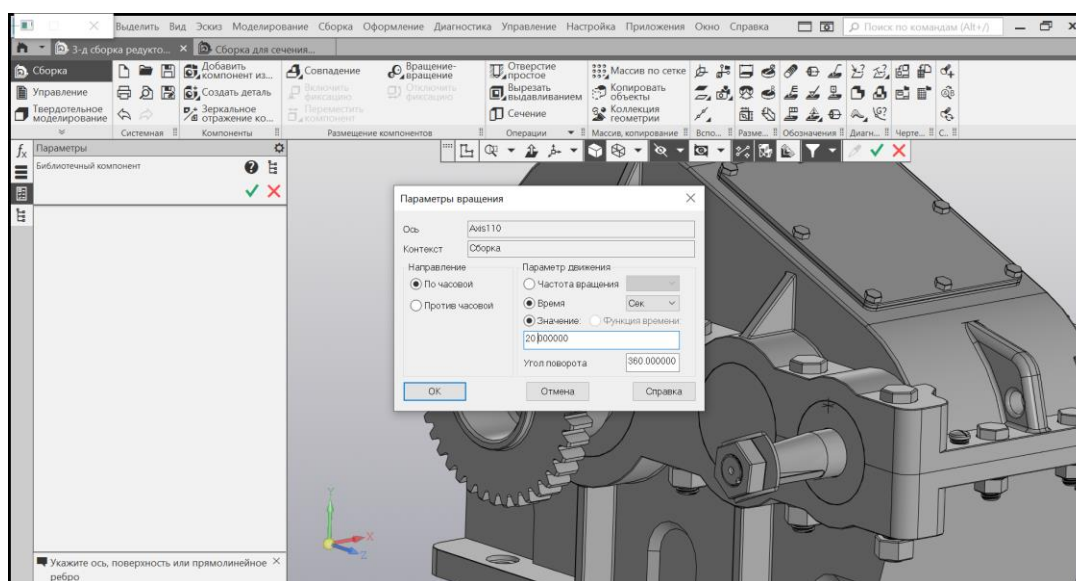


Рис. 6. Создания анимации работы редуктора

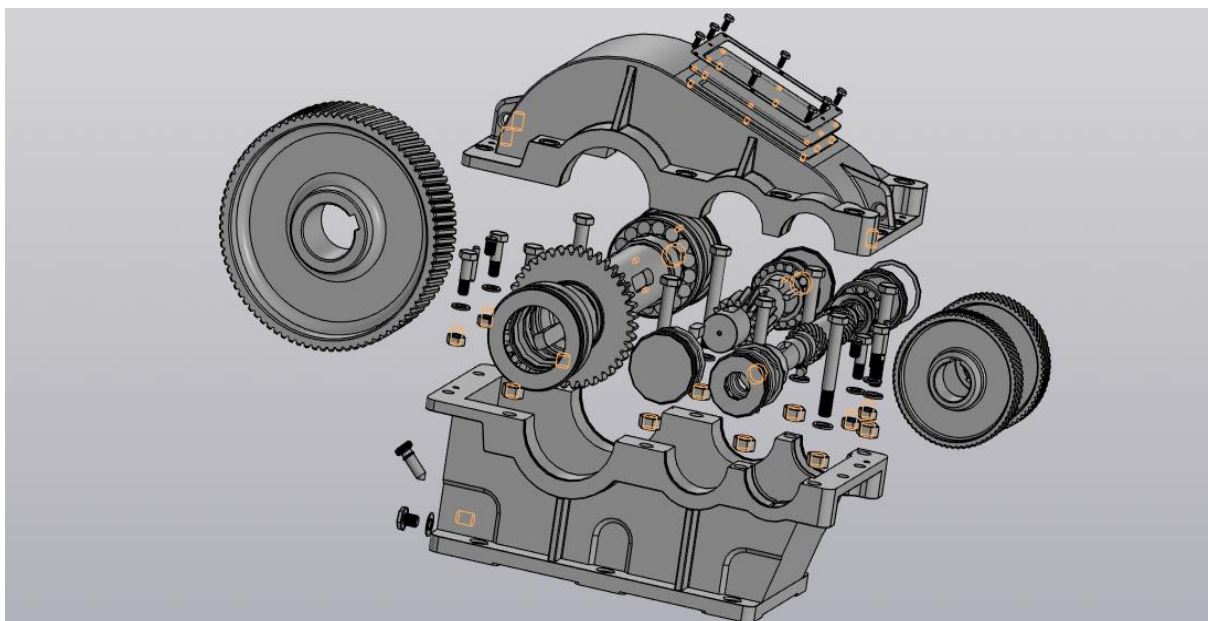


Рис. 7. Разнесенная сборка

По подготовленной сборочной модели в дальнейшем возможно сформировать сборочный чертеж цилиндрического двухступенчатого редуктора Ц2-400 и спецификацию.

Таким образом, в ходе исследования разработана последовательность выполнения трехмерной твердотельной модели редуктора, с применением современной САПР КОМПАС-3D и прикладных библиотек данной программы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калашников И.Д. Создание трехмерной сборочной планетарно-зубчатого редуктора / И.Д. Калашников, Н.Л. Павлюкова // Энергия-2022. Том 4. Электромеханотроника и управление: XVII Всероссийская (IX Международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: материалы конференции: В 6 т., 11-13 мая 2022 г. Иваново: ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». 2022. Т. 4. С. 58-58.
2. Лукин Д.Д. Проектирование трехмерной модели сборки редуктора / Д.Д. Лукин, Н.Л. Павлюкова // Энергия-2021. Том 4. Электромеханотроника и управление: материалы конференции. Иваново: ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». 2021. Т. 4. С. 63-63.
3. Марков И.С. Применение компьютерной инженерии для построения цифровых производств в машиностроении / И.С. Марков, Н.Л. Павлюкова // Энергия-2020. Том. 4. Электромеханотроника и управление: XV Всероссийская (VII международная) научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых г. Иваново, 7 - 10 апреля 2020 года: материалы конференции. Иваново: ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина». 2020. Т.4. С.75-75.
4. Павлюкова Н.Л. Применение компьютерных технологий 3-d моделирования в обучении инжинирингу машиностроительного производства / Н.Л. Павлюкова, М.Ю. Волкова // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 329-332.

5. Продукты Аскон: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ascon.ru/products/> (Дата обращения 12.03.2024).

6. Цехнович, Л.И. Атлас конструкций редукторов / Л.И. Цехнович, И.П. Петриченко; ред. Р. С. Деловая. Киев: Вища школа, 1979. 124 с.

УДК 004.921

И.А. Пустовалов, Д.В. Фролов, О.В. Токарева

Академия ГПС МЧС России

СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕК В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ «КОМПАС-3D» ДЛЯ ОФОРМЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ В ОБЛАСТИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Аннотация: в данной статье рассмотрены вопросы цифровизации процессов создания и оформления документации в области пожаротушения. В качестве рабочей платформы предложена российская импортнезависимая система автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D». Обозначены преимущества внедрения цифровых технологий в деятельность ФПС ГПС МЧС России, сделаны выводы, намечены направления для дальнейшей работы.

Ключевые слова: КОМПАС-3D, пожаротушение, библиотеки, 2D графика, цифровизация, профессиональные компетенции.

I.A. Pustovalov, D.V. Frolov, O.V. Tokareva

CREATION OF LIBRARIES IN THE COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEM «KOMPAS-3D» FOR THE DESIGN OF DOCUMENTATION IN THE FIELD OF FIREFIGHTING

Abstracts: in this article the questions of digitalization of processes of creation and registration of documentation in the field of firefighting are considered. Russian import-independent computer-aided design system "KOMPAS-3D" is proposed as a working platform. The advantages of the introduction of digital technologies in the activities of State fire service of EMERCOM of Russia are outlined, conclusions are drawn, and directions for further work are outlined.

Keywords: KOMPAS-3D, firefighting, libraries, 2D graphics, digitalization, professional competencies.

В процессе профессиональной деятельности должностные лица подразделений пожарной охраны сталкиваются с необходимостью разработки и корректировки документации предварительного планирования действий по тушению пожаров, схем подключения и размещения оборудования пожарной автоматики, а также схем расстановки сил и средств на пожаре. Не смотря на развитие и внедрение цифровых технологий в деятельность подразделений ФПС ГПС МЧС России, в рамках цифровой трансформации [1], графическая часть отдельных видов документации в настоящее время выполняется вручную или с использованием импортного программного обес-

печения. Данная документация не объединена в единую цифровую систему, что создает определенные трудности в ее оформлении.

На сегодняшний день существуют примеры автоматизации процессов оформления проектной документации отдельных предприятий, путем создания библиотек условных обозначений, размещаемых в структуре САПР [2, 3]. Национальным флагманом в этом выступает импортонезависимая система автоматизированного проектирования (САПР) – «КОМПАС-3D». Использование САПР в качестве полноценного инструмента для создания и оформления графической части служебной документации по тушению пожаров возможно при решении следующих задач:

- централизованное внедрение САПР в профессиональную деятельность подразделений ФПС ГПС МЧС России;
- формирование у личного состава цифровых компетенций.

Для решения последней задачи в образовательных организациях высшего образования МЧС России реализация образовательных программ высшего образования направлена на формирование у обучающихся (курсантов и студентов) необходимых профессиональных компетенций (ПК). У будущих выпускников по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность, уровень бакалавриата – это ПК-4: «Способен разрабатывать графическую документацию, рассчитывать и моделировать различные технические системы в целях решения задач пожарной безопасности, в том числе с применением средств автоматизированного проектирования», а по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность, уровень специалитета – ПК-3: «Способен моделировать и проектировать организационно-управленческие, технико-технологические системы и процессы, осуществлять их функционирование для решения задач пожарной безопасности, в том числе с применением средств автоматизированного проектирования и автоматизированного управления» [4].

На кафедре механики и инженерной графики Академии ГПС МЧС России появилась возможность разработки пожарно-ориентированной библиотеки условных обозначений, которая позволит:

- сократить время подготовки документации в области пожаротушения;
- добиться единообразия в графической части документов;
- создать основу для разработки единой объектно-ориентированной базы данных в территориальных подразделениях ФПС ГПС МЧС России.

Для внедрения САПР в профессиональную деятельность подразделений ФПС ГПС МЧС России необходимо сформировать базу «Условные обозначения к Боевому уставу подразделений пожарной охраны», которые позволят сократить время подготовки служебной документации в области пожаротушения.

Библиотеки в «КОМПАС-3D» позволяют расширить возможности САПР в профессиональной деятельности без изменения исходного кода в ней. Они подключаются к САПР, как и все прочие библиотеки, и имеют полный доступ к API КОМПАС (Application Programming Interface). В большинстве случаев результатом работы библиотеки является построение какого-либо фрагмента чертежа или 3D модели. Поскольку построение выполняется полностью программным путем, на получаемые модели не накладывается никаких ограничений – можно создать библиотеку любых элементов.

При создании данных библиотек использовались действующие ведомственные нормативно-правовые акты [5, 6], в которых указаны базовые характеристики условных обозначений, такие, как форма обозначения и цвет (рис. 1). В тоже время, требовалось определить характеристики линий для корректного отображения обозначений на бумаге и для комфортной работы в рабочей области «КОМПАС-3D».

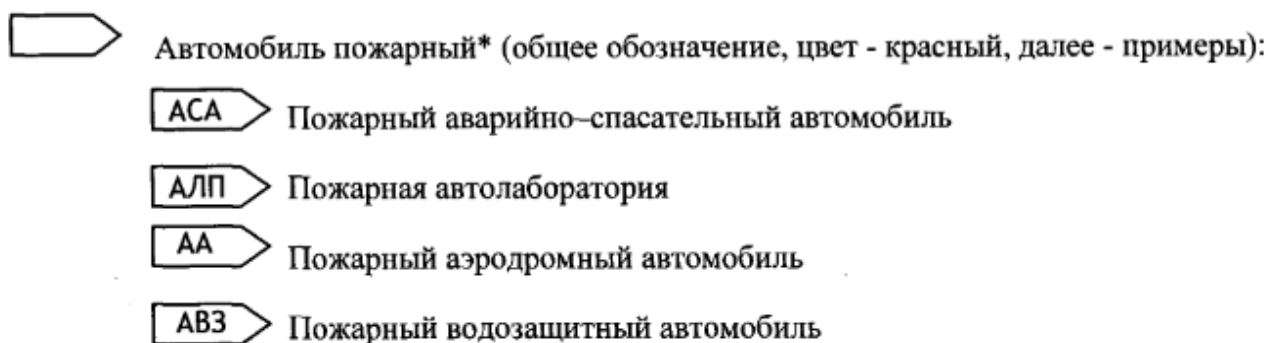


Рис. 1. Фрагмент Приложения № 10 к Боевому уставу подразделений пожарной охраны, определяющему порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ

Для разработки библиотеки условных обозначений в области пожаротушения используется тип документов «Фрагменты», который в редакторе библиотек сохранялся в формате *.kle. После того как библиотека будет наполнена всеми компонентами, её необходимо интегрировать в структуру конфигуратора для дальнейшего использования (рис. 2). Данная библиотека хранится на локальном диске персонального компьютера, не зависит от доступа в сеть «Internet» и при необходимости может быть распространена.

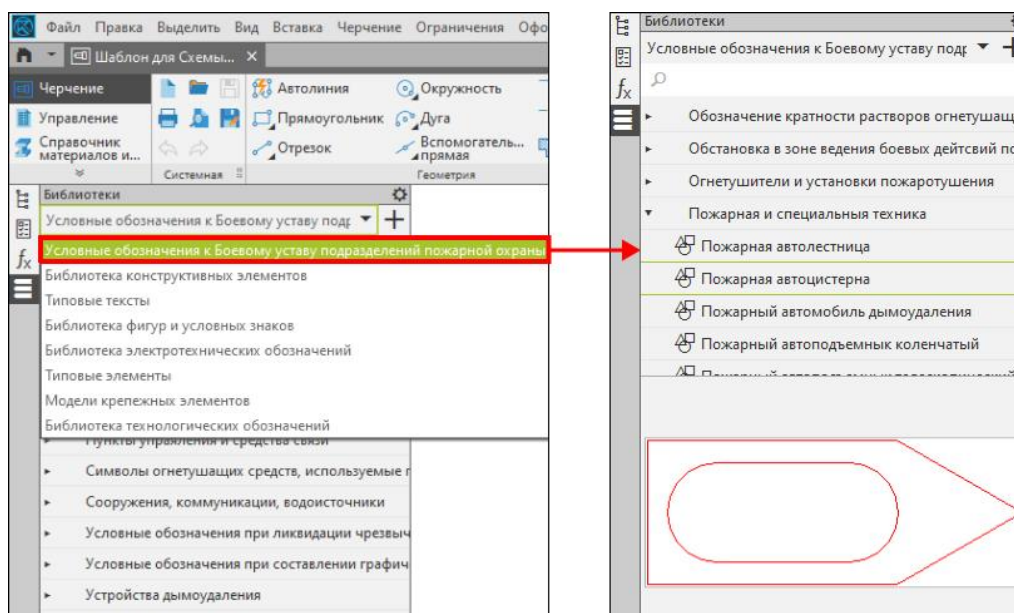


Рис. 2. Структура и расположение библиотеки «Условные обозначения к Боевому уставу подразделений пожарной охраны» на панели библиотек САПР «Компас-3D»

Таким образом, внедрение пожарно-ориентированной библиотеки условных обозначений в деятельность территориальных подразделений ФПС ГПС МЧС России позволит расширить функционал «КОМПАС-3D» и усилить его конкурентную способность с зарубежными аналогами САПР, что соответствует целевым показателям национальной цели «Цифровая трансформация».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http:// publication.pravo.gov.ru /Document/View/0001202007210012?ysclid=lst84ahk4h908067433](http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202007210012?ysclid=lst84ahk4h908067433) (Дата обращения: 08.02 2024).
2. Канайкин И.Е. Создание библиотеки условных изображений границ горного предприятия в программе «КОМПАС 3D» для горной проектной документации / И. Е. Канайкин // Развитие науки, образования и технологий: механизм отбора и реализация приоритетов: сборник статей по результатам Международная научно-практическая конференция, Уфа, 21 декабря 2023 года. Стерлитамак: ООО «Агентство международных исследований», 2023. С. 106-109.
3. Канайкин И.Е. Обзор применения графического редактора «КОМПАС - 3D» для создания библиотеки транспорта, транспортных устройств и сигнализации / И. Е. Канайкин // Развитие науки, образования и технологий: механизм отбора и реализация приоритетов: сборник статей по результатам Международная научно-практическая конференция, Уфа, 21 декабря 2023 года. Стерлитамак: ООО «Агентство международных исследований», 2023. С. 103-106.
4. Приказ МЧС России от 03 февраля 2022 г. № 60 «Об утверждении квалификационных требований к специальной профессиональной подготовке и военно-профессиональной подготовке выпускников образовательных организаций высшего образования МЧС России».
5. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
6. Приказ МЧС России от 25 октября 2017 г. № 467 «Об утверждении Положения о пожарно-спасательных гарнизонах».

УДК: 004.02, 621.9

А.А. Романова, Е.В. Егорычева

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

К ВОПРОСУ ИНТЕГРАЦИИ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА В ВИРТУАЛЬНУЮ РЕАЛЬНОСТЬ

Аннотация: в статье рассмотрен процесс создания трехмерной модели помещения и ее интеграции в виртуальную реальность с использованием Unity. В рамках исследования рассматриваются основные этапы, необходимые для успешного создания и интеграции 3D-модели в VR-среду, включая настройку проекта Unity для VR, создание сцены и игровых объектов, добавление VR-функциональности к игровым объектам, реализацию пользова-

тельского ввода и взаимодействий. Полученные результаты представляют практическую значимость для разработки приложений виртуальной реальности.

Ключевые слова: 3D-модель, виртуальная реальность (VR), интеграция, движок Unity, VR-среда, VR-контроллеры, скрипты.

A.A. Romanova, E.V. Egorycheva

ON THE ISSUE OF INTEGRATION OF A THREE-DIMENSIONAL OBJECT MODEL INTO VIRTUAL REALITY

Abstract: the article discusses the process of creating a 3D model of a room and its integration into virtual reality using Unity. The study covers the key steps required to successfully create and integrate a 3D model into a VR environment, including setting up a Unity project for VR, creating the scene and game objects, adding VR functionality to game objects, and implementing user input and interactions. The results obtained are of practical significance for the development of virtual reality applications.

Keywords: 3D model, virtual reality(VR), integration, Unity engine, VR environment, VR controllers, scripts.

Виртуальная реальность (VR) является одним из наиболее захватывающих и инновационных направлений современных технологий, переносящих человека в удивительные и невероятные миры за пределами реальности. С каждым годом VR продолжает эволюционировать, предлагая уникальные возможности для взаимодействия, развлечения, обучения и даже лечения [1]. Виртуальная реальность открывает перед пользователями возможность погрузиться в искусственные или смешанные с реальностью сценарии, используя специальные устройства, такие как VR-очки или шлемы. Эта технология создает убедительное ощущение присутствия в альтернативной среде, позволяя пользователям взаимодействовать с объектами и окружением, будто они находятся в другом месте или измерении [2, 3]. Сегодня VR находит широкое применение в различных областях, включая игровую индустрию, образование, медицину, архитектуру, симуляцию, тренировки и многое другое. Это создает уникальные возможности для исследования новых подходов к визуализации, взаимодействию и получению информации, открывая новые горизонты для творчества, обучения и развлечений [4].

В данной работе было проведено исследование одного из важных направлений VR – процесса создания точной 3D-модели помещения с объектами и её интеграции в виртуальную реальность (рисунок). Были рассмотрены методы и технологии процесса интеграции от сканирования помещения и создания его трехмерной модели до переноса разработанной 3D-модели в виртуальное пространство и его применение в различных сферах деятельности [5].

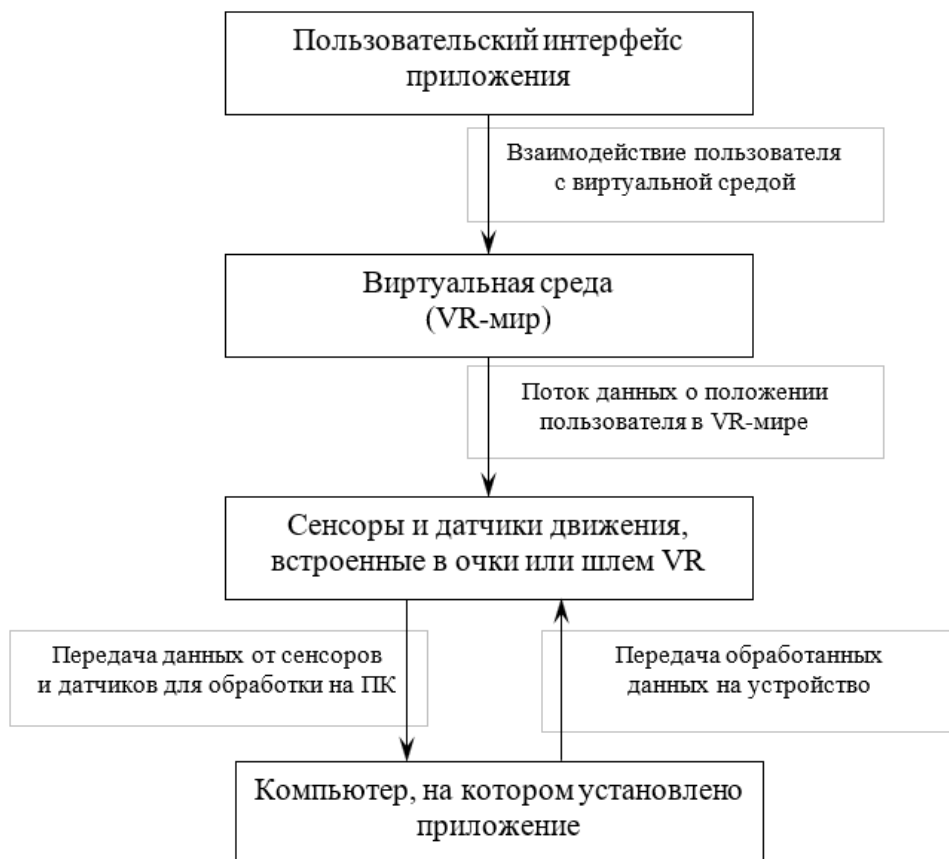


Рисунок. Схема процесса интеграции 3D-модели в виртуальную реальность

Основой процесса создания трехмерной модели помещения и его объектов является сбор информации и материалов. Для этого первоначальным этапом было проведено детальное изучение помещения: его формы и размеров, расположения объектов, их размеров и форм, а также материалов. Для детализации объектов сделано большое количество фотографий, которые были обработаны и использованы для создания трехмерной модели помещения в программной среде Blender. После завершения создания 3D-модели помещения и всех его объектов следующим этапом стала интеграция данной модели в виртуальную реальность (VR). Процесс интеграции представлял собой сложный набор действий, направленных на адаптацию модели к требованиям VR-среды, оптимизацию для обеспечения высокой производительности, а также на добавление интерактивности и возможностей взаимодействия с объектами, представленными внутри моделируемого помещения.

Для начала процесса интеграции необходима настройка проекта Unity для работы с виртуальной реальностью. Этот этап включал выбор соответствующих настроек, активацию поддержки виртуальной реальности и выбор платформы виртуальной реальности Oculus Rift, которая считается одной из самых современных и передовых платформ виртуальной реальности (VR) с высокими технологическими стандартами и широким спектром функций. Данная платформа в настоящее время занимает ведущие позиции на рынке VR-устройств и пользуется большой популярностью среди пользователей и разработчиков VR-приложений. Далее в процессе интеграции была создана новая сцена с размещением объектов виртуальной реальности – персонажей, необходимых для взаимодействия с виртуальным миром. Активы, такие как 3D-модели, тек-

стуры, аудиофайлы и другие ресурсы, были импортированы и интегрированы в сцену для создания полноценной виртуальной среды. Для обеспечения функциональности VR к игровому объекту добавлены VR-камера, контроллеры, для которых были написаны скрипты на языке программирования C#.

На завершающем этапе интеграции проводилась реализация пользовательского ввода и взаимодействий. Это включало настройку ввода с контроллера, добавление анимации рук и обратной связи, а также реализацию способов движения: телепортация и плавное движение, обеспечивающие удобство и реалистичность взаимодействия пользователя с виртуальной средой. После разработки приложения VR проводилось его тестирование. Для этого на персональный компьютер (ПК), на котором запускается приложение, были установлены и авторизованы приложения Oculus и SteamVR. Это обеспечивает корректную работу с устройствами виртуальной реальности (очками или шлемом) и доступ к контенту VR. Для запуска приложения в виртуальной реальности необходимо нахождение компьютера и устройств (очки или шлем) в одной сети Wi-Fi. Это обеспечивает стабильное и бесперебойное соединение между устройствами и компьютером, что является важным фактором для комфортного и беззаботного погружения пользователя в виртуальную среду. Запуск приложения SteamVR на компьютере, виртуальных очках или шлеме проводится после подготовки сетевого соединения. Разработанное VR-приложение позволит человеку, надевшему очки, окунуться в виртуальную реальность, созданную разработчиками, и начать взаимодействие с виртуальной средой.

Исследование и разработка процесса создания точной трехмерной модели помещения с последующей интеграцией в виртуальную реальность (VR) позволяют раскрыть потенциал данной технологии в различных направлениях деятельности [6]. VR представляет собой мощный инструмент, который с каждым годом становится все более доступным и эффективным, предлагая уникальные возможности для визуализации, взаимодействия и обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xu-yang Wang; Dmitry D. Zhdanov; Igor S. Potemin; Ying Wang and Han Cheng. The efficient model to define a single light source position by use of high dynamic range image of 3D scene // Proc. SPIE 10020, Optoelectronic Imaging and Multimedia Technology IV, 100200I (October 31, 2016);
2. Линовес Дж. Виртуальная реальность в Unity / ДМК Пресс, 2016. 316 с.
3. Папагианнис Х. Дополненная реальность. Все, что вы хотели узнать о технологии будущего / Бомбора, 2019. 384 с.
4. Чичулин А. Виртуальная реальность. Технология будущего, которое уже наступило! / ЛитРес, 2021. 96 с.
5. Смолин А.А. Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности Учебное пособие. Санкт-Петербург: Университет ИТМО. 2018. – 59 с.
6. 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.

УДК: 004.02, 621.9

А.А. Романова, Е.В. Егорычева

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

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА С ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ ОТОБРАЖЕНИЕМ В ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Аннотация: в статье рассмотрен процесс разработки виртуальной трехмерной модели с возможностью интерактивного ввода параметров пользователем. Данный процесс включает в себя анализ методов моделирования объекта и его интеграция в среду дополненной реальности для создания интерактивного виртуального объекта. Полученные результаты представляют практическую значимость для разработки приложений виртуальной и дополненной реальности, особенно в областях, требующих визуализацию и управление параметрами трехмерных моделей.

Ключевые слова: 3D-модель, виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR), интеграция, программная среда Blender, многоплатформенный движок Unity.

A.A. Romanova, E.V. Egorycheva

DEVELOPMENT OF A VIRTUAL OBJECT MODEL WITH PARAMETRIC DISPLAY IN AUGMENTED REALITY

Abstract: the article describes the process of developing a virtual three-dimensional model with the possibility of interactive input of parameters by the user. This process includes the analysis of object modeling methods and its integration into an augmented reality environment to create an interactive virtual object. The results obtained are of practical importance for the development of virtual and augmented reality applications, especially in areas requiring visualization and parameter control of three-dimensional models.

Keywords: 3D model, virtual reality (VR), augmented reality (AR), integration, Blender software environment, multi-platform Unity engine.

В последние годы интерес к виртуальной и дополненной реальности стремительно растет. Активно развивающиеся VR и AR технологии находят свое применение в различных сферах жизни, включая игровую индустрию, медицину, образование, оборону, архитектуру, промышленность и многое другое [1].

Виртуальная реальность (VR) — технология полного погружения в виртуальный мир за счёт устройств: VR-очков, наушников, перчаток. В отличие от этого, дополненная реальность (AR) представляет собой среду, в которой в реальном времени объединены физические и виртуальные объекты. В то время как VR позволяет пользователям погрузиться в виртуальное пространство, полностью отделяя их от реального мира, AR добавляет в реальное окружение пользователей виртуальные объекты и информацию. В настоящее время интеграция трехмерных моделей в виртуальную и дополненную реальность стала популярной в различных сферах жизни. Она значительно способствует процессам обучения и тренировок, симуляции и тестирования,

проведения исследований и взаимодействия с окружающим миром [2]. В образовании применение VR и AR моделей дают более наглядное представление о сложных концепциях и явлениях. В сфере медицины трехмерные модели играют ключевую роль в планировании операций, обучении медицинского персонала, а также создании индивидуальных протезов и имплантатов. В промышленности модели используются для создания виртуальных прототипов, тестирования оборудования и оптимизации производственных процессов. Это позволяет сократить затраты на разработку и ускорить вывод новых продуктов на рынок. Благодаря интеграции трехмерных моделей в VR и AR, они становятся более реалистичными и функциональными, что способствует развитию инноваций и улучшению качества жизни. Это открывает новые возможности для эффективного обучения, точной диагностики и технического прогресса в различных сферах человеческой деятельности.

В данной работе исследовался процесс создания виртуальной трёхмерной модели объекта, во-первых, позволяющей пользователям вводить параметры и получать соответствующие данные в различных единицах измерения, во-вторых, отображающей максимальное и минимальное значение заданного параметра (рисунок). В результате аналитического исследования сред моделирования и игровых движков, применяемых для разработки виртуальной и дополненной реальности, были определены наиболее оптимальные программные решения — Blender и Unity. Моделирование объекта выполнялось с использованием программного обеспечения Blender, его интеграция в дополненную реальность осуществлялась при помощи кроссплатформенного игрового движка Unity.

На первом этапе проекта выполнялось моделирование трехмерной модели объекта. Элементы модели формировались из базовых примитивов с применением различных инструментов и модификаторов. Модель создавалась как агрегация нескольких компонентов, собранных в единую конструкцию после индивидуальной разработки каждого компонента. В процессе моделирования объекта разрабатывались два типа материалов: металл и пластик. Для реализации текстур в Blender применялись специальные параметры настроек с установкой цвета, бликов, отражения света и других характеристик. В результате была создана трехмерная модель, готовая для экспорта в среду Unity, завершая тем самым процесс моделирования и подготовки к дальнейшему использованию.

Затем модель объекта импортировалась в среду Unity. Для успешной интеграции модели трехмерного объекта, модель сохранялась в формате .fbx, который поддерживается программой Blender. После успешной интеграции модели в среду Unity было создано табло объекта – 3D-интерфейс, включающее в себя канву, на которой размещены необходимые кнопки и индикаторы, которые отвечают за единицы измерения выводимого на табло параметра. Для создания кнопок и индикаторов использовались примитивные объекты в форме цилиндров и кубов с нанесенными на них текстурами. Дополнительно на табло был добавлен 3D-текст для отображения информации. Для обеспечения логики работы объекта были написаны скрипты для кнопок.

На следующем этапе разработки виртуальной модели создавался 2D-интерфейс, включающий канву, на которой размещены кнопки-дубликаты и индикаторы трехмерной модели объекта, поле ввода для пользовательских значений параметра и кнопка для подтверждения введенного значения и его отображения на табло. Для

управления данным интерфейсом был создан скрипт, содержащий ссылки на кнопки, чтобы обеспечить вызов соответствующей логики работы объекта при их активации.

Далее выполнялось программирование логики работы 3D-объекта. Основная логика работы заключалась в следующем:

- при нажатии на левую клавишу Ctrl объект должен включаться;
- после включения на экран должен выводиться первый пункт меню, предоставляющий возможность ввода пароля. Подтверждение ввода пароля – нажатие клавиши «Enter»;
- после ввода верного пароля должно выводиться сообщение "InP" и становятся доступными остальные пункты меню, включающие в себя ввод пользовательских значений давления. Переключение между пунктами меню реализовано с помощью кнопок "<-" и "->";
- в случае неверного пароля должно выводиться сообщение "AcdE".

Все изменения текста на объекте передаются интерфейсу для обеспечения единообразия отображаемой информации. Созданная логика привязана к 2D-интерфейсу.



Рисунок. Схема процесса создания виртуальной 3D-модели реального объекта

После завершения этапа разработки трехмерного объекта с необходимым функционалом проводилась интеграция дополненной реальности с использованием

Vuforia – платформы для разработки дополненной реальности (AR), которая позволяет создавать приложения, объединяющие виртуальные и реальные миры. Процесс интеграции начался с добавления платформы AR в проект для использования ее функционала. После успешного внедрения платформы выполнялась регистрация на сайте Vuforia и получение лицензии разработчика. Для использования AR создавалась база данных меток, в которую добавлена метка, соответствующая созданному трехмерному объекту. После завершения настройки меток добавляются элементы Vuforia на сцену, включая ARCamera и ImageTarget. AR-Camera необходима для использования веб-камеры устройства для распознавания меток Vuforia, ImageTarget представляет собой метку, на которую будет произведено распознавание и появление трехмерного объекта. Для обеспечения появления объекта при распознавании метки, трехмерная модель задается в качестве дочернего объекта относительно ImageTarget. После завершения этапа настройки дополненной реальности реализуется взаимодействие с трехмерным объектом, включая функции ввода пароля, навигации по меню и ввода значений давления, с использованием кнопок, размещенных на объекте [3].

Таким образом, разработанная виртуальная трёхмерная модель объекта позволяет пользователям вводить параметры и получать данные в различных единицах измерения. Такая модель может быть использована в различных направлениях деятельности, например, для разработки виртуальных аналогов реальных приборов, таких как манометры, тахометры, вольтметры и другие, может быть использована для визуализации данных и процессов, что облегчает понимание сложных концепций [4]. Например, она может быть применена для визуализации физических и химических процессов, процессов в производстве и др. Виртуальная модель может быть использована для демонстрации продуктов и услуг клиентам в интерактивной форме. Это позволяет улучшить понимание продукта и повысить уровень удовлетворенности клиентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Линовес 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.

УДК 377.169.3

А.А. Сидоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ОБУЧЕНИИ ПОЖАРНЫХ

Аннотация: в данной статье рассматриваются основные характеристики, достоинства и недостатки применения технологий виртуальной реальности в обучении пожарных. Особое значение придается технологическим возможностям систем виртуальной реальности и с какими проблемами приходится сталкиваться пользователям.

Ключевые слова: технологии виртуальной реальности, обучение, виртуальное пространство, профессиональная подготовка.

A.A. Sidorov

PROBLEMS OF USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY IN FIREFIGHTER TRAINING

Abstract: this article discusses the main characteristics, advantages and disadvantages of using virtual reality technologies in firefighter training. Particular importance is attached to the technological capabilities of virtual reality systems and what problems users have to face.

Keywords: virtual reality technologies, education, virtual space, professional training.

Растущая доступность инновационных технологических решений, таких как искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности (VR) позволяет применять их в профессиональном обучении. Данные технологии стали актуальны не только для развлечения, но и в подготовке будущих специалистов в областях, где было бы опасно или слишком дорого воспроизводить чрезвычайные ситуации в реальной жизни (рисунок).

Виртуальная реальность оказывает воздействие на все органы чувств, что делает восприятие виртуального мира максимально естественным. Создание обучающих систем виртуальной реальности требует объединения исследователей, разработчиков, операторов и специалистов в разных областях. VR позволяет разрабатывать практически бесконечное количество сценариев обучения, например, те, которые могут быть слишком дорогими или которые не представляется возможным смоделировать в реальной жизни.

Данная технология, конечно, не заменяет реальную подготовку пожарных, а дополняет ее безопасным и экономичным способом. Так же следует отметить, что практика будущих пожарных с помощью применения технологии виртуальной реальности открывает такие возможности как изначальная проверка способностей обучающихся, снижение воздействия реальных рисков в тренировочной среде, уменьшение потребности в расходных материалах, снижение вредного воздействия на окружающую среду, независимость обучения от места и времени, увеличение осведомленности о безопасности и защите, снижение необходимости в дорогостоящих и трудоемких условиях обучения.

В разрабатываемых разновидностях сценариев ЧС возможны некоторые способы для моделирования сложных инцидентов, связанных с пожаром и устранением поврежденных объектов.



Рисунок. Учебный комплекс с применением VR технологии в обучении пожарных

Создание объектов для виртуальной реальности осуществляется с помощью множества специализированных программ. Среди них программы моделирования 3d объектов, программы 3d сканирования, программы симуляции и сборки виртуальной реальности. Объекты создаются в натуральную величину с использованием текстур, взятых из реального мира, для передачи правдоподобности происходящего. Это всё требует большого количества ресурсов и групп специалистов.

Помимо большого количества преимуществ VR технологии в обучении имеют так же и ряд недостатков. Необходимо поддерживать данный вид обучения в актуальном состоянии. Разработанные виртуальные сценарии и объекты могут устаревать и поэтому виртуальное пространство и 3d модели реальных объектов необходимо обновлять, а это требует достаточно много времени для разработки и введения в существующие виртуальные пространства.

Также существуют и технологические ограничения. Например, в шлемах виртуальной реальности можно увидеть мелкие пиксели изображения, так как встроенные окуляры увеличивают их. Экраны достаточно мелкие и не вмещают количество пикселей, которые бы не были заметны глазу, поэтому на современном этапе более качественные технологии достаточно дороги. Так же из-за естественных физических явлений в оптике по краям изображения возникает хроматическая аберрация, которую можно лишь частично устранить программными методами. Большую сложность

представляет и создание стереоскопического изображения для естественного восприятия трехмерного пространства.

Другой проблемой является обработка процессорами высококачественных виртуальных сцен, так как они требуют мощных компьютерных ресурсов, и отслеживание поворотов головы и движения рук обучающегося. Поэтому приходится снижать качество виртуальных моделей, чтобы не страдала обработка симуляционной сцены во времени. Современные технологии компьютерной графики не способны обеспечить реалистичное изображение в реальном времени. Особую сложность и ресурсоёмкость для компьютера представляют симуляции жидкостей, дыма и огня. Возможность рассогласования виртуального и реального миров – это основная проблема технологии виртуальной реальности. Технология виртуальной реальности предполагает достаточно пассивное восприятие виртуального мира, когда не возникает необходимости контакта с реальным миром [2].

Следует отметить, что существует и проблема перемещения в виртуальном пространстве. Область перемещения ограничена, поэтому приходится передвигаться в виртуальной реальности с помощью кнопок контроллеров, что может отвлекать от основных задач обучения и, по сути, не иметь практического применения в реальных обстоятельствах. Устройства с обратной связью, такие как перчатки и специализированные костюмы достаточно дороги, поэтому приходится ограничиваться визуальными и звуковыми сигналами для предупреждения опасных ситуаций в симуляции происшествий, а это тоже лишь отчасти отражает реальное воздействие происшествий. Так же обучающихся могут отвлекать различные меню и выбор режимов при работе в виртуальной реальности.

Следующим шагом на пути совершенствования учебного процесса может стать так называемая дополненная реальность (AR), как способ внедрения виртуального мира в окружающую действительность [1]. Преимуществом данного вида виртуальной реальности является то, что не требуется разработка окружающей действительности или моделирование в 3d пространстве сложных объектов. Все виртуальные объекты синхронизируются с реальной обстановкой, следовательно, не требуется никакой специальной среды, кроме свободного пространства для перемещения обучающегося. Эти технологии находятся на стадии разработки и пока в образовательной деятельности активно не участвуют.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоров А.А., Киселёв В.В. Выполнение чертежей в области обучения пожарной безопасности с применением технологии дополненной реальности // Материалы научно-практической конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня образования Академии ГПС МЧС России 19 октября 2023 года. В 5 частях. Часть I. Москва: Академия Государственной противопожарной службы МЧС России. 2023. С.47–50
2. Смолин А.А., Жданов Д.Д., Потемин И.С., Меженин А.В., Богатырев В.А. Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности // Учебное пособие. Санкт-Петербург: Университет ИТМО. 2018. 59 с.
3. Уваров А.Ю. Технологии виртуальной реальности в образовании // Наука и Школа №4, 2018. С 108-117.

УДК 621

А.А. Столпяков, В.Е. Сотов, В.Е. Иванов, П.В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация: в статье рассматривается вопрос по применению системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor для оптимизации формы разрабатываемых конструкций устройств. Рассмотрены преимущества систем автоматизированного проектирования. При оптимизации формы устройства проводился прочностной анализ конструкции методом конечных элементов.

Ключевые слова: прочностной расчет, устройство, конструкция, трехмерное моделирование, кронштейн.

A.A. Stolpyakov, V.E. Sotov, V.E. Ivanov, P.V. Puchkov

THE USE OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS IN ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF THE STRUCTURES BEING DEVELOPED

Abstract: The article discusses the issue of using the Autodesk Inventor computer-aided design system to optimize the shape of the device designs being developed. The advantages of computer-aided design systems are considered. When optimizing the shape of the device, a strength analysis of the structure by the finite element method was carried out.

Keywords: strength calculation, device, construction, three-dimensional modeling, bracket.

При проектировании новых конструкций устройств (механизмов) необходимо учитывать соответствие продукта высоким стандартам качества и безопасности, разработанная конструкция должна обеспечивать высокие показатели надежности и долговечности. Применение систем автоматизированного проектирования для проведения прочностного анализа разрабатываемых конструкций и оптимизации их формы позволяет достичь желаемых результатов [1, 2, 3].

Системы автоматизированного проектирования (САПР) позволяют создавать точные и детализированные трехмерные модели разрабатываемых конструкций. Это позволяет инженерам и конструкторам детально изучить конструкцию, выявить возможные проблемы и внести изменения на ранней стадии проектирования. Многие САПР-программы включают в себя инструменты для анализа напряжений и деформаций, что позволяет оценить прочность, жесткость и устойчивость конструкции. Это может помочь определить слабые места и выбрать оптимальные материалы и методы производства. Так же данные программы позволяют проводить численные эксперименты с конструкцией, изменяя ее параметры и проверяя влияние этих изменений на ее поведение и эффективность. Это помогает найти оптимальные решения, снижающие вес и стоимость конструкции без ущерба для ее характеристик.

Рассмотрим принцип работы данных систем на примере оптимизации формы кронштейна для крепления фонаря к каске пожарного в программе Inventor. Данная программа применялась при разработке и других конструкций устройств в области пожарной безопасности [4-7]. На рис. 1 представлена разработанная трехмерная модель кронштейна.

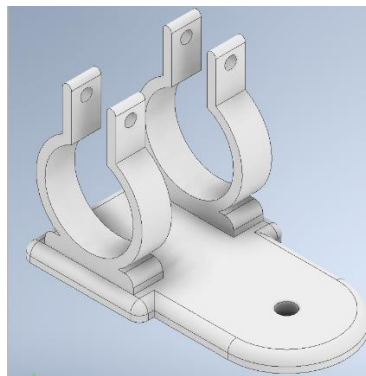


Рис. 1. Трехмерная модель кронштейна

Кронштейн фиксируется при помощи болта через отверстие, поэтому при создании нового исследования в разделе «Зависимости» программы Inventor задаем ограничение движения по всем направлениям. После того как создали все необходимые ограничения, необходимо указать внешние силы, действующие на деталь в разделе «Нагрузки». Вес фонаря составляет 200 гр., то есть на одну опору будет приходиться нагрузка в 100 гр., что соответствует нагрузке 1 Н. Кроме учета веса фонаря, необходимо задать направление силы тяжести к модели. В генераторе форм программы Inventor есть возможность задать параметр изменения (уменьшения) массы детали от первоначальных значений. Для кронштейна в настройках изменяли данный параметр на 20 %, 30 % и 50 %. На рис. 2 представлен результат расчета формы детали в генераторе форм.

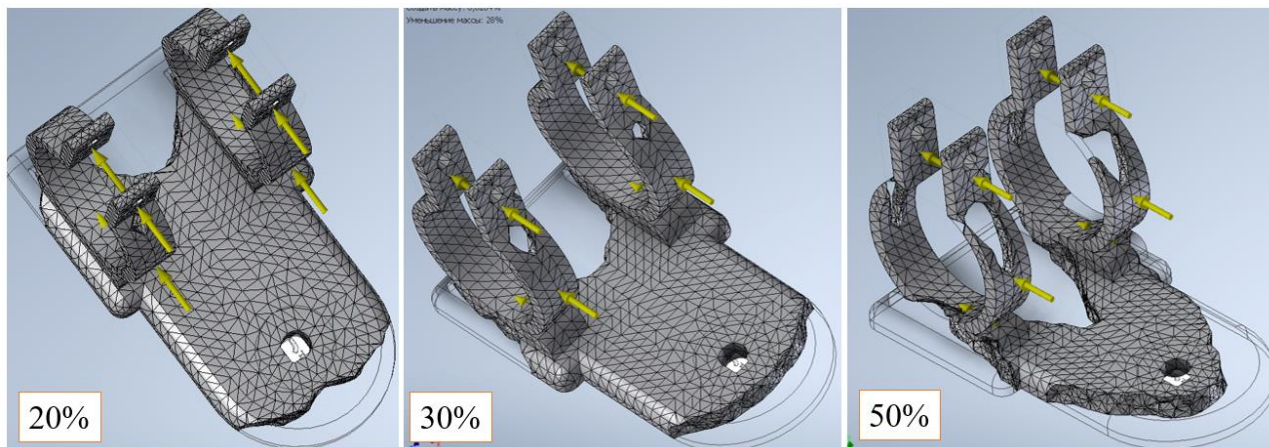


Рис. 2. Результаты расчета генератора форм программы Inventor

Как видно из рис. 2 при снижении массы детали на 50 % от исходного значения появляются участки в модели, которые имеют очень маленькую толщину, поэтому нецелесообразно уменьшать массу данной детали более чем на 30 %. После выбора нужной формы детали, которая получена на основании расчетов, необходимо изменить начальную конструкцию модели. Для этого, в программе предусмотрен режим экспорта полученной формы в формат STL, которая может быть добавлена в проект. Это дает возможность наложить полученную форму на исходную модель, чтобы понять, где можно удалить лишний материал. На рис. 3 представлен результат оптимизации формы модели.

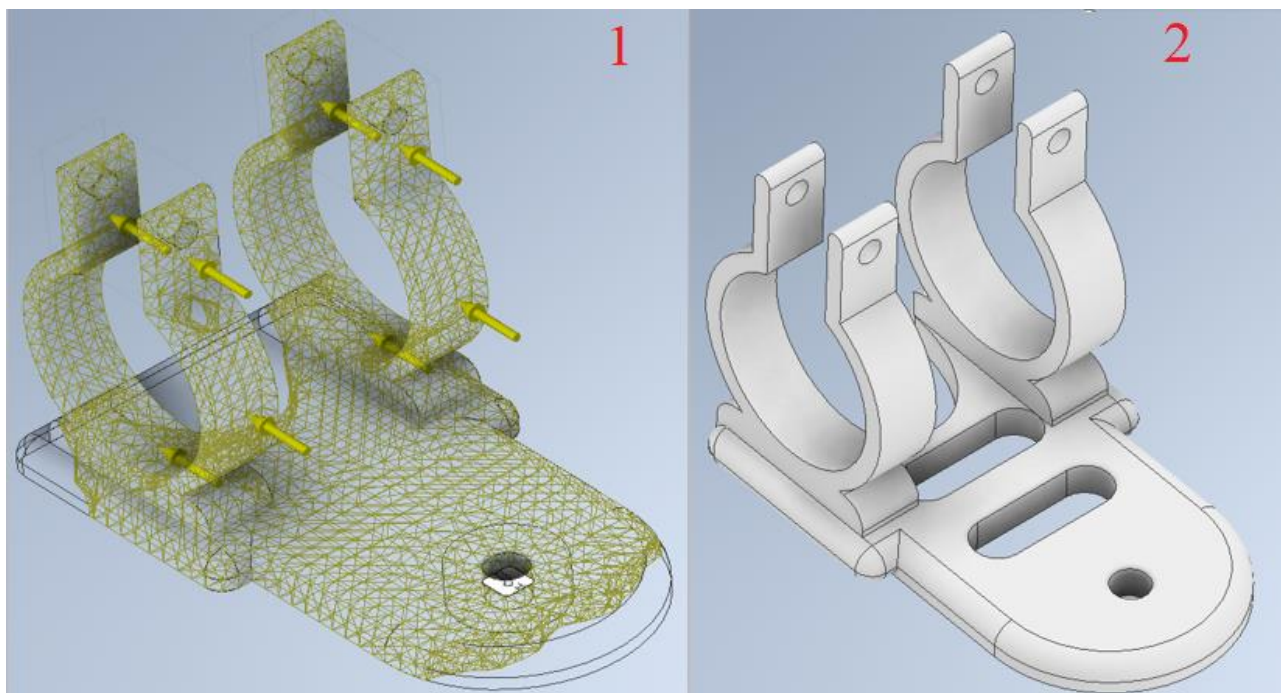


Рис. 3. Оптимизация формы модели:

1 — первоначальная форма детали в каркасном режиме и форма, полученная по результатам расчетов; 2 — оптимизированная форма детали, измененная с учетом расчета генератора форм

Для полученной новой формы детали был проведен прочностной анализ с целью определения, перегруженных участков, где напряжение в материале превышает допустимые значения для заданного материала. Материал в данном виде исследования задали АБС пластик. По результатам прочностного анализа максимальные напряжения в модели составили 1,372 МПа, что не превышает допустимых значений для пластика АБС. Разработанная конструкция кронштейна для крепления фонаря к каске пожарного является достаточно прочной.

Выводы по использованию генератора форм программы Inventor: получены сгенерированные формы детали путем снижения массы детали в процентном соотношении от исходных значений; изменена форма детали на основании полученных значений генератора форм; проведен прочностной анализ оптимизированной формы детали, который показал, что деталь имеет надежную конструкцию и значения максимальных напряжений не превышают допустимых.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.Е. Использование современных методов исследования при разработке новых конструкций зажимов для восстановления работоспособности напорных пожарных рукавов и оценка их технического состояния на основе компьютерного моделирования / В.Е. Иванов, П.В. Пучков // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2021. № 3. С. 114-118.
2. Иванов В.Е. Исследование технического состояния объектов машиностроения на основе компьютерного моделирования на примере разработки зажимов для устранения не-

исправностей пожарных рукавов / В.Е. Иванов, П.В. Пучков // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2021. № 12. С. 543-546.

3. 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.

4. Иванов В.Е. Разработка рациональной конструкции устройства для разбивания автомобильных стекол при аварии / В.Е. Иванов, П.В. Пучков // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2023. № 5. С. 195-198.

5. Пучков П.В. Разработка конструкции устройства для навивания проволоки на соединительной арматуре / П.В. Пучков, В.Е. Иванов, В.П. Зарубин // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2023. № 6. С. 243-245.

6. Puchkov P.V. Strength of Lifting Devices in a Tower Dryer for Fire Hoses / P.V. Puchkov, V.E. Ivanov // Russian Engineering Research. 2023. Vol. 43, No. 3. P. 297-298.

7. Патент на полезную модель № 220671 U1 Российская Федерация, МПК В25В 25/00. Устройство для навязки проволочных хомутов: № 2023117311: заявл. 29.06.2023: опубл. 28.09.2023 / И.А. Малый, И.Ю. Шарабанова, П.В. Пучков [и др.]; заявитель 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».

УДК 621

И.Б. Цакаев, В.Е. Иванов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРОЕКТНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ПО РАЗМЕЩЕНИЮ ПОСТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ НА БАЗЕ ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ

Аннотация: в статье приводится решение проблем, выявленных в системе технического обслуживания и ремонта пожарно-спасательной техники. Проведен подбор необходимого оборудования для проведения качественного технического обслуживания и ремонта пожарной техники. Проведен расчет инженерно-планировочных решений по расположению поста технического обслуживания на базе пожарно-спасательной части.

Ключевые слова: ремонт, техническое обслуживание, оборудование, пожарная техника, пост технического обслуживания.

I.B. Tsakaev, V.E. Ivanov

DESIGN AND TECHNICAL SOLUTIONS FOR THE PLACEMENT OF A FIRE EQUIPMENT MAINTENANCE POST ON THE BASIS OF A FIRE AND RESCUE UNIT

Abstract: The article provides a solution to the problems identified in the system of maintenance and repair of fire and rescue equipment. The selection of the necessary equipment for high-quality maintenance and repair of fire equipment was carried out. The calculation of engineering

and planning solutions for the location of the maintenance post on the basis of the fire and rescue unit was carried out.

Keywords: repair, maintenance, equipment, fire fighting equipment, maintenance post.

Одной из наиболее главных задач государства является обеспечение пожарной безопасности [1]. Организация деятельности подразделений пожарной охраны представляет собой один из способов защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара [2]. Современное пожарно-спасательное подразделение невозможно представить без пожарной техники. При помощи пожарных автомобилей решается целый ряд задач: доставка личного состава с необходимым оборудованием и вооружением, доставка огнетушащих веществ и организация их бесперебойной подачи, возможность создания пункта обогрева пожарных и пострадавших, подача сигналов отхода при возникновении угрозы для личного состава и многое другое.

Следует отметить, что пожарные автомобили эксплуатируются в самых жестких условиях.

Под эксплуатацией пожарных автомобилей понимаются использование их для выполнения оперативных задач при тушении пожаров [3], а также техническое обслуживание и ремонт, учет и хранение в пункте дислокации подразделения, когда караул не на пожаре [4].

Для обеспечения поддержания техники в постоянной готовности к выполнению боевой задачи необходимо проведение своевременного и качественного технического обслуживания автомобилей, а при необходимости и ремонта.

Ремонт и техническое обслуживание пожарной техники, стоящей на вооружении в пожарно-спасательных частях Урус-Мартановского гарнизона Чеченской Республики, осуществляется в соответствии с приказом МЧС России [5].

При этом, в настоящее время необходимо совершенствование имеющегося поста технического обслуживания или проектирование нового на базе другой пожарно-спасательной части. Сейчас, техническое обслуживание пожарной техники, стоящей на вооружении пожарных подразделений, проводится на базе специализированной пожарно-спасательной части, куда всякий раз необходимо перевозить технику из города Урус-Мартан и иных населенных пунктов муниципального образования.

На основании проведенных расчетов предложено организовать пост технического обслуживания и диагностики пожарных автомобилей на базе при 17 ПСЧ 1 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по ЧР. Пост будет располагаться непосредственно в гараже резервной техники с организацией въезда автомобилей с фасадной части здания. Организовать пост ТО и диагностики общей площадью 243 м² (рис. 1).

Одной из наиболее главных задач государства является обеспечение пожарной безопасности [1]. Организация деятельности подразделений пожарной охраны представляет собой один из способов защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара [2]. Современное пожарно-спасательное подразделение невозможно представить без пожарной техники. При помощи пожарных автомобилей решается целый ряд задач: доставка личного состава с необходимым оборудованием и вооружением, доставка огнетушащих веществ и организация их бесперебойной подачи, возможность создания пункта обогрева пожарных и пострадавших, подача сигналов отхода при возникновении угрозы для личного состава и многое другое.

Следует отметить, что пожарные автомобили эксплуатируются в самых жестких условиях.

Под эксплуатацией пожарных автомобилей понимаются использование их для выполнения оперативных задач при тушении пожаров [3], а также техническое обслуживание и ремонт, учет и хранение в пункте дислокации подразделения, когда караул не на пожаре [4].

Для обеспечения поддержания техники в постоянной готовности к выполнению боевой задачи необходимо проведение своевременного и качественного технического обслуживания автомобилей, а при необходимости и ремонта.

Ремонт и техническое обслуживание пожарной техники, стоящей на вооружении в пожарно-спасательных частях Урус-Мартановского гарнизона Чеченской Республики, осуществляется в соответствии с приказом МЧС России [5].

При этом, в настоящее время имеется проблема, заключающаяся в отсутствии в гарнизоне собственного поста технического обслуживания, функционирующего в полной мере. В связи с этим, техническое обслуживание пожарной техники, стоящей на вооружении пожарных подразделений, проводится на базе специализированной пожарно-спасательной части, куда всякий раз необходимо перевозить технику из города Урус-Мартан и иных населенных пунктов муниципального образования [6].

На основании проведенных расчетов предложено организовать пост технического обслуживания и диагностики пожарных автомобилей на базе при 17 ПСЧ 1 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по ЧР. Пост будет располагаться непосредственно в гараже резервной техники с организацией въезда автомобилей с фасадной части здания. Организовать пост ТО и диагностики общей площадью 243 м² (рис. 1).

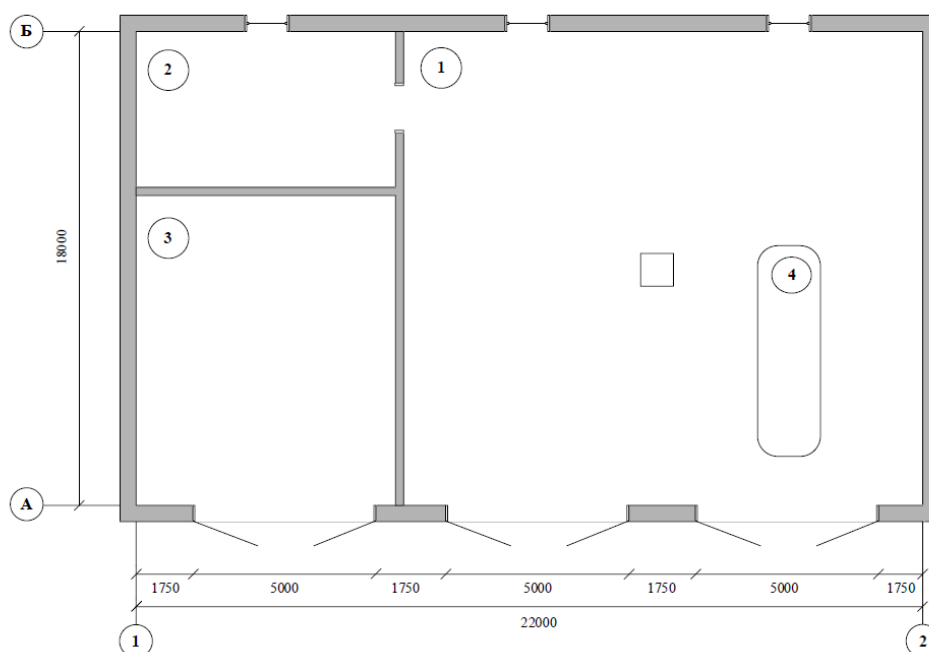


Рис. 1. Схема гаража резервной техники при 17 ПСЧ:

- 1 — помещение для размещения техники, 2 — комната отдыха водителей,
3 — бокс для легковой техники, 4 — смотровая яма

Одним из наиболее важных направлений по повышению производительности труда ремонтных рабочих, с одновременным повышением качества работ и эффективности всего производства, является внедрение новейших технологий с использованием современного высокопроизводительного оборудования, комплексная механизация и автоматизация процессов ТО и ремонта автомобилей [7, 8].

Для обеспечения полноценной работы поста необходимо соответствующее материально-техническое оснащение и оборудование, указанное в таблице.

Таблица. Оборудование поста ТО

Наименование	Кол-во, шт.
Экспликация оборудования	1
Передвижной грузовой подъемник ПП-16	1
Аппарат точечной сварки WS9	1
Колонка воздухораздаточная С413М, для подкачки грузовых шин	1
Станок комбинированный точильно-шлифовальный Optimum GU20B	1
Металлический стол-верстак	1
Вулканизатор напольный для больших колёс NV 004	1

Рассмотрим каждый элемент из перечня подробнее.

Подъёмник ПП-16 - электромеханический, четырехстоечный, подкатной для грузовых автомобилей и автобусов. Подъем осуществляется за колёса. Управление производится одновременно всеми стойками. В случае остановки электродвигателя одной из стоек, отключается питание всех электродвигателей. Подъемник оснащен концевыми выключателями нажимного действия, ограничивающими ход каретки вверх и вниз и многоуровневой системой безопасности.

Электронный сварочный аппарат точечной сварки с микропроцессорным управлением. Сварочный аппарат применяется в кузовных цехах авторемонтных предприятий.

Колонка воздухораздаточная С-413М применяется при накачивании или подкачки шин автомобилей и автобусов в автоматическом режиме и отключения подачи воздуха при достижении заданного давления в шине.

Высококачественный точильный комбинированный станок Optimum GU20B предназначен для обработки металлов.

Профессиональный вулканизатор для ремонта камер и шин легкового и грузового транспорта.

В дальнейшем также предлагается увеличение количества оборудования, имеющегося на посту технического обслуживания, с целью расширения возможностей по организации технического обслуживания и ремонта пожарно-спасательной техники, стоящей на вооружении Урус-Мартановского пожарно-спасательного гарнизона. В частности, предлагается закупка следующих аппаратов и устройств: шиномонтажный станок для грузовых автомобилей Sivik ГШС – 515А; мойка высокого давления ЗУБР АВД-П225; гидравлический пресс с силовым устройством; вертикально-сверлильный станок ЗУБР; расточный станок 2Е78ПН. Рассредоточение всего оборудования на площади зданий гаража представлено на схеме (рис. 2).

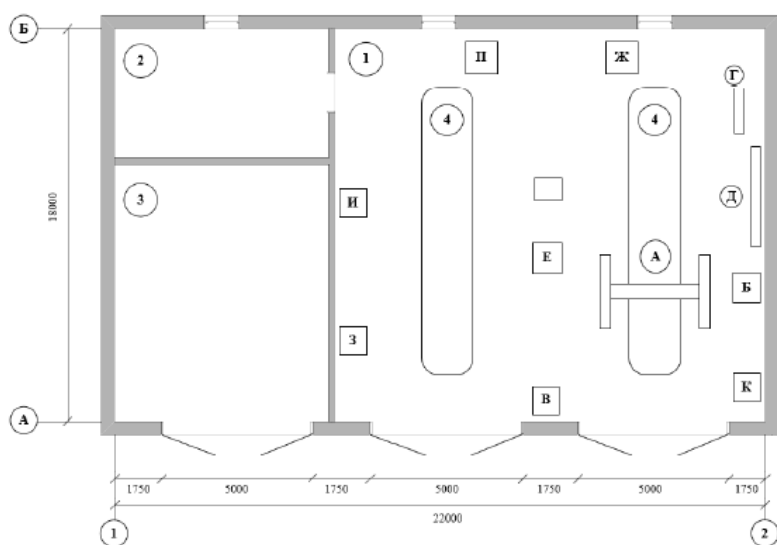


Рис. 2. Схема гаража резервной техники при 17 ПСЧ, переоборудованная под пост ТО: А — подъемник, Б — сварочный аппарат, В — колонка воздухо-раздаточная, Г — станок точи́льно-шлифовальный, Д — металлический стол-верстак, Е — вулканизатор шин, Ж — шиномонтажный станок, К — мойка, И — гидравлический пресс, П — вертикально-сверлильный станок, З — расточный станок

Предполагается, что проведение работы по совершенствованию поста технического обслуживания, позволит обеспечить проведение своевременного и качественного ремонта и технического обслуживания пожарной техники гарнизона и обеспечить нахождение автомобилей в постоянной готовности к выполнению боевой задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
3. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 г. № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации
4. Приказ МЧС России от 20 октября 2017 г. № 452 «Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны». тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
5. Приказ МЧС России от 01.10.2020 № 737 «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
6. 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: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2023. С. 448-452.
7. 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.
8. Зарубин В. П. Разработка устройства для выполнения смазочных и заправочных работ при техническом обслуживании пожарной техники / В. П. Зарубин, И. А. Легкова, В. Е. Иванов // Пожарная и аварийная безопасность. 2020. № 1(16). С. 26-30.

УДК 372.862

С.М. Червоноокая¹, М.Е. Толпекина², Т.В. Кучер², О.В. Токарева¹

¹ Академия ГПС МЧС России

² Донецкий институт ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ РАЗДЕЛОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЧЕРЧЕНИЯ

Аннотация: разработано электронное учебное пособие по инженерной графике «Правила простановки размеров на чертежах. Тестовый контроль знаний», являющийся частью учебно-методического комплекта машиностроительного раздела инженерной графики.

Ключевые слова: инженерная графика, дистанционное обучение, интерактивное учебное пособие, онлайн-тренажеры.

S.M. Chervonokaya, M.E. Tolpekina, T.V. Kucher, O.V. Tokareva

DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE TUTORIAL FOR SELF-STUDY OF MECHANICAL DRAWING SECTIONS

Abstracts: developed an electronic tutorial on engineering graphics "Rules for dimensioning on drawings. Test knowledge control, "which is part of the educational and methodological set of the engineering section of engineering graphics.

Keywords: engineering graphics, distance learning, interactive tutorial, online simulators.

В современном мире большинство студентов к первому курсу имеют большой опыт использования гаджетов и мобильных приложений. Цифровизация давно вошла в их повседневную жизнь. Более того, в последние годы в образовательный процесс надолго вошло дистанционное обучение, которое подразумевает использование информационных технологий [1].

Подготовка будущих инженеров, в том числе специалистов пожарной и техно-сферной 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 [2].

При заочном, а при определенных обстоятельствах и очном дистанционном обучении, когда обучающийся оторван от преподавателя и аудитории, проблемы поиска необходимой учебной литературы становятся насущными. Выходом из этой ситуации становятся интерактивные учебники и пособия. Их отличительными признаками являются мультимедийность, интерактивность и модульность.

Одним из решений для обучения в самостоятельном режиме, а также отработки математических навыков могут служить онлайн-тренажеры, которые представляют собой базу знаний, симуляции, тесты, игры. Онлайн-тренажеры также применяют интерактивные методы и технологии, их использование не зависит от времени и места, позволяют выбирать уровень сложности и темп обучения [3].

На кафедре механики и инженерной графики Академии ГПС МЧС России совместно с кафедрой математических дисциплин Донецкого института ГПС МЧС России разработано электронное учебное пособие по инженерной графике «Правила простановки размеров на чертежах. Тестовый контроль знаний».

Данное учебное пособие является частью учебно-методического комплекта по специальностям технического профиля. Пособие предназначено для изучения общепрофессиональной дисциплины инженерная графика.

Учебно-методический комплект пособия разработан на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования с учетом его профиля.

Пособие создано в программе PowerPoint и переведено в html формат с помощью программы iSpring Suite, которая поддерживает создание тестов и опросов, позволяет интерактивно передвигаться по учебнику с использованием гиперссылок, поддерживает использование мультимедийных вставок. Для работы с учебным пособием нет необходимости использовать дополнительное программное обеспечение и применять специальные навыки, достаточно наличие любого браузера (рис. 1).



Рис. 1. Титульный лист электронного учебного пособия

Содержание электронного учебного пособия разбито на три раздела: «Теория», «Примеры выполнения», «Проверка знаний» (рис. 2). Каждый из разделов наполнен материалами, соответствующими тематике курса инженерной графики по разделу правил простановки размеров на чертежах деталей [4].

Правила нанесения размеров установлены ГОСТ 2.307-2011. Величина изображенного изделия и его элементов определяется размерными числами, нанесенными на чертеже. Общее количество размеров на чертеже должно быть минимальным, достаточным для изготовления и контроля изделия.

Раздел «Теория» содержит семь подразделов, содержание которых дают в краткой интерпретации материалы по основным правилам и требованиям при простановке размеров на чертежах деталей. Материал изложен последовательно и компактно, с примерами иллюстративного плана при необходимости.

Каждый из подразделов, например, «Правила нанесения размеров» содержит теоретический материал в виде текста (рис. 2) или в формате иллюстраций с кратким комментарием, например, в разделе «Способы простановки размеров» (рис. 3).



Рис. 2. «Правила нанесения размеров»

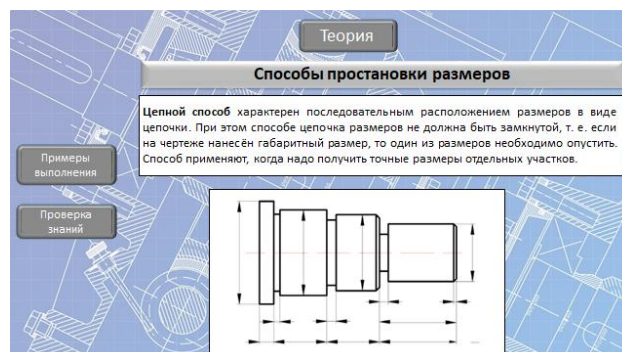


Рис. 3. «Способы простановки размеров»

Раздел «Проверка знаний» содержит в себе тесты по теме «Правила простановки размеров на чертежах деталей», выполненные так же в html-формате. Для активации теста необходимо перейти по кнопке «Проверка знаний» и нажать «Начать тест».

Тест содержит 30 вопросов различного типа: единственный выбор, множественный выбор, задания на установление соответствия. При завершении выбора одного или нескольких правильных ответов дается оценка «правильно» или «неправильно» (рис. 4).

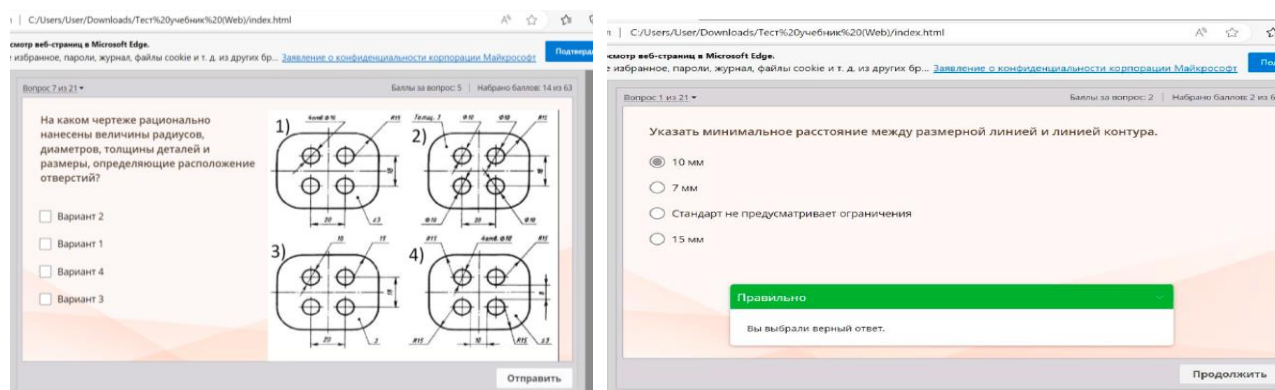


Рис. 4. Варианты ответов на вопросы тестов

В процессе прохождения теста, возможно, озвучить вопрос, используя клавишу «микрофон» (рис. 5).

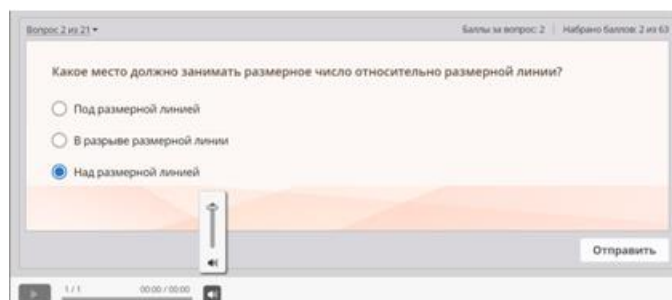


Рис. 5. Использование клавиши «микрофон»

По результату прохождения всех вопросов теста дается оценка зачета сданного материала. При правильных ответах более 80 % вопросов зачет по теме считается сданным (рис. 6). При меньшем количестве правильных ответов предлагается повторить теоретический материал и пройти тест повторно.

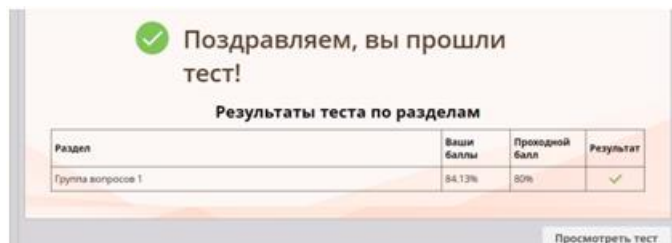


Рис. 6. Итог пройденного теста

Разработка электронного учебного пособия «Правила нанесения размеров на чертежах деталей» является стартовым для дальнейшей работы по созданию электронных учебников по другим темам дисциплины инженерная графика. Проведя апробацию данного издания среди курсантов и студентов 1-го курса различных направлений обучения, будут проанализированы менее усвоенные темы дисциплины, подобраны более эффективные формы предоставления информации для изучения материала. Это позволит внести коррективы в содержательную часть учебника и отредактировать вопросы тестов, присваивая вес оценки в зависимости от сложности и емкости вопроса. Данный подход позволит замотивировать обучающихся к самостоятельному изучению теоретической части дисциплины и получению большего объема знаний и умений, полученных путем поиска правильного решения через различные источники информации [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толпекина М.Е. Повышение мотивации изучения математических дисциплин с использованием информационных технологий. Сборник научно-методических работ. Вып. 13. Донецк: ДонНТУ, 2023. 209 с.
2. Токарева О.В. Чтение и детализирование чертежей общего вида. Выполнение сборочного чертежа / О.В. Токарева, С.М. Червоноокая. – Москва: Академия ГПС МЧС России, 2018. 62 с.
3. Развитие мотивационных аспектов при самостоятельном изучении инженерной графики с использованием компьютерных технологий / Червоноокая С.М., Толпекина М.Е., Кучер Т.В. / Отчет о научно-исследовательской работе. М.: Академия ГПС МЧС России, 2023. 71 с.
4. Токарева, О.В. Разрезы и сечения. Правила простановки размеров на чертежах деталей / О.В. Токарева, С.М. Червоноокая. Москва: Академия ГПС МЧС России, 2021. 49 с.
5. Кучер Т.В. Современные возможности создания анкет и тестов для учебного процесса [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://agz.dnmchs.ru/static/upload/agz/site/vestnik/Vestnik%201\(17\)%202019.pdf](http://agz.dnmchs.ru/static/upload/agz/site/vestnik/Vestnik%201(17)%202019.pdf).

ПРОБЛЕМЫ ИЗНОСА В МАШИНАХ И МЕХАНИЗМАХ

УДК 621.357

Н.Н. Батанов, И.И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПУТЕМ ГАЛЬВАНИЗАЦИИ

Аннотация: В статье предложен способ повышения надежности различных инструментов и деталей путем гальванизации, а именно хромирования.

Ключевые слова: гальваника, хромирование, надежность.

N.N. Batanov, I.I. Vedernikova

IMPROVING THE RELIABILITY OF PARTS BY GALVANIZING

Abstracts: The article proposes a method improving the reliability of various tools and parts by electroplating, namely chrome plating.

Keywords: electroplating, chrome plating, reliability.

В машиностроении надежность играет очень важную роль, так как от нее зависит безопасность и эффективность работы механизмов и оборудования. Надежные механизмы важны не только для повышения производительности, но и для предотвращения аварий и обеспечения долгого срока службы оборудования.

Одним из способов повышения надежности деталей является гальваностегия. На данный момент выделяют следующие виды гальванических покрытий: хромирование, меднение, цинкование, железнение, никелирование, латунирование.

Восстановление твердым хромированием применяют для достижения определенных характеристик поверхности:

1. нечувствительности к давлению, получения высокой твердости, сопротивления ударам, толчкам и истиранию (применяют для калибров, пуансонов, штампов, деталей машин и так далее);
2. низкого коэффициента трения скольжения: для валов, подшипников, протяжных инструментов, трущиеся поверхности цилиндров, поршневые кольца;
3. плохой смачиваемости: для пресс-форм, литейных форм, пластмасс, стекла, искусственного волокна;
4. большой жаростойкости: для форм для отливок, паровых машин, паровых турбин;
5. высокой коррозионной стойкости двигателей внутреннего сгорания и других.

Еще твердое хромирование применяют для восстановления изношенных частей калибров, инструментов, машин, валов, подшипников, для покрытия изделий из алюминия, цинка и их сплавов в самых разных целях, а также для увеличения износостойкости (не подойдет для достижения устойчивости к ударам и сжатию). В случаях значительных ударных или сжимающих нагрузок, металл, который выбрали для ос-

нования при твердом хромировании, не должен быть слишком мягким. Также толстый слой твердого хрома на мягкой основе не способен полностью использовать ценные свойства хрома. При хромировании часто допускается использование более дешевых материалов, чем для деталей без хромирования.

Так, например, очень часто нормальные углеродистые стали используют вместо дорогих специальных сталей, в результате получается сэкономить и в стоимости материала и в стоимости его обработки (иногда очень высокой), так как обработать специальные стали часто бывает значительно сложнее, чем нормальные.

Толщина слоя хрома при восстановлении деталей определяется в первую очередь назначением покрытия, а затем видом нагрузки. В тех случаях, когда восстанавливаются изделия, на износ поверхности которых установлены соответственно малые допуски, например калибры, измерительный инструмент или некоторые детали машин (валы и подшипники), бесполезно наносить хромовое покрытие значительно большей толщины, чем это требует допуск на деталь.

Коленчатые или кулачковые валы целесообразно восстанавливать только в опорных местах. Остальные поверхности изолируют перед хромированием, чтобы избежать экранирования мест, не подлежащих хромированию. Каждое отдельное опорное место должно быть охвачено круговым анодом с инструментом.

Существует несколько разных способов хромирования: электролитическое хромирование; диффузное хромирование; вакуумное хромирование; химическое хромирование; гидрофобизация.

Широко распространено электролитическое хромирование. Перед началом обработки деталь полностью очищают от загрязнений. Чистое изделие помещают в специальный резервуар, наполненный электролитом – обычно на основе шестивалентного хрома. В составе электролита присутствуют серная кислота и хромовый ангидрид строго определённой плотности.

После для детали и электролита создается определённая температура, от которой зависит результат: при температуре около 50 °С на детали образуется красивое декоративное покрытие из хрома; при температуре 55–60 °С получают прочное, коррозионно- и износостойкое функциональное покрытие.

В конструкции резервуара есть аноды, которые изготавливают из свинца с добавлением сурьмы или олова. Благодаря им через электролит пропускают постоянный электрический ток определённой плотности: при токе плотностью 25 А/дм² выполняется обработка изделий в декоративных целях; при токе плотностью 60 А/дм² получается функциональное покрытие из хрома.

При протекании тока через электролит запускается процесс электролиза. В жидкой смеси серной кислоты и хромового ангидрида выделяются катионы хрома. Они осаждаются на поверхности обрабатываемого изделия, образуя покрытие с требуемыми свойствами.

Слой хрома, образующийся на деталях при электролизе, хрупок. Чтобы сделать его прочнее, изделия в некоторых случаях подвергают длительной термической обработке при температуре приблизительно 200 °С.

При диффузионном хромировании смесь для металлизации и обрабатываемая деталь, состоящая из феррохрома и шамота, помещаются в печь. В ней они нагреваются до температуры от 700 до 1400 °С. Атомы хрома, которые выделились из смеси, диффундируют (проникают) в поверхностный слой изделия и формируют прочное и долговечное

покрытие. Чтобы ускорить реакцию, используют хлористый аммоний, образующий активные летучие соединения хрома.

Вакуумное хромирование (PVD-процесс) применяется для создания покрытий на изделиях из алюминия. Металлический хром и деталь помещают в вакуумную камеру. В ней металл нагревается до температуры испарения. Атомы хрома оседают на защищаемой поверхности. Образовавшийся слой обычно тонкий и непрочный, поэтому его дополнительно покрывают лаком.

Химическое хромирование применяется для обработки как металлических, так и неметаллических изделий. Сначала поверхность детали очищают и обезжиривают. Если необходимо, то создают дополнительный слой (например, из меди). Резервуар заполняют водным раствором, содержащим соли хрома. Жидкость нагревают до определенной температуры (обычно 80 °С). Обрабатываемое изделие помещают в резервуар на несколько часов. В ходе хромирования из раствора солей восстанавливается хром, после чего он оседает на поверхности детали и формирует на ней защитный слой. В конце процесса обработанное изделие промывают и просушивают. Часто покрытие из хрома, получаемое химическим методом, недостаточно прочное. Для её увеличения изделие подвергают термической обработке при температуре от 300 до 400 °С. Происходит диффузия атомов хрома, и созданное покрытие прочно соединяется с материалом детали.

Гидрофобизацию используют для того, чтобы покрытие из хрома сделать максимально коррозионно-стойким. Хромированные поверхности обрабатывают растворами солей жирных кислот. На изделии адсорбируются молекулы используемого соединения. При этом покрытие становится гидрофобным. Капли, попадающие на обработанное изделие, легко стекают с него, что сильно понижает вероятность возникновения коррозии, в результате повышается надежность изделия.

Таким образом, гальваника, в том числе хромирование, играет важную роль в повышении надежности деталей за счет создания защитного слоя, который продлевает их срок службы и обеспечивает более эффективную работу в машиностроении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полетаев, В. А. Упрочнение деталей электронасосов электродуговым напылением / В. А. Полетаев, Г. С. Королькова, И. И. Ведерникова // Металлообработка. – 2010. – № 5(59). – С. 18-21.
2. Полетаев, В. А. Исследование на износостойкость деталей, упрочненных электродуговой металлизацией / В. А. Полетаев, Г. С. Королькова, И. И. Ведерникова // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2010. – № 8. – С. 24-27.
3. Повышение износостойкости деталей дифференциала пожарных автомобилей за счет применения алмазного выглаживания / А. В. Топоров, П. В. Пучков, В. П. Зарубин, В. В. Киселев // Пожарная и аварийная безопасность. – 2022. – № 3(26). – С. 6-13.
4. 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.
5. Зарубин, В. П. Применение алмазного выглаживания для повышения износостойкости поверхностей валов пожарных насосов / В. П. Зарубин, В. В. Киселев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – Т. 18, № 10(214). – С. 451-453.

УДК 665.765

М.В. Божевольнов, И.А. Телегин, В.В. Терентьев, В.В. Рябинин

ФГБОУ ВО Верхневолжский ГАУ

СОСТАВ ПЛАСТИЧНЫХ СМАЗОК, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИСАДКИ

Аннотация: в статье рассматриваются составные элементы пластичных смазок, классификация присадок к ним.

Ключевые слова: присадки, пластичные смазки, загуститель, модификатор, наноматериалы, ингибиторы коррозии.

M.V. Bozhevolnov, I.A. Telegin, V.V. Terentyev, V.V. Ryabinin

THE COMPOSITION OF GREASES, ADDITIVES USED

Abstracts: the article discusses the constituent elements of greases, the classification of additives to them.

Keywords: additives, greases, thickener, modifier, nanomaterials, corrosion inhibitors.

Отличительная особенность пластичных смазок перед другими смазочными материалами – их способность обладать свойствами твердых и жидких тел. Так, при небольших нагрузках смазка способна удерживаться на наклонных поверхностях, т. е. подчиняется закону упругих деформаций. Под действием значительных усилий смазка ведет себя как жидкое тело (обладает текучестью).

По сравнению с жидкими смазочными материалами смазки обладают рядом преимуществ, однако имеют два существенных недостатка: не отводят тепло от смазываемых деталей и обладают низкой стабильностью мыльных смазок к окислению [1].

Смазки представляют собой трехкомпонентную коллоидную систему, состоящую из базового масла (дисперсионной среды), загустителя (дисперсионной фазы) и модификаторов – маслорастворимых присадок, наполнителей. Каждая составная часть смазки выполняет специфическую функцию: загуститель придает смазке густоту, масло смазывает поверхности трения, присадки улучшают функциональные свойства смазок.

Базовые масла – это основная часть (70...96 %) смазки. Свойства смазок во многом зависят от свойств базового масла.

Минеральные масла повышают нагрузочную способность, липкость смазок, лучше защищают от коррозии, повышают водостойкость, но имеют посредственные низкотемпературные свойства.

Масла с низким индексом вязкости (нафтеновые и ароматические) требуют меньше загустителя. Парафиновые масла с высоким индексом вязкости характеризуются широким интервалом рабочей температуры.

Синтетические масла используются только в том случае, когда смазки на основе минеральных масел не удовлетворяют эксплуатационным требованиям. Смазки на основе синтетических масел обладают лучшей окислительной стабильностью, высокотемпературными и низкотемпературными свойствами, повышенной стойкостью к загрязнению и агрессивным веществам [2].

Экологические проблемы заставляют использовать в качестве базовых масел растительные масла (например, касторовое масло).

Натуральные растительные масла хорошо усваиваются микроорганизмами и насекомыми. Синтетические масла разлагаются микрогрибками. Поэтому для производства экологически безвредных смазок применяются растительные масла.

В качестве загустителей используют соли металлов и жирных органических кислот – мыла (простые, смешанные и комплексные), а также твердые углеводороды и некоторые продукты неорганического или органического происхождения (селикагели, полимеры и др.).

Смешанные мыла металлов получают путем смешения двух, реже трех, мыл разных металлов. Эти смазки обладают улучшенными свойствами по отношению к смазкам, загущенным простыми мылами металлов.

Комплексные мыла металлов получают из нескольких солей одного металла. При этом улучшаются механические и термические свойства смазок.

Углеводородные смазки получают путем сплавления жидкого масла с твердыми углеводородами – парафином или церезином. Эти смазки не растворяются в воде, имеют хорошие защитные свойства, высокую химическую и коллоидную стабильность. Используются для защиты машин от коррозии, для смазывания не используются из-за низкой температуры плавления.

Добавки вводятся в состав пластичных смазок для улучшения их эксплуатационных свойств.

Под микроскопом частицы загустителя представляют собой скопления кристаллитов и мицелл, а также растворенных компонентов, размер которых зависит от метода гомогенизации (рисунок). Тем не менее, природа пластичных смазок и подобных продуктов, образованных неорганическими загустителями, пигментами или ферритами, легко поддается описанию, так как их структура достаточно проста и отличается от структуры мыльных смазок. В данном случае полностью применимы законы коллоидной химии и физики. Того же следовало бы ожидать от смазок, изготовленных из олигомоочевин, однако их структура, которую можно разглядеть при помощи электронного микроскопа, более всего напоминает волокна мыла. Структура жидких кристаллов существенно отличается. За последние годы их изучение привело к получению множества интересных данных.

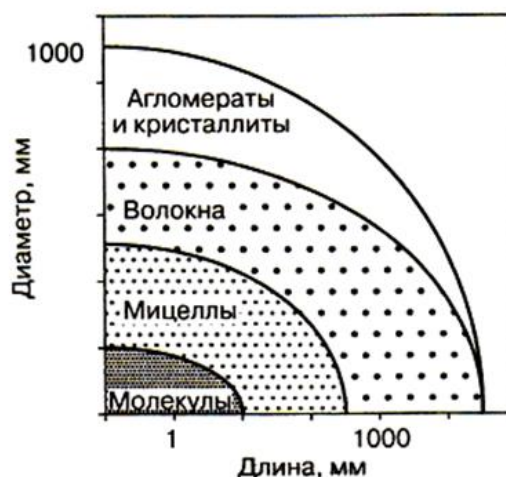


Рисунок. Размеры компонентов загустителя [3]

Большинство присадок, применяемых в жидких смазочных материалах, можно использовать аналогичным образом и в пластичных смазках, хотя, как правило, в больших концентрациях. Поэтому всегда следует помнить о взаимодействии загустителей и присадок [3].

Типичная многоцелевая смазка на основе 12-гидроксистеарата лития содержит по меньшей мере 0,2 %масс. антиоксиданта или смеси антиоксидантов, от 0,5 до 1,0 % масс. одного или нескольких ингибиторов коррозии, около 0,05 %масс. антикоррозионной присадки, до 2,5 %масс. противозадирных и противоизносных присадок. В высококлассных смазках уровень содержания антиоксиданта может достигать 3 % масс. и более; в качестве антиоксидантов предпочтительно использование высокомолекулярных продуктов. Присадки, частично описанные ниже, применимы только для пластичных смазок.

Модификаторы структуры. Пластичные смазки содержат соединения, воздействующие на структуру загустителя в той же мере, в какой они действуют как присадки в смазках в целом. Эти соединения содержат главным образом воду, глицерин, а также жирные кислоты и гидроксиды щелочных или щелочноземельных металлов. Взаимодействия между модификаторами структуры и присадками, например между противозадирными присадками и глицерином или стеариновой кислотой, могут оказывать очень сильное влияние на рабочие характеристики смазки. Хотя присутствие воды в количестве 1 % масс. и более может привести к проблемам при применении в областях, где требуется длительный срок эксплуатации, содержание воды в количестве 20 %масс. и выше не всегда негативно влияет на рабочие характеристики смазки при применении в некоторых областях металлургии. Другим легко контролируемым модификатором структуры смазок является воздух, неизбежно присутствующий в смазке. Разумеется, содержание воздуха должно быть ограничено, зачастую до уровня менее 3 %, однако попадание воздуха в смазку при ее прохождении через длинную трубку практически неизбежно.

Антикоррозионные присадки (ингибиторы коррозии) Наиболее эффективным ингибитором коррозии для мыльной смазки является избыток щелочи. Сульфонаты натрия или кальция, будучи одними из самых эффективных антикоррозионных добавок, являются в то же время сильными модификаторами структуры и могут вызывать проблемы при использовании многих смазок, в частности изготовленных с неорганическими загустителями. Производные имидазолина и саркозина, а также сложные эфиры алкенилов и янтарной кислоты являются приемлемыми ингибиторами для смазок на мыльной основе; двунатриевый себацинат используют главным образом в гелевых смазках. Карбодиимиды рекомендованы для применения в смазках на основе сложных эфиров, в первую очередь для предотвращения гидролиза.

Противозадирные и противоизносные присадки. Из множества известных коммерческих типов присадок соединения, включающие тяжелые металлы, такие как сурьма или свинец, из-за токсичности больше не применяются в качестве присадок к смазкам для тяжелых работ и противоизносных присадок; в настоящее время даже применение цинка является спорным из-за проблем, связанных с загрязнением воды. Постепенно происходит переход к использованию беззольных присадок, например дитиокарбаматов, дитиофосфатов и производных тиадиазола, последние обладают также антикоррозионными характеристиками; кроме того, следует ожидать роста применения беззольных алкиламинофосфоритов в качестве присадок к смазкам. Среди тяжелых металлов исключительное значение имеет висмут. Присадки, содер-

жащие этот элемент, обладают некоторыми характеристиками его токсичных соседей, однако не имеют их недостатков.

Твердые смазки. По своей природе смазки могут содержать те или иные присадки, не растворимые в базовом масле или смеси базовых масел, в довольно высоких концентрациях. Для большинства областей применения приемлемы средние размеры частиц измельченного до микронных размеров твердого вещества в интервале от 5 до 15 мкм. Графит и дисульфид молибдена являются старейшими, наиболее традиционным и наиболее исследованными твердыми (черными) смазывающими материалами в пластичных смазках. Многие производители используют их смеси, поскольку считается, что в смешанном виде они обладают улучшенными характеристиками. Характеристики дисульфида молибдена улучшают добавки дитиофосфатов цинка и примеси порошкообразных полиамидов, мочевиновых смол или солей производных циануровой кислоты. Смешивание с порошкообразным политетрафторэтиленом (ПТФЭ) не дает сравнимых результатов. В настоящее время интерес к дитиофосфатам и дитиокарбаматам молибдена в целях применения в смазках для резьбовых соединений возрастает быстрее по сравнению с дисульфидами. Несмотря на довольно высокую стоимость, ПТФЭ до сих пор является наиболее распространенным (белым) полимерным твердым смазочным материалом в пластичной смазке. Однако возрастает конкурентоспособность высокомолекулярных полиолефиновых порошкообразных добавок. Неорганические (белые) твердые смазочные материалы, например гидроксиды и дифосфаты некоторых щелочноземельных металлов, улучшают противозадирные и противоизносные свойства традиционных смазок и особенно желательны в случаях, когда смазки подвергаются вибрации. Кроме того, в качестве альтернативы твердым смазкам предложены такие твердые смазочные материалы, как сульфид висмута (Bi_2S_3), гексагональный нитрид бора (BN) и сульфид олова (SnS_2). Существует ряд других, в основном неорганических твердых веществ, которые скорее заполняют объем, чем способствуют улучшению смазочных характеристик: их обычно называют наполнителями.

Модификаторы трения. В жидких смазочных материалах карбоновые кислоты и их соли выступают в качестве модификаторов трения и присадок для работы в режиме граничной смазки. В пластичных смазках, содержащих большое количество этих соединений, твердые смазки иногда называют модификаторами трения, а в некоторых случаях — полимерными присадками. Обсуждается также применение жидких кристаллов с точки зрения их вклада в повышение прочности пленки.

Результаты исследований, приведенные в ряде работ [4–8] свидетельствуют о перспективности применения в кальциевых и литиевых пластичных смазках жидких кристаллов — карбоксилатов меди.

Некоторые характеристики смазок, например механическую стабильность, можно до некоторой степени улучшить только путем применения полимерных присадок; вместе с тем другие характеристики, такие как стойкость к агрессивным реагентам за счет применения присадок, улучшить невозможно.

Наноматериалы. Старейшим промышленным «наноматериалом» является газовая сажа. Его синтетическая альтернатива — высокодисперсный оксид кремния («белая газовая сажа») — была изобретена Клопфером в 1942 г. Смазывающие свойства или возможность применения в качестве присадки были предсказаны для микросфер SiO_2 размером 100–500 нм. Сообщалось, что сверхтонкие частицы кремниевой кислоты размером менее 40 нм в диаметре способны выступать в качестве противозадир-

ных и противоизносных присадок, аналогичные свойства проявляет фосфатное стекло. Фуллерены, известные с 1985 г., привлекают внимание смазочной индустрии как материалы с размером частиц менее 100 нм. Благодаря своим размерам, наноматериалы являются потенциальными присадками, загустителями, составляющими базового масла пластичной смазки и частично твердыми веществами соответствующей трибосистемы. Простые фуллерены (главным образом C_{60}), изготавливаемые из графита, успешно прошли тестирование в качестве твердых смазок, однако их стоимость до сих пор велика. Полагают, что слои фуллеренов между слоями графита могут способствовать созданию смазки с нулевым трением; для этой цели еще более перспективным представляется использование графенов, представляющих собой одиночный слой атомов углерода, соединенных sp^2 связями. Считается, что MoS_2 и WS_2 в форме «неорганических фуллеренов» благодаря своей способности выдерживать чрезвычайно высокие давления в скачках уплотнения обладают большим потенциалом в качестве амортизирующих твердых смазок. В качестве наноматериалов интерес могут представлять также органические дендримеры и их металлсодержащие разновидности. Наиболее перспективным представляется применение фуллеренов в качестве основной марки наполнителя как одного из смазочных компонентов. Другими примерами твердых веществ, перспективными для применения в качестве наноматериалов в составе смазок, являются полиимиды, заполненные фуллеренами, обладающие высоким противоизносным потенциалом; а также композиты на основе нанотрубок и эпоксисоединений для пассивного демпфирования вибраций [9].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эксплуатационные материалы / А. П. Уханов, Д. А. Уханов, А. А. Глущенко, А. Л. Хохлов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 528 с. — ISBN 978-5-507-45309-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/264500> (дата обращения: 28.02.2024).
2. Забиров, Ф. Ш. Основы трибологии нефтегазового оборудования : учебное пособие / Ф. Ш. Забиров. — Уфа : УГНТУ, 2018. — 180 с. — ISBN 978-5-7831-1746-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/166887> (дата обращения: 29.02.2024).
3. Дунаев, А. В. Модернизация изношенной техники с применением трибопрепаратов / А. В. Дунаев, С. Н. Шарифуллин. — Казань : КФУ, 2013. — 272 с. — ISBN 978-5-00019-141-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/72826> (дата обращения: 01.03.2024).
4. Терентьев В.В., Аكوпова О.Б., Телегин И.А., Ельникова Л.В., Парунова Ю.М. Спектральные свойства карбоксилатов меди и опыт их применения в узлах трения сельскохозяйственной техники // Аграрный вестник Верхневолжья. 2019. № 1 (26). С. 79-84.
5. Терентьев В.В., Аكوпова О.Б., Наумова И.К., Титов В.А. Влияние плазмохимической обработки металломезогенных дискотических соединений на их физико-химические характеристики // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2021. Т. 21. № 1. С. 61-71.
6. Терентьев В.В., Лапшин В.Б., Субботин К.В., Богданов В.С. Повышение ресурса узлов трения почвообрабатывающей техники // Научное обозрение. 2011. № 6. С. 27-31.
7. Терентьев В.В., Аكوпова О.Б., Телегин И.А. Влияние мезогенной присадки бегената меди на реологические и триботехнические характеристики пластичных смазок // Жидкие кристаллы и их практическое использование. 2017. Т.17. №1. С.93-100.

8. Терентьев В.В., Телегин И.А., Рябинин В.В. Повышение износостойкости трибосопряжений сельскохозяйственной и автотракторной техники путем совершенствования смазочных материалов//Известия Международной академии аграрного образования. 2017. № 35. С. 151-157.

9. Роман Маслов. По материалам зарубежных изданий. Пластичные смазки: Базовые масла, Присадки. – URL: http://www.expert-oil.com/articles/bazovie-masla_prisadki.html (дата обращения: 01.03.2024).

УДК 621.924

Д.А. Городжий

Специальное управление ФПС № 23 МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ ТВЕРДОСТИ ПОВЕРХНОСТИ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Аннотация: в данной статье рассматривается способ повышения твердости поверхностного слоя рабочего колеса центробежного насоса с помощью технологии поверхностного пластического деформирования. Рассмотрены преимущества метода дробеструйной обработки.

Ключевые слова: наклеп, дробеструйная обработка, стальной шарик, микротвердость, рабочее колесо насоса.

INCREASING THE SURFACE HARDNESS OF THE IMPELLER OF A CENTRIFUGAL PUMP BY SURFACE PLASTIC DEFORMATION

D.A. Gorodzhiiy

Abstracts: this article discusses a method for increasing the hardness of the surface layer of the impeller of a centrifugal pump using surface plastic deformation technology. The advantages of the shot blasting method are considered.

Keywords: riveting, shot blasting, steel ball, microhardness, pump impeller.

Пожарная и аварийно-спасательная техника играет важную роль в борьбе с пожарами и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Надежность каждого компонента специальной техники имеет прямое влияние на работоспособность всего агрегата. Центробежные насосы пожарного спасательного оборудования — это ключевой компонент системы пожаротушения, обеспечивающий подачу воды или огнетушащих веществ в очаг пожара. Неисправности или отказы в работе центробежных насосов могут иметь серьезные последствия, такие как прекращение подачи воды, снижение давления и ухудшение характеристик струи. Это может привести к увеличению времени тушения пожара и повышению риска для пожарных.

Интенсивно используемая автомобильная техника подвержена негативным воздействиям ряда факторов, таких как кавитация, коррозия, абразивный износ, неустановившийся режим работы, вибрации и др. Все перечисленные факторы приводят

к существенному повышению интенсивности изнашивания трущихся поверхностей деталей. Обычно насосы выходят из строя из-за износа деталей, которые контактируют с абразивными частицами (песок, ил, и др.) и перекачиваемой жидкостью.

Следует отметить, что разработка эффективных, простых и недорогостоящих методов упрочняющей обработки уже существующих деталей позволит увеличить срок безотказной работы техники, используемой в МЧС России.

Существует множество традиционных методов упрочнения поверхностных слоев деталей, таких как поверхностная закалка, химико-термическая обработка (цементация, азотирование, борирование и т.д.), наплавка, гальванические методы и другие. Большинство методов упрочнения позволяют управлять только некоторыми параметрами, необходимыми для повышения износостойкости. Поэтому, для достижения наилучших результатов, часто требуется комбинирование различных методов упрочнения или разработка новых подходов к обработке конструкционных материалов [1].

В данной статье рассматривается метод упрочнения поверхностного слоя рабочего колеса насоса ПН-40УВ с помощью технологии поверхностного пластического деформирования (ППД). Метод дробеструйной обработки является одним из эффективных, доступных, недорогих и технологичных методов упрочнения поверхностного слоя металлических деталей поверхностным пластическим деформированием. С помощью данного метода можно обрабатывать сложные поверхности, например, рессоры, валы, пружины, зубчатые колеса, шаровые опоры и другие детали типа тел вращения [1–3].

При дробеструйном упрочнении металла используются мелкие стальные (чугунные) шарики для создания сжимающих напряжений на поверхности металлической детали. Схема процесса дробеструйной обработки представлена на рис. 1. Дробеструйная обработка выполняется на специальных установках механического действия. Дробь движется под воздействием центробежной силы, развиваемой в быстро вращающемся массивном роторе. Наиболее распространены дробемёты механического типа, они дают высокую производительность при малом расходе энергии и позволяют регулировать интенсивность процесса.

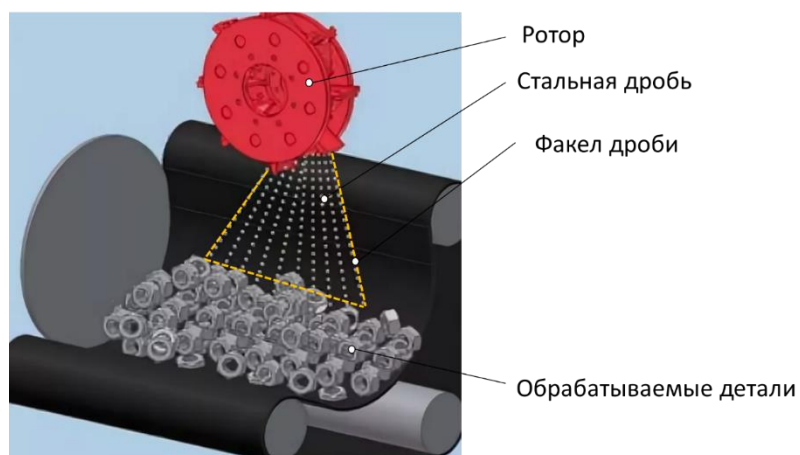


Рис. 1. Схема дробеструйной обработки стальными шариками

Данный метод используется для увеличения усталостного ресурса деталей путем повышения их устойчивости к поверхностному растрескиванию и другим формам износа. Важнейшей особенностью технологии дробеструйного упрочнения является

ее способность давать одинаковые результаты при больших объемах производства, не требуя дополнительной оснастки или перепрограммирования оборудования между партиями [3].

К достоинствам дробеструйной обработки следует отнести возможность упрочнения деталей сложной формы, что делает его идеальным для многих производственных приложений, где требуются точные допуски, а сам процесс упрочнения имеет относительно низкую стоимость по сравнению с другими процессами обработки металлов, такими как холодная прокатка или механическая обработка.

Метод дробеструйной обработки позволяет изменить целый ряд характеристик поверхностного слоя детали: повысить плотность дислокаций в упрочненном слое, измельчить исходную структуру, повысить величину твердости поверхности, уменьшить величину шероховатости, повысить износостойкость деталей пожарной техники и сопротивление схватыванию и увеличить предел выносливости [4].

Для упрочнения поверхности рабочего колеса насоса ПН-40УВ были исследованы следующие режимы обработки, а именно: диаметр, применяемой стальной дроби, угол атаки и расстояние от ротора до поверхности детали. Обработка производилась на дробебетном барабане с резиновым подом Российского производства.

На рис. 2 представлена гистограмма изменений микротвердости (HV) поверхности рабочего колеса пожарного насоса ПН-40УВ после дробеструйной обработки стальной дробью различного диаметра: 0,5 мм, 1,5 мм и 2,0 мм.

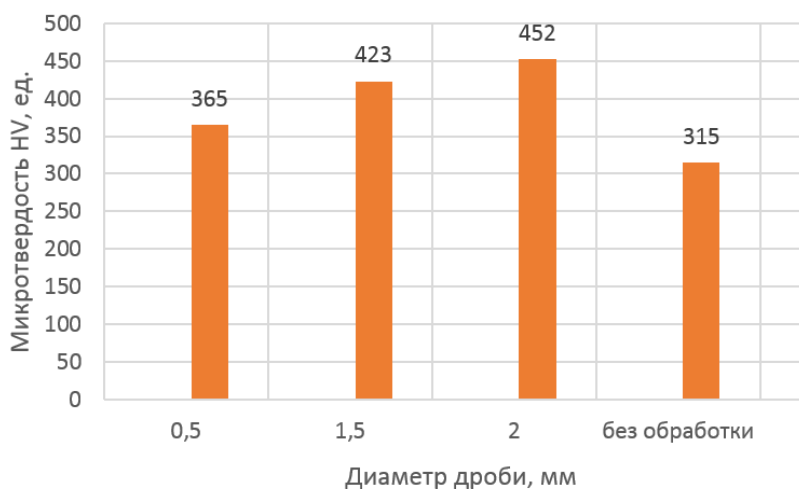


Рис. 2. Гистограмма изменения микротвердости HV в зависимости от диаметра дроби

Исходя из данных гистограммы можно сделать вывод, о том, что дробь диаметром 0,5 мм имеет небольшую кинетическую энергию и поэтому при ударе о микронеровности на поверхности детали создает незначительную величину наклепа, в следствии чего твердость поверхности повышает незначительно. Однако, как показал эксперимент, дробь небольшого диаметра лучше проникает во всевозможные пазы и полости детали. При использовании дроби диаметром 0,5 мм получается менее шероховатая поверхность. Дробь диаметром 2,0 мм имеет достаточно большую кинетическую энергию и при обработке рабочего колеса на поверхностном слое за счет наклепа создает микротвердость в HV 452, т.е. микротвердость поверхности повысилась на 43% по сравнению с микротвердостью необработанной поверхности (HV 315). Далее были проведены эксперименты по определению влияния угла вылета дроби из сопла (угла атаки) на степень упрочнения поверхности обрабатываемой детали (рис. 3).

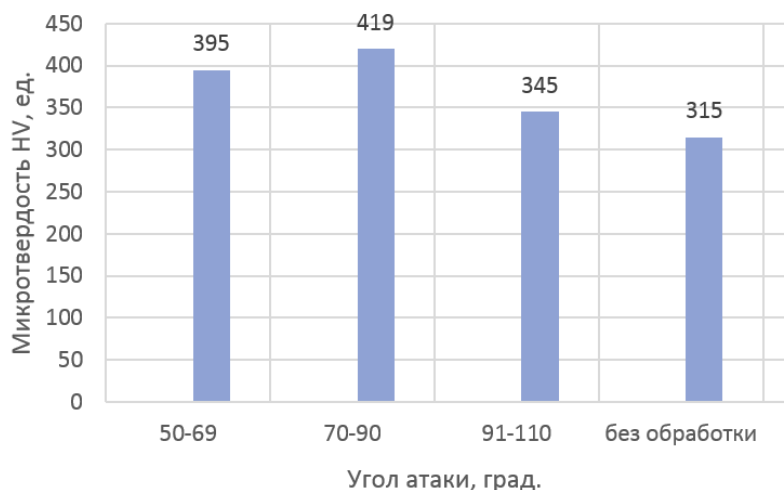


Рис. 3. Влияние угла атаки на степень упрочнения поверхности обрабатываемой детали

Как показал проведенный эксперимент на степень упрочнения поверхностного слоя рабочего колеса насоса большое влияние оказывает величина угла вылета стальной дроби из сопла дробемета. Наибольшее упрочнение поверхности чугуновой детали получилось при значении угла атаки 70...90°. Это можно объяснить тем, что при столкновении стальной дробины с поверхностью детали, она передает свою кинетическую энергию поверхности детали. Энергия удара расходуется на расплющивание (деформацию) микронеровностей, что в свою очередь приводит к увеличению твердости и плотности поверхностного слоя. При уменьшении угла падения дробины на поверхность обрабатываемой детали, дробь будет ударять по поверхности по касательной и отскакивать от поверхности, расходуя лишь часть своей кинетической энергии. И чем больше величина отклонения падения дробины от значения 90°, тем ниже будет значение микротвердости обрабатываемой детали. Поэтому самым эффективным значением угла падения дроби является 90°, однако выдержать данное значение угла крайне сложно, так рабочее колесо насоса имеет сложную форму и поверхности колеса повернуты к соплу дробеструя под различными углами [4–6].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Повышение износостойкости деталей дифференциала пожарных автомобилей за счет применения алмазного выравнивания / А. В. Топоров, П. В. Пучков, В. П. Зарубин, В. В. Киселев // Пожарная и аварийная безопасность. – 2022. – № 3(26). – С. 6-13.
2. Городжий, Д. А. К вопросу о применении магнитно-импульсной обработки для упрочнении рабочего колеса центробежного насоса / Д. А. Городжий, 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. 333-336.
3. 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.

4. Городжий, Д. А. Повышение ресурса колеса центробежного насоса методами упрочняющей обработки / Д. А. Городжий, П. В. Пучков // 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 гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий», 2022. – С. 336-340.

5. Пучков, П. В. Способ индикации усталостного разрушения тяжело нагруженных валов машин и механизмов / П. В. Пучков // Трибология и проблемы МЧС России : Сборник материалов международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию образования гражданской обороны, Иваново, 20–21 октября 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. 83-86.

6. 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.

УДК 620.179

С.А. Гузенков, Н.М. Твердынин, Л.Р. Шарифуллина

Академия гражданской защиты МЧС России им. генерал-лейтенанта Д. И. Михайлика

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОЭЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ АГРЕССИВНЫХ СРЕД

Аннотация: Изучены в ходе учебно-лабораторного эксперимента механические свойства резин на основе натурального каучука. Установлено, что гистерезисные потери незначительны после воздействия агрессивной среды, однако в случае интенсивного набухания эластомера наблюдается существенное ухудшение механических свойств в области критических напряжений.

Ключевые слова: полимеры, механические свойства, гистерезис, набухание, деформация.

S.A. Guzenkov, N.M. Tverdynin, L.R. Sharifullina

MECHANICAL PROPERTIES OF HIGHLY ELASTIC POLYMERS UNDER EXPOSURE TO AGGRESSIVE ENVIRONMENTS

Abstracts: Mechanical properties of rubbers based on natural rubber were studied withing educational laboratory experiment. It has been established that hysteresis losses are insignificant after exposure to an aggressive environment, however, in the case of intense swelling of the elastomer, a significant deterioration in the mechanical properties in the critical stress region is observed.

Keywords: polymers, mechanical properties, hysteresis, swelling, destruction/

Использование высокоэластичных полимеров в качестве уплотнительных материалов и рабочих элементов в технике предполагает их долговечность и безотказную работу в условиях, как правило, отличных от идеальных. Отметим, что применение эластомеров происходит в виде продуктов их вулканизации – резины, а эксплуатация вулканизированных резин, во-первых, связана с основными свойствами, которые от них ожидаются – высокой эластичностью при минимальных остаточных деформациях и сохранением обратимости механических свойств при эксплуатации как под действием механических нагрузок, так и в агрессивных средах. Отличием некоторых эластомеров от твердых тел является их способность к набуханию – самопроизвольному поглощению большого объема жидкости, сопровождающимся увеличением объема и массы полимера. Полимеры способны набухать только в тех жидкостях, которые по отношению к ним служат растворителями, например, набухание каучука и резины происходит в таких углеводородах как бензин или керосин [3,4].

Условия испытаний на механическую стойкость к деформациям и влиянию агрессивных жидкостей детально представлены в соответствующих стандартах [1,2].

Целью настоящей работы было исследование механических свойств резин на основе натурального каучука и стойкость к циклическому нагружению в условиях агрессивных сред в рамках учебно-лабораторного эксперимента.

Задачи исследования были конкретизированы как определение гистерезисных потерь, остаточных деформаций и предельных значений прочности на разрыв после выдержки в различных средах, негативно влияющих на структуру резины.

Гистерезисные потери определяли на основе тестов по статическому нагружению–разгружению в области упругих деформаций, не более $0.15\text{--}0.2 \sigma_{\text{в}}$. Напряжение разрыва определяли на динамометрическом стенде. Выдержку осуществляли в следующих жидкостях: водопроводная вода, раствор 1 % соляной кислоты, уксусная кислота (ледяная), раствор 5 % KCl, керосин.

Сравнение проводили с контрольным образцом без воздействия жидкостей. Время выдержки составило 240 ч. Образцы взвешивали на технических весах с точностью 0.001 до и после выдержки. Кроме того, исследовали структуру в месте разрыва на техническом цифровом микроскопе Saike Digital. В качестве образцов была выбрана резина марки TSL-R изготовленная во Вьетнаме на основе натурального каучука в виде колец диаметром 60 мм, сечением 4 мм^2 , содержание натурального каучука в образцах– 80 % [5]. Состав материала образцов приведен в таблице.

Таблица. Состав и свойства материала образцов

Характеристика (TSR L), маркировка страны происхождения	Вьетнам (SVR 3L)
Содержание загрязнений на апертуре 44и, не более % масс	0.03
Зольность, не более % мас. %	0.50
Азот, не более % мас. %	0.60
Летучие вещества, не более % масс	0.80
Быстрая пластичность Уоллеса (Po), мин	35
Индекс удержания пластичности (PRI), не менее %	60

В результате проведенных экспериментов получены графики механического гистерезиса образцов резины, в качестве примера ниже приводится на рис.1 – резина без обработки, в керосине и в растворе KCl.

Результаты значений разрывного напряжения и увеличения массы в результате набухания приведены на диаграмме рис. 2.

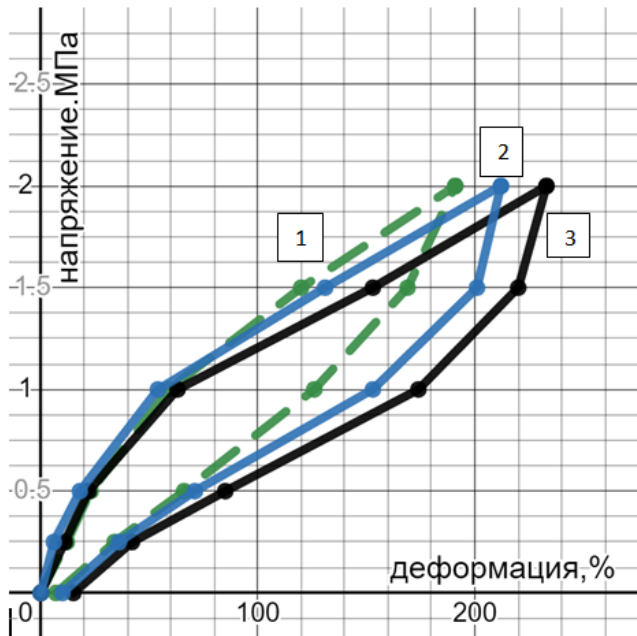


Рис. 1. Графики гистерезиса образцов:
1 — в керосине; 2 — без обработки;
3 — в растворе KCl

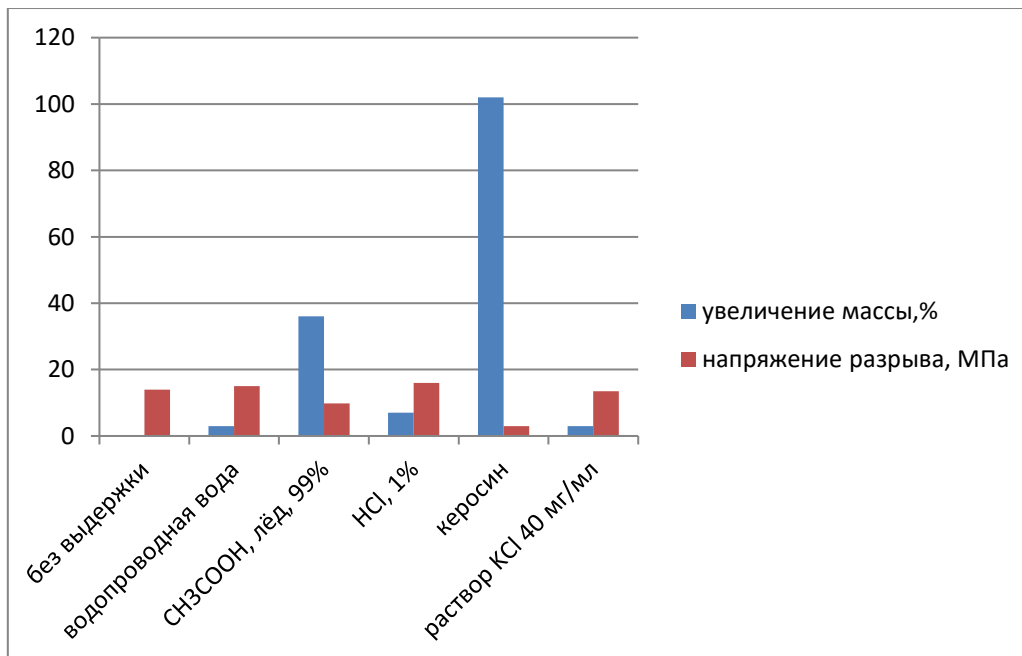


Рис. 2. Диаграмма величины напряжения разрыва и увеличения массы образцов в результате набухания в различных средах

В результате проведенных экспериментов установлено, что, как видно из рис. 1, различие гистерезисных потерь проявляются у образцов, выдержанных в различных средах, незначительно, вместе с тем упругие свойства данных резин и резины, выдержанной в водопроводной воде, по сравнению с контрольным образцом проявляют склонность к увеличению. Образец, выдержанный в керосине, при данных условиях опыта по определению гистерезисных потерь и остаточной деформации, ничем практически от контрольного образца не отличается, даже показывает несколько меньшее значение потерь и остаточной деформации.

Однако, при переходе от области упругих деформаций к критическим значениям напряжений в момент разрыва образца, обнаружено значительное снижение прочности на разрыв у образца, выдержанного в керосине – более чем в 2 раза по сравнению с контрольным, и заметное снижение этого показателя у образцов, выдержанного в уксусной кислоте. Кроме того, у данных образцов отмечено значительное, а у образца в керосине – в 2 раза, увеличение массы.

Исследование срезов образцов в местах разрыва выявило следы продиффундировавшей в объём образца жидкости, особенно, в случаях выдержки в уксусной кислоте и керосине.

Очевидно, увеличение массы образцов вызвано набуханием резины в керосине и уксусной кислоте, что привело к изменению структуры, представленной на рис. 3 и 4, и соответствующим изменениям механических свойств.



Рис. 3. Внешний вид структуры образца, выдержанного в уксусной кислоте, после разрыва, X20

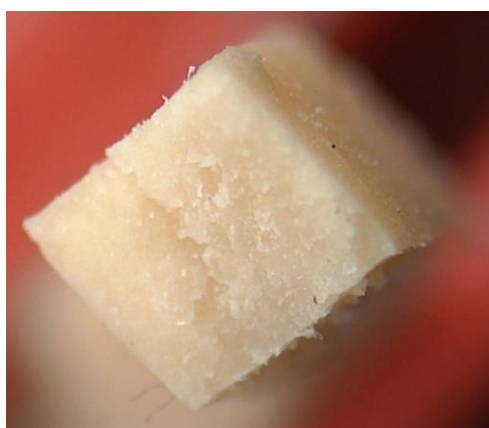


Рис. 4. Структура в месте разрыва образца, выдержанного в керосине, X20

Таким образом, в результате проведенного учебно-лабораторного эксперимента установлено, что в области упругих деформаций гистерезисные потери являются незначительными после экспозиции образцов резины на основе натурального каучука в различных агрессивных средах. Однако, при исследовании образцов, подвергшихся выдержке в уксусной кислоте и керосине, отмечается существенное (до 2 раз) снижение прочности на разрыв, а при исследовании структуры данных образцов находится и вероятная причина данного снижения – деструкция от эффекта набухания. Проведенный учебно-научный эксперимент может быть представлен в практической части курса материаловедения при проведении лабораторных и практических занятий, касающихся изучения свойств полимеров, как наглядная иллюстрация возможных рисков при некорректном применении эластомеров в агрессивной среде.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ISO 1817-2016 Резина и термоэластопласты / Определение стойкости к воздействию жидкостей (ISO 1817:2015, IDT). М.: Стандартиформ, 2017.
2. ГОСТ Р54553-2019 Резина и термоэластопласты / Определение упругопрочностных свойств при растяжении. – М.: Стандартиформ, 2019.
3. Тагер А. А. Физико-химия полимеров. Издание 4-е, переработанное и дополненное. – М.: Научный мир. 2007. – 576 с.
4. Гузенкова, А. С. Трещиностойкость напряженного полиэтилена в водном растворе ПАВ / А. С. Гузенкова, С. С. Иванов, С. А. Гузенков // Технология металлов. – 2014. – № 6. – С. 28-30.
5. <https://orientalrubberproducts.netlify.app/solid-rubber/tsr-l>.

УДК 691.791

Г.В. Даровской, Ю.В. Бобриков, К.В. Шеховцов

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕСНЫХ ЦЕНТРОВ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

Аннотация: предлагается технология восстановления ободов колесных центров современных электровозов, заключающаяся в применении электродной ленты в сочетании с высокопроизводительным керамическим флюсом, что позволяет существенно повысить производительность наплавки, сократить технологическое время их восстановления.

Ключевые слова: тяговый подвижной состав, железнодорожный транспорт, колесный центр, износ, восстановление, наплавка.

G.V. Darovskoy, U.V. Bobrikov, K.V. Shekhovtsov

IMPROVEMENT OF RESTORATION TECHNOLOGY OF WHEEL CENTERS OF ELECTRIC LOCOMOTIVES

Abstracts: Proposed technology consists in application of electrode tape in combination with high-performance ceramic flux, which makes it possible to significantly increase efficiency of surfacing, to reduce technological time of their recovery.

Keywords: traction rolling stock, railway transport, wheel center, restoration, surfacing.

Повышение производительности ремонтных работ по восстановлению изделий железнодорожного транспорта является актуальной инженерной задачей, позволяющей сократить простой подвижного состава при текущем обслуживании и плановых видах ремонта.

Колесный центр современных электровозов представляет собой коробчатую конструкцию и изготавливается литьем из сталей марок 20Л, 25Л или 25ГЛ по ГОСТ 977, имеет мелкозернистую феррито-перлитную микроструктуру стали.

Восстановление обода колесного центра осуществляется по типовым технологическим процессам дуговой наплавкой проволочным электродом Св-08А или Св-08ГА под слоем флюса СФМ-607 на механизированных установках. Диаметр электрода обычно составляет 3 мм. Сварка производится на токе 400...450 А, напряжение на дуге 30...32 В.

Повышение производительности процесса восстановления обода колесного центра может осуществляться за счёт нескольких технологических решений [1-3].

В первую очередь следует увеличить величину сварочного тока, который квадратично увеличивает скорость плавления электрода. Для этого можно перейти на сварку электродом большего диаметра. Однако, это неизбежно увеличит глубину проплавления основного металла, что крайне нежелательно при выполнении наплавочных работ. Поэтому логично перейти от использования проволочного электрода к применению электродной ленты. В случае использования ленточного электрода электрическая дуга находится в постоянном движении по ширине торца электрода. Такая «миграция» электрической дуги существенно снижает глубину проплавления основного металла даже в случае применения относительно высоких значений сварочного тока. Так, для стальной ленты из стали Св-08А сечением 50х0,5 мм, рекомендуемый режим наплавки по току 650...700 А, напряжение на дуге 30...32 В. При этом значительное увеличение сварочного тока не приводит к увеличению глубины проплавления основного металла.

Наплавка электродной лентой производится на типовых сварочных установках, которые укомплектованы головками для сварки электродной лентой (рис. 1).

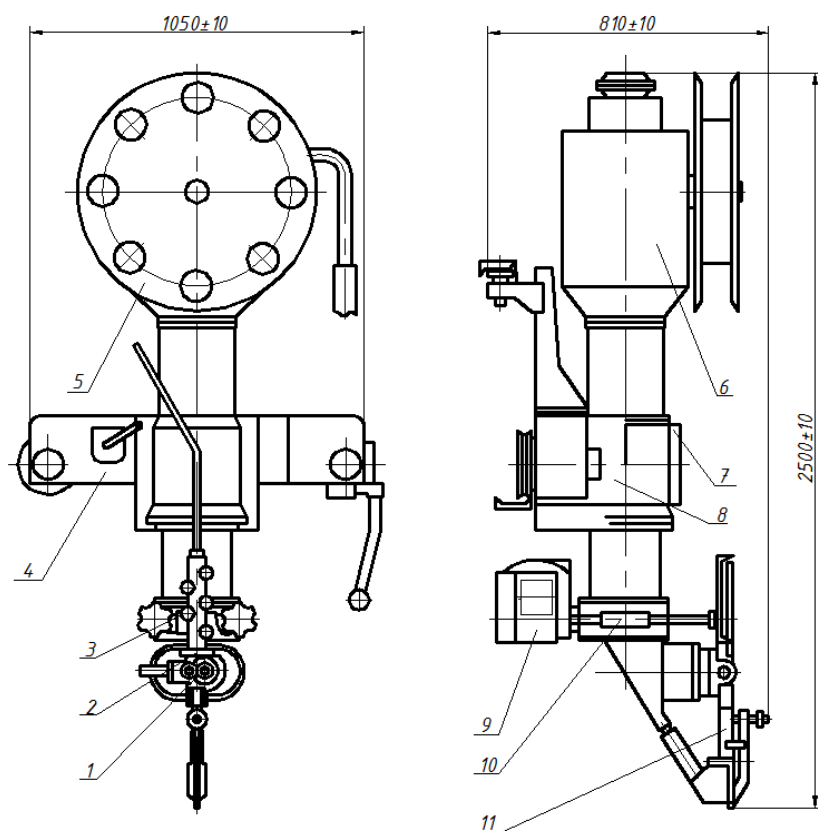


Рис. 1. Автомат самоходный типа А-874 Н У4:

- 1 – механизм подающий;
- 2 – держатель мундштука;
- 3 – суппорт; 4 – самоходная тележка; 5 – катушка с тормозом;
- 6 – флюсоаппарат;
- 7 – пульт управления;
- 8 – механизм подъема;
- 9 – механизм поперечного колебания; 10 – установка конечных выключателей;
- 11 – мундштук

Во-вторых, увеличение производительности процесса наплавки может быть достигнуто за счет использования высокопроизводительного керамического флюса.

Отличительной особенностью керамического флюса является возможность введения в его состав различных металлических компонентов. Это позволяет производить легирование наплавленного металла не только через электродный металл, но и через сварочный флюс. При помощи такого метода легирования можно получать наплавленный металл с широким спектром механических свойств, что в первую очередь важно при выполнении наплавочных работ. Применение автоматической наплавки под флюсом рационально при больших объемах наплавки, например при восстановлении надрессорной балки, центра колеса, тягового хомута и др. Применение электродной ленты ставит перед разработчиками сварочных флюсов более сложные задачи, которые связаны с особенностями формирования сварного шва. Процесс наплавки ленточным электродом производится на больших токах при низкой скорости наплавки и большой ширине сварочной ванны. В связи с этим усложняются условия для удержания сварочной ванны в процессе наплавки. Для повышения производительности наплавки в нашем случае легирование не требуется. Поэтому в качестве металла используем железный порошок.

Железный порошок может изготавливаться двумя способами: марки ПЖВ изготавливают восстановлением оксидов железа (окалины) преимущественно при помощи водорода; марки ПЖР получают при помощи распыления жидкого железа струей газа или другими способами. Выбор способа изготовления железного порошка имеет принципиальное значение в производстве сварочных материалов. Порошки марок ПЖВ содержат в своём составе повышенную концентрацию водорода, что связано с технологией его изготовления. Водород, находящийся в сварочной ванне, может вызывать образование пористости в сварном шве и даже приводить к образованию холодных трещин, в том числе и к замедленному разрушению соединения. В порошках марки ПЖР концентрация водорода незначительная и не способна серьёзно влиять на свойства сварного соединения. Поэтому при назначении марки железного порошка следует использовать порошки ПЖР.

При производстве сварочных материалов концентрация углерода в сварном шве не должна превышать 0,25 %. В противном случае в нём возможно образование закалочных структур (например, мартенсита), которые способны приводить к образованию холодных трещин. При выборе железного порошка эта проблема не актуальна, т.к. в них содержание углерода не превышает 0,1 %. В этом случае следует руководствоваться ценой материала. Обычно, чем ниже концентрация углерода в железе, тем выше его цена. Следовательно, для нашего случая может быть назначена марка ПЖР5. При этом марки ПЖР2 и ПЖР3 также могут применяться при производстве сварочных материалов, в нашем случае – керамических флюсов. Проведенные исследования с различной концентрацией железного порошка в керамическом флюсе показали значительное увеличение коэффициента наплавки с ростом этого компонента во флюсе (рис. 2).

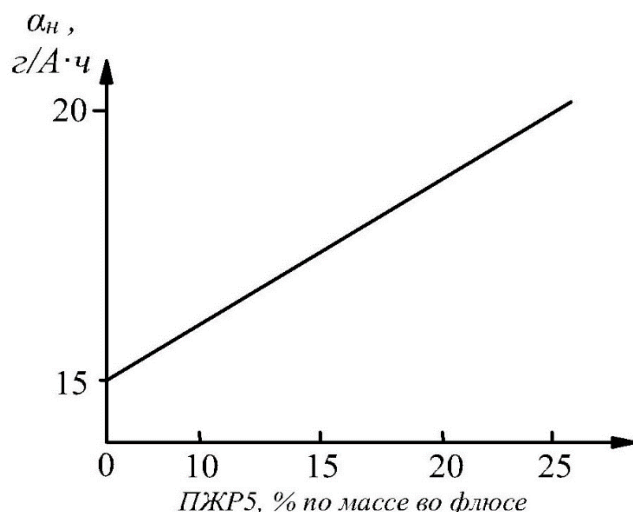


Рис. 2. Влияние содержания железного порошка в керамическом флюсе на коэффициент наплавки

Коэффициент наплавки непосредственно связан с массой наплавленного металла, т.е. с производительностью наплавки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Металлургические особенности влияния кремния на свойства металла при сварке под флюсом нержавеющих сталей аустенитного класса / Ю. С. Волобуев, Ю. В. Бобриков, С. Ю. Волобуев [и др.] // Сварочное производство. – 2022. – № 6. – С. 5-12.
2. Бобриков, Ю. В. Особенности выбора способа производства сварочного флюса / Ю. В. Бобриков, Г. В. Даровской // Современное развитие науки и техники : Сборник научных трудов Всероссийской национальной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 01–03 декабря 2020 года. – Ростов-на-Дону: Ростовский государственный университет путей сообщения, 2020. – С. 52-56.
3. Бобриков, Ю. В. Высокопроизводительный флюс для наплавки деталей железнодорожной техники / Ю. В. Бобриков, Г. В. Даровской // Труды ростовского государственного университета путей сообщения. – 2019. – № 4. – С. 13-17.

УДК 621.793:621.794:539.232

Ю.С. Духова^{1,2}

¹Ивановский государственный политехнический университет

²Институт химии растворов им. Г. А. Крестова РАН (г. Иваново)

ЗОЛЬ-ГЕЛЬ TiO_2 ПОКРЫТИЯ НА НЕЛЕГИРОВАННОЙ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Аннотация: Предложен способ получения защитного TiO_2 покрытия, синтезированного золь-гель методом, на нелегированной углеродистой стали. Изучена морфология поверхности керамического покрытия с использованием сканирующей электронной микроскопии.

Ключевые слова: коррозия металлов, керамические золь-гель покрытия, наночастицы TiO_2 .

Y.S. Duhova

ZOL-GEL TiO_2 COATINGS ON NON-ALLOYED CARBON STEEL

Abstracts: The method of obtaining protective TiO_2 coating synthesized by sol-gel method on unalloyed carbon steel is proposed. The surface morphology of the ceramic coating was studied using scanning electron microscopy.

Key words: metal corrosion, ceramic sol-gel coatings, TiO_2 nanoparticles.

Нелегированная конструкционная качественная углеродистая сталь (сталь 08 кп) широко используется в строительстве, машиностроении, промышленном оборудовании и т.д. благодаря своей низкой стоимости. Однако срок службы этой стали очень короткий из-за низкой коррозионной стойкости. В последние десятилетия для улучшения коррозионных свойств стали привлекают внимание металлооксидная керамика и наноструктурированные покрытия, в частности, на основе диоксида титана (TiO_2), которые имеют ряд достоинств [1]. Во-первых, TiO_2 покрытие – долговечное и стойкое, т.к. имеет хорошую адгезию к металлической поверхности. Во-вторых, диоксид титана обладает высокой степенью прозрачности, что позволяет сохранить эстетичный внешний вид изделия. В-третьих, такое покрытие не содержит вредных веществ и является экологически чистым, что делает его использование безопасным для окружающей среды и здоровья человека [2].

Керамические покрытия могут быть получены напылением, методом химического осаждения из паровой фазы, золь-гель методом, реактивным импульсным лазерным осаждением и методом лазерной молекулярно-лучевой эпитаксии. Среди перечисленных методов золь-гель метод привлекает большее внимание благодаря своим преимуществам перед другими методами, включая более низкую стоимость, возможность контролировать размер частиц, индустриализацию благодаря простоте применения и отличную адгезию покрытий к металлическим подложкам [1].

Данная работа посвящена изучению морфологии защитного покрытия на основе диоксида титана, полученного золь-гель методом, на нелегированной углеродистой стали.

Золь диоксида титана готовили с помощью низкотемпературного золь-гель синтеза. В качестве прекурсора использовали тетраизопропоксид титана ($\text{C}_{12}\text{H}_{28}\text{O}_4\text{Ti}$), в качестве растворителя используемых реагентов – этиловый спирт ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$), в качестве пептизирующего агента – азотную кислоту (HNO_3). Синтез проводился в условиях непрерывного перемешивания при 80°C в течение 8 ч [3].

Предварительная подготовка поверхности углеродистой стали включала следующие стадии:

- 1) механическая полировка;
- 2) обезжиривание в органическом растворителе – ацетоне;
- 3) обезжиривание в горячем щелочном растворе (NaOH (40 г/л) + $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (40 г/л) + $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (40 г/л)) с наложением ультразвука ($75\text{--}80^\circ\text{C}$, 15 мин, 37 кГц);
- 4) промывка горячей, а затем холодной проточной водой;

5) сушка на воздухе (75–85 °С).

Золь диоксида титана был нанесен на металл методом кратковременного погружения при температуре окружающей среды, после чего образцы были высушены в парах 10 %-го раствора аммиака [4]. Для получения многослойного покрытия данные стадии повторялись. Финальной стадией являлась обжиг полученных образцов в муфельной печи (450 °С, 15 мин).

Морфологию поверхности керамического покрытия на стали исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) фирмы Quattro S (производитель – Thermo Fisher Scientific, страна производитель – Чехия). Для анализа были взяты следующие образцы: необожжённая сталь 08 кп с 1-м, 3-м и 5-ю слоями TiO_2 ; обожжённая сталь 08 кп с 3-м и 5-ю слоями TiO_2 . В таблице приведены значения процентного содержания элементов золь-гель TiO_2 покрытий на стали 08 кп.

Таблица. Состав золь-гель TiO_2 покрытий на стали 08 кп

Поверхность	Содержание элементов, %				
	Ti	C	O	Fe	Si
Ст 08 кп 1 слой TiO_2 без обжига	30,7	5,8	63,0	0,0	0,5
Ст 08 кп 3 слоя TiO_2 без обжига	24,1	6,1	56,7	12,6	0,5
Ст 08 кп 5 слоев TiO_2 без обжига	29,5	4,0	62,2	4,2	0,0
Ст 08 кп 3 слоя TiO_2 с обжигом	9,6	2,4	53,4	34,6	0,0
Ст 08 кп 5 слоев TiO_2 с обжигом	34,7	3,8	59,9	1,6	0,0

Из таблицы следует, что обожжённая поверхность стали 08 кп с 5-ю слоями TiO_2 содержит наибольшее количество титана. Необожжённая сталь 08 кп с 1-м слоем TiO_2 не содержит железа по сравнению с другими образцами. Это говорит о том, что при кратковременном воздействии с золь-гель системой коррозионные процессы не успевают развиваться. Обожжённая сталь 08 кп с 5-ю слоями TiO_2 содержит небольшое количество железа, что также говорит о сплошности покрытия. Следовательно, с увеличением количества слоев TiO_2 , процент железа уменьшается как у необожжённой, так и у обожжённой стали.

На рис. 1. и рис. 2. представлены изображения, полученные методом сканирующей электронной микроскопии необожжённой и обожжённой углеродистой стали, соответственно, с 3-м и 5-ю слоями золь TiO_2 .

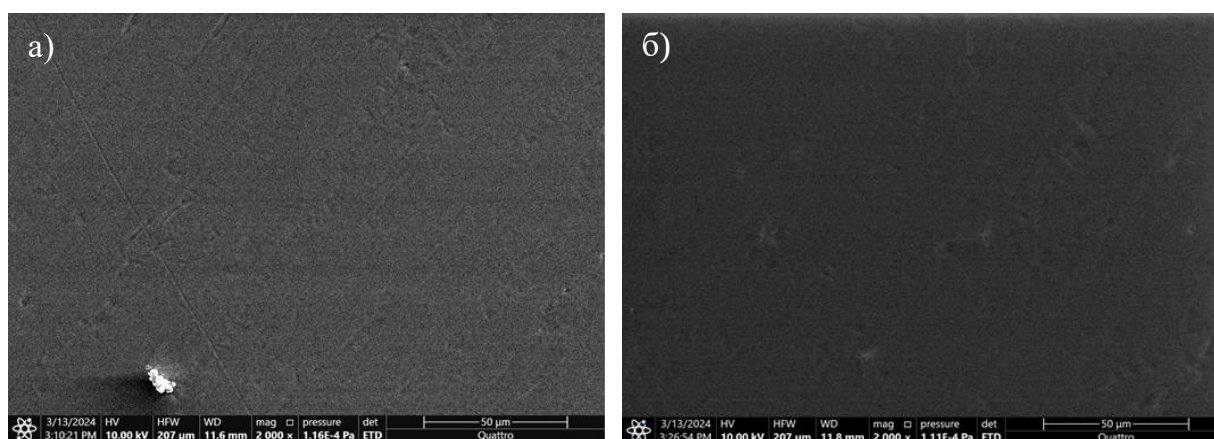


Рис. 1. Изображения СЭМ необожжённой стали 08 кп с:
а) 3-м слоями TiO_2 ; б) 5-ю слоями TiO_2

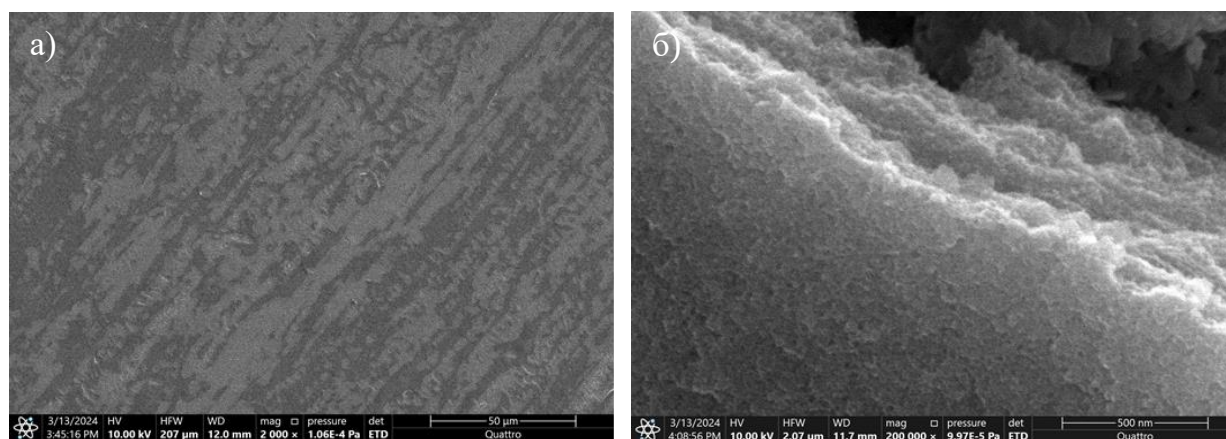


Рис. 2. Изображения СЭМ обожженной стали 08 кп с:
а) 3-мя слоями TiO_2 ; б) 5-ю слоями TiO_2

Из снимков СЭМ следует, что TiO_2 покрытие ложится на поверхность стали неравномерно, местами видны трещины и поры, а также хаотичное наслоение частиц (рис. 1.). На обожженных образцах четко прослеживается структура керамического покрытия (рис. 2. а). При увеличении количества слоев TiO_2 видно, что покрытие становится толще и слоистее (рис. 2. б).

Таким образом, в данной работе был предложен способ получения защитного TiO_2 покрытия, синтезированного золь-гель методом, на нелегированной углеродистой стали, включающий в себя стадии подготовки поверхности металла, нанесения покрытия на металл и фиксации данного покрытия. Изучена морфология поверхности керамического покрытия с использованием сканирующей электронной микроскопии. Исследования показали, что наиболее сплошным и с минимальным количеством трещин и пор является однослойное покрытие TiO_2 .

Для исследования коррозионных свойств полученных образцов планируется проведение потенциометрии и электронной импедансной спектроскопии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sajjadi, S. A. Corrosion behavior of sol-gel coated amorphous alumina at different calcination temperatures / S. A. Sajjadi, N. P. Ahmadi, S. Yazdani. – Текст : электронный // Surface and Coatings Technology. – 2020. – V. 405. – № 2. – 33 p. – URL: https://www.researchgate.net/publication/346444646_Corrosion_behavior_of_sol-gel_coated_amorphous_alumina_at_different_calcination_temperatures (дата обращения: 25.03.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. Диоксид титана: эффективное покрытие для металла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://japnoj.ru/maynkraft/dioksid-titana-effektivnoe-pokrytie-dlya-metalla>, свободный. – (дата обращения: 25.03.2024).
3. Galkina, O. L. Development of the Low-Temperature Sol-Gel Synthesis of TiO_2 to Provide Self-Cleaning Effect on the Textile Materials / O. L. Galkina, V. V. Vinogradov, A. V. Vinogradov, A. V. Agafonov. – Текст : электронный // Nanotechnologies in Russia. – 2012. – V. 7. – № 11–12. – P. 604–614. – URL: https://www.researchgate.net/publication/257864300_Development_of_the_low-temperature_sol-gel_synthesis_of_TiO2_to_provide_self-cleaning_effect_on_the_textile_materials (дата обращения: 28.03.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

4. Grishina, E. P. Thin-film Al₂O₃ coating on low carbon steel obtained by the sol–gel method with different peptizing acids: Corrosion investigation / E. P. Grishina, N. O. Kudryakova, L. M. Ramenskaya. – Текст : электронный // Thin Solid Films. – 2022. – V. 746. – P. 125-139. – URL: https://www.researchgate.net/publication/358385684_Thin-film_Al2O3_coating_on_low_carbon_steel_obtained_by_the_sol-gel_method_with_different_peptizing_acids_Corrosion_investigation (дата обращения: 28.03.2024). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

УДК 621.95.01

С.А. Егоров, Ю.А. Корнев

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

КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

Аннотация: Рассмотрены основные методы измерения температуры в зоне резания. Необходимо оснащение станков автоматов датчиками контроля температуры зоны резания. На основании характеристик методов измерения температуры выбран метод контроля режимов резания при сверлении методом естественной термопары.

Ключевые слова: температура, лезвийное резание, сверление, контактные методы, бесконтактные методы.

S.A. Egorov, Yu.A. Kornev

MEASURING THE TEMPERATURE IN THE CUTTING AREA

Abstracts: The main methods of measuring temperature in the cutting zone are considered. It is necessary to equip automatic machines with temperature control sensors for the cutting zone. Based on the characteristics of the temperature measurement methods, a method for controlling cutting modes during drilling using the natural thermocouple method was chosen.

Keywords: temperature, blade cutting, drilling, contact methods, non-contact methods.

Создание современного автоматизированного оборудования связано с оснащением его датчиками слежения за рабочими органами и инструментом. Кроме позиционирования рабочего стола и силовых головок, шпинделя и оснастки необходим контроль зоны обработки. Для этого используются различные устройства автоматики с контрольными датчиками. В качестве датчиков могут использоваться приборы с характеристиками активных сопротивлений, емкостей, пьезоэлектричества или индуктивностей [1].

Лезвийное резание предполагает измерение потребляемой мощности, силы резания с целью управления режимами обработки.

Одной из характеристик резания, определяющих обрабатываемость материалов, является тепловыделение. Тепловая энергия является одним из основных факторов, регламентирующих эффективность и надежность лезвийной обработки и оказывающих существенное влияние на ход процесса резания. Температура в зоне резания и условия трения на рабочих поверхностях инструмента, определяют работоспособ-

ность инструмента и оказывают основное влияние на процесс формирования поверхностного слоя детали [2].

Качественное проведение процесса резания требует точного определения температуры с возможностью управления температурным полем в зоне резания и является важным технологическим моментом.

На рисунке показана классификация методов экспериментального исследования температурных полей в технологических системах [2]. Методы измерения температуры делятся на две большие группы: контактные и бесконтактные.

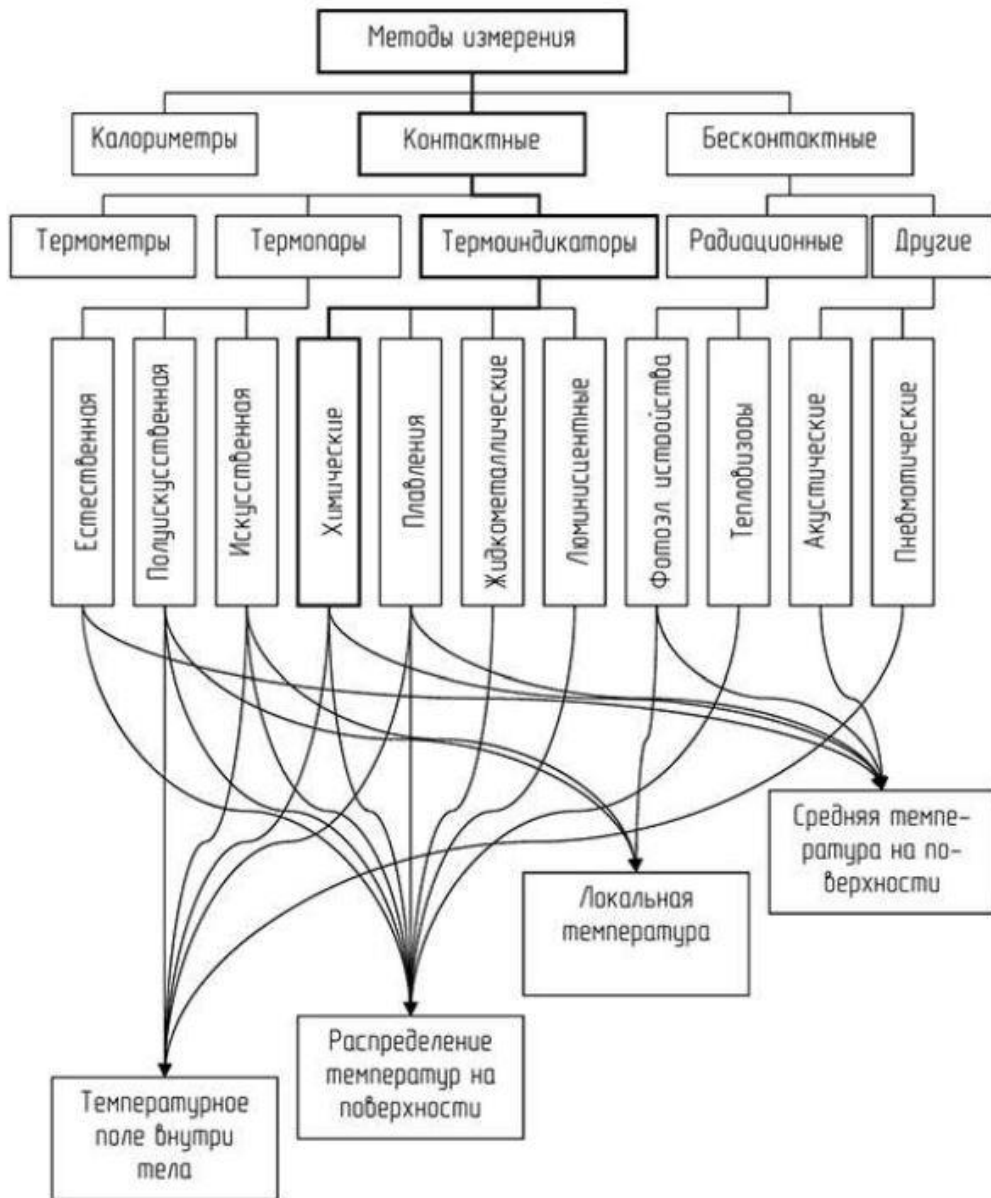


Рисунок. Классификация методов измерения температур в зоне резания

К первой группе относятся методы и устройства, в которых между датчиком температуры и объектом измерения имеется непосредственный контакт. Вторая группа содержит методы, при которых датчики измерительных устройств находятся на некотором удалении от объекта, температура которого подлежит определению.

Контактные методы измерения, в свою очередь, могут быть разделены на три группы в соответствии с основными особенностями устройств, с помощью которых их осуществляют: термометры, термопары, термоиндикаторы. Бесконтактные измерения, используемые в технологической практике, осуществляют либо с помощью радиационных устройств, в основе которых лежит регистрация инфракрасного излучения нагретых тел, либо с помощью других устройств, использующих оптические, акустические или пневматические датчики.

Калориметрический метод. Зная количество воды в калориметре, вес стружки и ее теплоемкость, можно определить среднюю температуру стружки в калориметре до, и после резания.

Метод термопары. Данный метод применяется для измерения средней температуры контактных поверхностей инструмента и заготовки.

Метод искусственной термопары. При помощи этой термопары можно измерить местную температуру в инструменте, изделии, деталях металлорежущего станка.

Разновидностью искусственных термопар являются перерезаемые термопары. Их можно применять для непосредственной записи законов распределения температур на поверхностях, образующихся в процессе обработки. В заготовку заделываются термопары, которые при перерезании их режущим лезвием инструмента образуют слой термопары [3].

К группе бесконтактных измерений относятся методы, при которых датчик измерительного прибора располагается на некотором расстоянии от объекта, температуру которого необходимо определить. В большинстве случаев бесконтактные методы основаны на измерении лучистого тепла. Для реализации этих методов используются радиационные и цветовые пирометры.

Для контроля режимов резания и управления ими предлагается использовать метод термопар из-за их широкого диапазона измерения температур.

При выполнении операции сверления предлагается контролировать температуру резания с помощью измерения термо-ЭДС естественной термопары «материал сверла - обрабатываемый материал» [3-5]. При этом образец обрабатываемого материала диаметром, равным диаметру сверла, располагается соосно сверлу и окружается по периферии изолятором. Стенки отверстия являются изоляторами, поэтому вспомогательные кромки сверла и стенки отверстия не образуют термопары, термо-ЭДС которой снижает измеряемую общую термо-ЭДС.

По мере углубления сверла в составной образец измеряют термо-ЭДС гальванометром при непрерывном подводе смазочно-охлаждающей жидкости. Осевое отверстие в образце по центру сверла диаметром, равным ширине перемычки сверла, исключает паразитную термо-ЭДС по перемычке сверла [3].

Одновременно с температурой резания при сверлении возможно измерение и силовых параметров [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Измерения температуры в зоне резания для управления режимом обработки / С.А. Егоров, И.С. Марков// Тез. докл. 16 всероссийской (восьмой международной) научно-технической конф. студентов, аспирантов и молодых ученых Энергия-2021, Иваново, 06–08 апреля 2021 г. - Иваново: ИГЭУ, 2021. – С. 65.
2. Резников, А.Н. Тепловые процессы в технологических системах / А.Н. Резников, Л.А. Резников. - М.: Машиностроение, 1990. - 288 с.

3. А. с. 1076199 А1 СССР, МКИ В23В 25/06. Способ измерения температуры резания при сверлении / Слободяник П.Т., Фотти С.С. (СССР). – № 3529797 ; заявл. 04.01.1983 ; опубл. 28.02.1984, Бюл. № 8. - 2 с.

4. А. с. 1371783 А2 СССР, МКИ В23В 25/06. Способ измерения температуры резания при сверлении / Дмитриев А.С., Никин А.Д., Постнов В.В., Антонова Л.В. (СССР). – № 4073256 ; заявл. 03.06.1986 ; опубл. 07.02.1988, Бюл. № 5. - 2 с.

5. Патент № 2796967 С1 Российская Федерация, МПК В23В 49/00 (2006.01), В23Q 17/09 (2006.01). Способ измерения температурных и силовых параметров в процессе резания при сверлении: № 2022125613 ; заявл. 29.09.2022 ; опубл. 29.05.2023 / Скакун В.В., Умеров Э.Д., Теминдаров И.Э. - 25 с.

УДК 621.785.53

Д.Е. Жумай, И.И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ИЗДЕЛИЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБОГАЩЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ АЗОТОМ

Аннотация: В статье предложен способ химико-термической обработки металла для повышения надежности и других характеристик поверхности детали.

Ключевые слова: азотирование металла, газовое азотирование, азотирование в соляных ваннах, ионно-плазменное азотирование, каталитическое газовое азотирование.

D.E. Zhumay, I.I. Vedernikova

IMPROVING THE RELIABILITY OF PRODUCTS BY ENRICHING THE SURFACE OF THE WORKPIECE WITH NITROGEN

Abstracts: The article proposes a method of chemical-thermal treatment of metal to improve the reliability and other characteristics of the workpiece surface.

Keywords: metal nitriding, gas nitriding, salt bath nitriding, ion plasma nitriding, catalytic gas nitriding.

Надёжность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Как следует из определения это комплексный параметр и для его сохранения есть много разных методов. Одним из них является азотирование. Этот метод используют для химико-термической обработки коленчатых валов, зубчатых колёс, клапанов, гильз цилиндров, шпинделей, штампов и других деталей.

Азотирование металла – многоэтапный технологический процесс, основанный на принципах термохимического взаимодействия, предназначение которого заключается в обогащении поверхностного слоя детали молекулами азота. Суть метода заключается в повышении прочности, износостойкости, долговечности и устойчивости

сплавов к коррозии. Так материал приобретает новые полезные свойства, в перечень которых входят:

- улучшение износостойкости детали путем повышения прочности поверхностного слоя заготовки;
- увеличение усталостной прочности — устойчивости к преждевременному разрушению материала под действием интенсивных рабочих нагрузок;
- приобретение достаточных антикоррозийных качеств, сохраняющихся при взаимодействии с жидкостями, повышенной влажностью воздуха, использовании в условиях большого скопления пара.

Для выполнения работ на должном уровне необходимо учесть ряд обязательных условий перед началом их проведения. Для этого используют определенные типы и марки сплавов, свойства и особенности которых перечислены ниже. От используемого материала зависит подбор надлежащего способа, а также состава рабочей среды.

Азотирование в соляных ваннах проводят погружением и выдержкой деталей в растворе расплавленных солей при температуре 530–650 °С, при этом не происходит структурного изменения материала.

Получаемая структура поверхности имеет следующие технические характеристики:

- толщина слоя: 0,01–0,6 мм;
- поверхностная твердость — 400–1200 HV
- снижение коэффициента трения в 1,5–5 раз;
- хрупкость слоя отсутствует;
- повышение задиростойкости, включая нержавеющие стали;
- повышение усталостной прочности в 1,5–2 раза;
- коробление и поводки длинномерных деталей практически отсутствуют;
- коррозионная стойкость может достигать 800 часов в солевом тумане.

По сравнению с другими технологиями (газовым и плазменным азотированием), азотирование в соляных ваннах имеет меньшую глубину азотируемого слоя, но обладает лучшими показателями по коррозионной стойкости и шероховатости поверхности. Основным преимуществом является возможность быстро достичь необходимых характеристик, тем самым снижая время и стоимость обработки.

При газовом азотировании насыщение поверхности металла производится при температурах от 400 °С (для некоторых сталей) до 1200 °С (для аустенитных сталей и тугоплавких металлов). Средой для насыщения является диссоциированный аммиак. Для управления структурой и механическими свойствами слоя при газовом азотировании сталей применяют: двух-, трёхступенчатые температурные режимы насыщения; разбавление диссоциированного аммиака воздухом (реже водородом).

Контрольными параметрами процесса являются: степень диссоциации аммиака; расход аммиака; температура; расходы дополнительных технологических газов (если применяются).

Каталитическое газовое азотирование является последней модификацией технологии газового азотирования. Средой для насыщения является аммиак, диссоциированный при температуре 400–600 °С на катализаторе в рабочем пространстве печи. Для управления структурой и механическими свойствами слоя при каталитическом

газовом азотировании сталей применяют изменение потенциала насыщения. В целом применяются более низкие температуры, чем при газовом азотировании.

Ионно-плазменное азотирование — это технология насыщения металлических изделий в азотсодержащем вакууме (примерно 0,01 атм.), в котором возбуждается тлеющий электрический разряд. Анодом служат стенки камеры нагрева, а катодом — обрабатываемые изделия. Для управления структурой слоя и механическими свойствами слоя применяют (в разных стадиях процесса):

- в качестве контрольных параметров процесса: изменение плотности тока; изменение расхода азота; изменение степени разрежения;
- в качестве добавок к азоту особо чистых технологических газов: водорода; аргона; метана.

Использование анодного эффекта для диффузионного насыщения обрабатываемой поверхности азотом в многокомпонентных растворах электролитов — один из видов скоростной электрохимико-термической обработки (анодный электролитный нагрев) малогабаритных изделий. Анод-деталь при наложении постоянного напряжения в диапазоне от 150 до 300 В разогревается до 450–1050 °С. Достижение таких температур обеспечивает сплошная и устойчивая парогазовая оболочка, отделяющая анод от электролита. Для обеспечения азотирования, в электролит, кроме электропроводящего компонента, вводят вещества-доноры, в качестве которых обычно выступают нитраты.

При насыщении азотом не исключают факта проведения дополнительного ряда сопутствующих мероприятий. Будущий продукт подвергают процедуре предварительного закалывания, выравнивают при помощи шлифовки, выполняют термическую обработку, после чего вновь шлифуют. Реализация жизненного цикла не нуждается в крупных вложениях и привлечении большого количества рабочей силы. Благодаря этому процедура востребована на производственных мощностях крупного, среднего и малого бизнеса.

После рассмотрения всех вышеизложенных тезисов можно заключить, что азотирование имеет ряд преимуществ, таких как: более низкая температура относительно других процессов, например, науглероживания, цементирования и закалки ТВЧ. Поэтому азотированные детали подвергаются меньшему искажению и деформации, что, в свою очередь, обеспечивает очень хороший контроль размеров. Процесс азотирования повышает коррозионную стойкость некоторых сталей.

Осажденный твердый нитридный слой предотвращает образование ямок, которые в необработанной детали со временем подверглись бы точечной коррозии. Для достижения максимальной коррозионной стойкости белый слой, образующийся после процесса азотирования, должен сохраняться неповрежденным.

Плазменное азотирование, повышает коррозионную стойкость нержавеющей стали 410, поскольку слой нитрида железа на поверхности защищает металл под ним от коррозионного воздействия.

Азотирование также может придать деталям противозадирные свойства. Этот процесс повышает устойчивость детали к адгезионному износу между металлами в результате скользящего контакта.

При высоких температурах слой закалки может начать терять свою твердость. Это обычно наблюдается при таких процессах, как науглероживание. Однако при азотировании скорость размягчения значительно ниже.

Таким образом, азотированные детали могут использоваться в высокотемпературных условиях без значительной потери своих характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полетаев, В. А. Упрочнение деталей электронасосов электродуговым напылением / В. А. Полетаев, Г. С. Королькова, И. И. Ведерникова // Металлообработка. – 2010. – № 5(59). – С. 18-21.
2. Полетаев, В. А. Исследование на износостойкость деталей, упрочненных электродуговой металлизацией / В. А. Полетаев, Г. С. Королькова, И. И. Ведерникова // Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2010. – № 8. – С. 24-27.
3. Повышение износостойкости деталей дифференциала пожарных автомобилей за счет применения алмазного выглаживания / А. В. Топоров, П. В. Пучков, В. П. Зарубин, В. В. Киселев // Пожарная и аварийная безопасность. – 2022. – № 3(26). – С. 6-13.
4. 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.
5. Зарубин, В. П. Применение алмазного выглаживания для повышения износостойкости поверхностей валов пожарных насосов / В. П. Зарубин, В. В. Киселев // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2022. – Т. 18, № 10(214). – С. 451-453.

УДК 621.892

Н.И. Замятина¹, В.В. Бойцова¹, Е.Ю. Куваева¹, М.Ю. Колобов¹, Д.В. Петухов¹, К.В. Постнов^{1,2}

¹ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

²ООО «Индустриал Групп»

ПРИМЕНЕНИЕ ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ В КАЧЕСТВЕ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА

Аннотация: Применение недефицитных и недорогих присадок хлорпарафина и сульфированного касторового масла значительно улучшают антифрикционные свойства вакуумного газойля.

Ключевые слова: смазочный материал, присадка, коэффициент трения, нефтепродукты, трансмиссионные масла.

N.I. Zamyatina, V.V. Boytsova, E.Yu. Kuvaeva, M.Yu. Kolobov, D.V. Petuhov, K.V. Postnov

APPLICATION OF VACUUM GAS OIL AS A LUBRICANT

© Замятина Н.И., Бойцова В.В., Куваева Е.Ю., Колобов М.Ю., Петухов Д.В., Постнов К.В., 2024

Abstracts: The use of non-scarce and inexpensive additives of chlorinated paraffin and sulfonated castor oil significantly improves the antifriction properties of vacuum gas oil.

Keywords: lubricant, additive, friction coefficient, petroleum products, gear oils.

Для смазывания коробок передач, раздаточных коробок, главных передач ведущих мостов, рулевых механизмов применяют трансмиссионные масла. Их получают чаще всего на основе экстрактов от селективной очистки остаточных нефтяных масел с добавлением дистиллятных масел и присадок.

Широкую фракцию вакуумного газойля получают путем вакуумной перегонки мазута. Производимый продукт, после гидрокрекинга обычно применяется как сырьё для каталитического крекинга с целью выделения легких дистиллятов и широких масляных фракций [1, 2].

В данной работе исследовалась возможность использования в качестве смазочного материала вакуумного газойля депарафинизированного на установке атмосферно-вакуумной перегонки нефтяного сырья.

От ООО «Индустриал Групп» (г. Шуя Иванов. обл.) поступил продукт переработки вакуумного газойля (кинематическая вязкость - 28 сСт (при $t=50\text{ }^{\circ}\text{C}$), температура вспышки – $175\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура застывания $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Лабораторные исследования депарафинизированного вакуумного газойля (ДВГ) проводились на машине трения СМТ-1. Схема трения: подвижный диск – сталь 45, диаметр 0,04 м, твердость 50-55 HRC. Неподвижный диск – сталь 45, диаметр 0,05 м, твердость 45-50 HRC.

Подача смазочного материала осуществлялась путем захвата подвижным диском из ванны емкостью 150 мл. Единичный путь пробега 1 км, линейная скорость 1 м/с. Нагружение ступенчатое с шагом 0,1 кН.

На рис. 1 показана зависимость коэффициента трения от нагрузки как вакуумного газойля в состоянии поставки, так и с различными присадками, в том числе и с пакетом присадок, рекомендованным к трансмиссионным маслам Т-43.

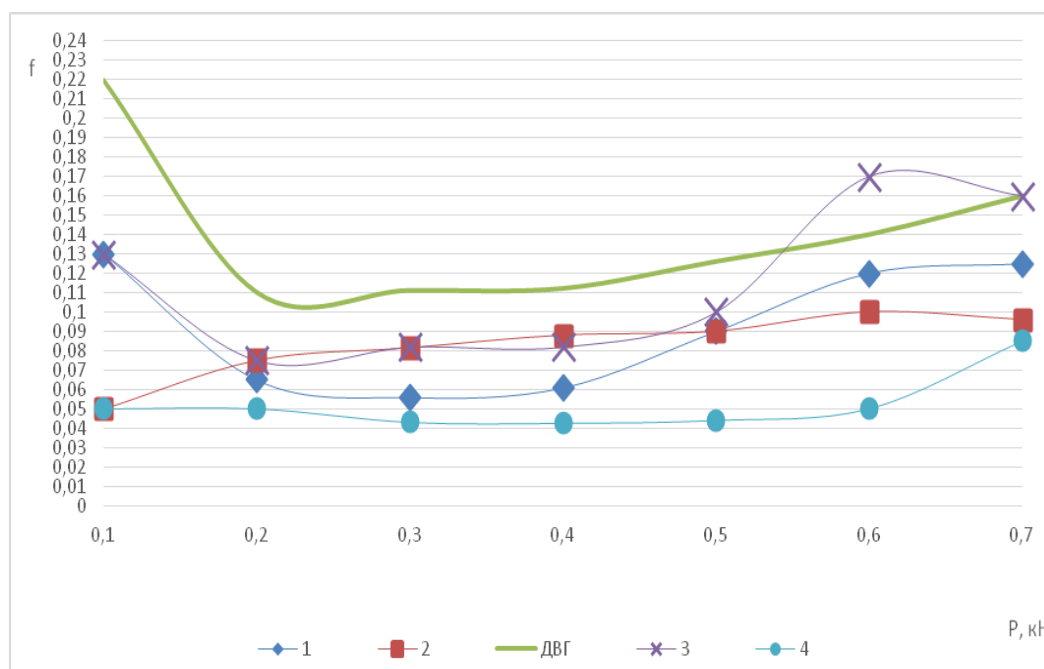


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от нагрузки
1-ТЭп-15; 2-ДВГ+CuSn(St); 3-ДВГ+Т-43; 4-ДВГ+ХП+МКС

Исследования показали, что лучший эффект для ДВГ дает применение недефицитных присадок, таких как хлорпарафин (ХП) и масло касторовое сульфированное (МКС) (кривая 4) и разработанная в ИГХТУ металлоплакирующая присадка CuSn(St) (кривая 2).

Наиболее стабильный режим работы пары трения во всем диапазоне нагрузок у композиции, содержащей ХП и МКС, у нее низкий коэффициент трения — значительно меньше, чем у серийного масла Тэп-15. Композиция с пакетом присадок Т-43 имеет самые высокие значения коэффициента трения, как при малых нагрузках, так и при повышенных, лучше эта композиция работает в диапазоне нагрузок от 0,25 до 0,55 кН. На хорошем уровне работает и композиция с металлоплакирующей присадкой, а при нагрузках более 0,5 кН по антифрикционным свойствам превосходит серийное масло [3, 4].

Зависимость температуры масляной ванны от нагрузки (рис. 2) подтверждает преимущество применения присадок ХП, МКС и CuSn(St).

Недостатком пакета присадок Т-43 является его быстрая вырабатываемость при испытаниях на длительность пробега (30 км).

Испытания на длительность пробега проводились по схеме: вращающийся диск – неподвижный частичный вкладыш, площадь контакта 1 см², объем испытуемого смазочного материала 80 см³. При постоянной нагрузке 0,5 кН и линейной скорости 1 м/с, путь пробега 30 км.

При таких испытаниях обращалось внимание на прирабатываемость пары трения (величина пробега до постоянного значения коэффициента трения) и градиента температуры Δt , °С масляной ванны (таблица).

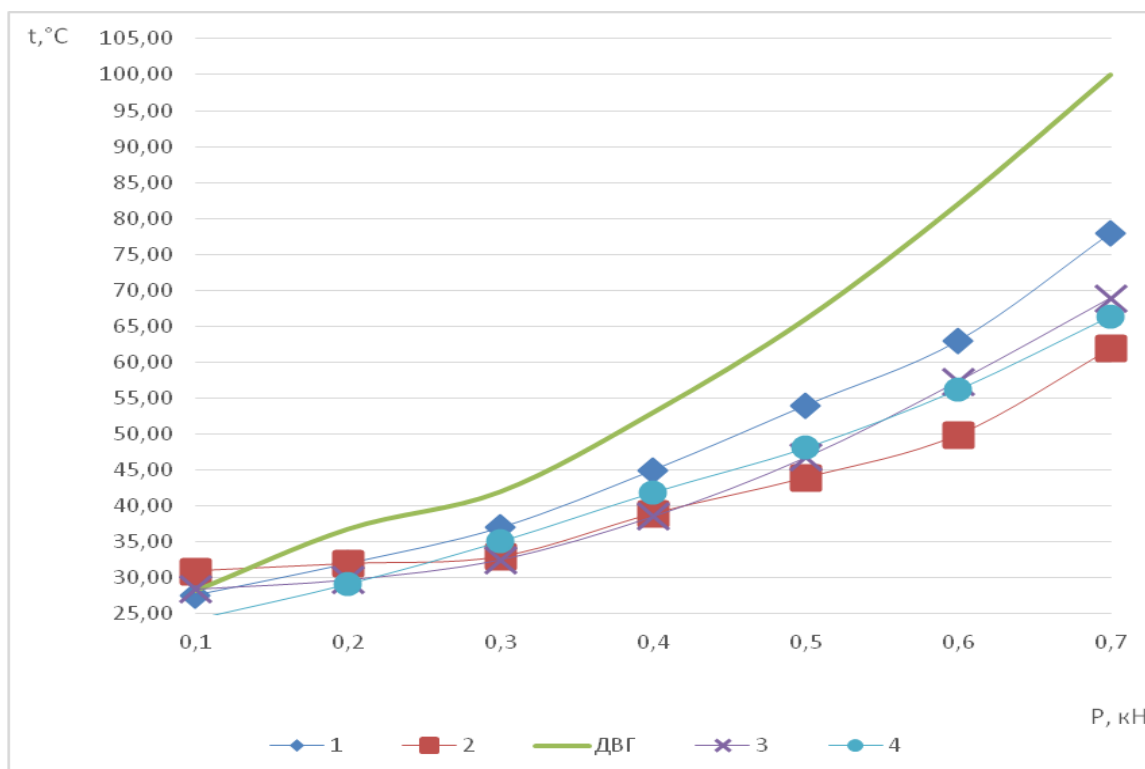


Рис. 2. Зависимость температуры от нагрузки
1-Тэп-15; 2-ДВГ+CuSn(St); 3-ДВГ+Т-43; 4-ДВГ+ХП+МКС

Таблица. Определение эффективности работы присадок

Композиция	Путь пробега до приработки, км	Δt , °С масляной ванны за последние 10 км	f от 10 до 30 км пробега
ТМ-2-18 API Gh-2 Тэп-15 SAE-90 Нигрол	6	72,3	0,18 0,175 0,185
ДВГ+4% Т-43	6	73,6	0,085 0,11 0,185
ДВГ+0,5% МКС +2% ХП	1	17	0,085 0,034 0,034
ДВГ+4% Т-43 +0,5% МКС +2% ХП	1	13	0,044 0,026 0,011

Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод, что применение недефицитных и недорогих присадок хлорпарафина и сульфированного касторового масла значительно улучшают антифрикционные свойства вакуумного газойля, а пакет присадок Т-43 выработался после 20 км пробега, что привело к резкому повышению коэффициента трения более чем в 1,5 раза.

Следует отметить синергетический эффект при совместном введении указанных присадок, что позволило значительно снизить коэффициент трения и улучшить прирабатываемость трибосистемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смидович Е.В. Технология переработки нефти и газа: крекинг нефтяного сырья и переработка углеводородных газов. М.: Альянс, 2011. 328 с.
2. Рудин М.Г., Драбкин А.Е. Краткий справочник нефтепереработчика. Л.: Химия: Ленинградское отделение, 1980. 328 с.
3. Киселев Б.Р., Бойцова В.В. Определение работоспособности смазочного материала по комплексным критериям/ Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов. – Иваново 2020. – С. 377-380.
4. Матвеевский Р.М., Буяновский И.А., Лазовская О.В. Противозадирная стойкость смазочных сред при трении в режиме граничной смазки. - М.: Наука, 1978. С. 192.

УДК 621

В.В. Киселев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

**АНАЛИЗ ТИПОВЫХ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИЙ
ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И ВЫБОР СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ**

Аннотация: В статье рассмотрены основные типы шасси пожарных автомобилей, состоящих на вооружении МЧС России. Приведены статистические данные по типовым отказам пожарных автомобилей. Указаны типовые неисправности элементов трансмиссий на основе данных технических служб территориальных подразделений пожарной охраны. Предложены модифицированные смазочные материалы для узлов трения элементов трансмиссий с целью снижения интенсивности износа трущихся деталей и повышения долговечности.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, базовое шасси, трансмиссия, масло, смазка, противоизносная присадка, трение, износостойкость, долговечность.

V.V. Kiselev**ANALYSIS OF TYPICAL MALFUNCTIONS OF FIRE TRUCK TRANSMISSION
PARTS AND THE CHOICE OF LUBRICANT TO INCREASE
THEIR DURABILITY**

Abstracts: The article discusses the main types of chassis of fire trucks in service with the Ministry of Emergency Situations of Russia. Statistical data on typical failures of fire trucks are presented. Typical malfunctions of transmission elements are indicated based on data from technical services of territorial fire protection units. Modified lubricants for friction units of transmission elements are proposed in order to reduce the wear rate of rubbing parts and increase durability.

Keywords: fire truck, base chassis, transmission, oil, lubricant, anti-wear additive, friction, wear resistance, durability.

Как известно, пожарные автомобили строятся на базе шасси грузовых автомобилей, серийно выпускаемых как в нашей стране, так и за рубежом. Наиболее распространены шасси отечественных производителей, среди которых выделяются Камаз, Урал, Газ, Зил. Среди иностранных производителей некоторое распространение имеют Мерседес, Ман, Ивеко и некоторые другие.

Противопожарная техника разрабатывается на базе грузовых автомобилей. Исключение составляют машины, эксплуатируемые в нестандартных условиях. В таком случае под заказ создают новые модификации. Пожарные автомобили разрабатывают на полноприводных или неполноприводных шасси. Скоростные и тяговые требования к последним прописаны в ГОСТе 21398-89. Регламент полноприводных систем основан на нормативно-технической документации конкретной модели ПА. Обязательное условие для них – комплектация шинами для передвижения по грунтовым дорогам.

Шасси пожарного автомобиля относится к первому уровню базовых подсистем общего комплекса механизмов, которые определяют функциональность и назначение машины. Условно шасси автомобилей включает в себя три больших узла: ходовую часть, трансмиссию и механизмы управления. При разработке ПА за основу берутся базы грузовых автомобилей.

В состав трансмиссии автомобиля входят следующие компоненты — это сцепление, коробка переключения передач, карданная передача, главная передача, дифференциалы и полуоси. Схематично структуру устройства автомобиля можем представить на рисунке.



Рисунок. Структура устройства автомобиля

Из представленных на рисунке элементов трансмиссии автомобиля видим, что во всех элементах присутствуют трущиеся детали, выход из строя которых в следствии износа, приведет к потере работоспособности всего узла или даже автомобиля.

Статистика отказов основных узлов и деталей пожарных автомобилей выглядит следующим образом:

- отказы система электрооборудования составляют около трети всех поломок;
- неисправности двигателя возникают в каждом пятом случае;
- отказы топливной системы, требующие ремонта или настройки, составляют каждый двадцатый случай;
- каждая третья поломка происходит в элементах трансмиссий пожарных автомобилей (в коробке переключения передач, в коробке отбора мощности, в раздаточной коробке, неисправности сцепления).

Таким образом, общая доля отказов, приходящихся на элементы трансмиссии автомобилей, составляет свыше 30 %. Основной причиной выхода из строя является износ трущихся поверхностей узлов трения трансмиссий. Снижение износа трущихся поверхностей может быть достигнуто за счет регулярного технического обслуживания узлов трения каждого из узлов трансмиссий с учетом специфики их устройства.

Техническое обслуживание главной передачи сводится к регламентной замене смазочного материала в коробке главной передачи. Для данного механизма необходимо применение специального масла — гипоидного. Отличительной особенностью такого масла является возможность работы при больших нагрузках, которые создаются в местах контакта зубьев конической гипоидной передачи.

Для обеспечения продолжительной и надежной работы коробки переключения передач требуется своевременное проведение технического обслуживания, элементами которого являются промывка механизмов КПП, слив отработанного смазочного материала и замена его на новое. В некоторых случаях требуется регулировка сцепления. Промывка коробки переключения передач следует производить свежим индустриальным маслом. Эта процедура позволяет избавиться от металлической стружки и других абразивных элементов, находящихся в осадке внутри картера КПП. После промывки заливается свежее трансмиссионное масло, предписанное заводом изготовителем или аналогичное по параметрам. От качества применяемого трансмиссионного масла и интервала его замены зависит срок службы коробки переключения передач.

Для достижения заложенного заводом-изготовителем ресурса карданной передачи, необходимо регулярно производить ее диагностику и обслуживание, которое заключается в смазке трущихся элементов. В условиях работы без смазки или ее недостаточном количестве карданные крестовины и подшипники выходят из строя. Наличие в составе карданной передачи игольчатого подшипника несколько ограничивает номенклатуру применяемых для карданной передачи смазочных материалов. Необходимо исключить смазки, имеющими в своих составах твердые добавки или кристаллическую структуру. Не рекомендуется применять смазочные материалы, содержащие графит или дисульфид молибдена. Несколько лет назад наибольшую популярность у механиков имела так называемая «синяя смазка 158». Она содержала в своем составе литиево-калиевый комплекс. Сейчас для обслуживания карданной передачи в нашей стране производятся пластичные смазки с добавлением литиевого загустителя. На наш взгляд для смазывания деталей карданной передачи оптимальной будет являться пластичная смазка, содержащая соли мягких металлов – лития, меди, кобальта и других. Такие смазки подойдут для обслуживания крестовин карданного вала и игольчатых подшипников. Применение таких смазок позволят повысить устойчивость узлов трения в условиях работы в загрязненной среде, во влажной среде, снизить износ трущихся деталей.

Дифференциал пожарного автомобиля является важным элементом трансмиссии, исправная работа которого обеспечит безопасность движения по дорогам и необходимый уровень проходимости в условиях бездорожья. Поэтому следует уделять внимание данному узлу при проведении технического обслуживания автомобильной техники. Характерным признаком неисправности данного узла являются шум при движении на скоростях свыше 50 км/ч. Причиной может стать износ шестерен в случае утечек смазочного материала или частичной или полной потере смазывающих свойств масла. Как и любая другая зубчатая передача, детали дифференциала нужда-

ются в регулярной смазке и использования качественных смазочных материалов. Уровень масла необходимо регулярно контролировать и, в случае снижения уровня, требуется устранить причины утечки и восстановить уровень масла. Часто причиной утечки масла служит закисливание пружин сапуна, устройства предназначенного для стравливания излишнего давления внутри корпуса дифференциала, создающегося в следствие нагрева масла. Для технического обслуживания дифференциалов должно применяться трансмиссионное масло с допусками, установленными заводом-изготовителем. От качества применяемого масла будет зависеть долговечность и безотказность работы данного узла трансмиссии автомобиля.

Таким образом, устройство трансмиссии пожарных автомобилей является достаточно сложным с технической точки зрения, содержит значительное количество подвижных элементов и трущихся деталей. Во всех рассмотренных элементах присутствуют различные типа трансмиссионных смазочных материалов, от качества которых в значительной степени будет зависеть работоспособность узлов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет ресурс: <https://www.pozhmashina.ru/articles/articles-pozharnye-mashiny/shassi-pozharnyh-avtomobilej.html>.
2. 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.
3. Киселев, В. В. Повышение износостойкости шарнирных соединений карданных передач пожарных автомобилей / В. В. Киселев, В. П. Зарубин // Пожарная и аварийная безопасность. – 2023. – № 1(28). – С. 7-13.
4. 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.
5. Повышение износостойкости деталей дифференциала пожарных автомобилей за счет применения алмазного выглаживания / А. В. Топоров, П. В. Пучков, В. П. Зарубин, В. В. Киселев // Пожарная и аварийная безопасность. – 2022. – № 3(26). – С. 6-13.
6. Киселев, В. В. Снижение износа зубчатых колес коробок переключения передач пожарных автомобилей за счет улучшения противоизносных свойств трансмиссионного масла / В. В. Киселев, В. П. Зарубин, А. А. Покровский // Пожарная и аварийная безопасность. – 2022. – № 4(27). – С. 24-29.
7. Снижение износа деталей главной передачи пожарных автомобилей за счет улучшения триботехнических характеристик смазочных материалов / В. В. Киселев, А. В. Топоров, В. П. Зарубин, Н. А. Кропотова // Пожарная и аварийная безопасность. – 2021. – № 3(22). – С. 5-10.
8. Повышение долговечности трансмиссий пожарных автомобилей применением смазочных композиций / В. В. Киселев, Н. А. Кропотова, В. П. Зарубин, А. А. Покровский // Пожарная и аварийная безопасность. – 2019. – № 1(12). – С. 34-39.

УДК 621.8

Д.М. Макулов, В.П. Зарубин, И.А. Легкова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЗАМЕНЫ МАСЕЛ И СМАЗОК В ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЯХ

Аннотация: материал статьи посвящен вопросу замены отработанных смазочных материалов в узлах и агрегатах пожарных автомобилей; проведен обзор существующих устройств и приспособлений, а так же специализированного оборудования, для слива отработанного масла и заправки чистого; предложена общая концепция организации мобильного поста замены отработанных смазочных материалов и других технических жидкостей.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, техническое обслуживание, смазочные материалы, замена отработанного масла.

D. M. Makulov, V. P. Zarubin, I. A. Legkova

SELECTION OF EQUIPMENT FOR OIL AND GREASE REPLACEMENT IN FIRE TRUCKS

Abstracts: the material of the article is devoted to the issue of replacing used lubricants in fire truck assemblies and assemblies; an overview of existing devices and devices, as well as specialized equipment for draining used oil and refueling clean; a general concept for organizing a mobile post for replacing used lubricants and other technical liquids is proposed.

Keywords: fire truck, maintenance, lubricants, waste oil replacement.

Техническое состояние мобильных средств пожаротушения является определяющим фактором их работоспособности и оказывает непосредственное влияние на результат выполнения боевой задачи. Для поддержания техники в исправном состоянии нормативной документацией регламентировано проведение технического обслуживания [1]. Соблюдение правил, сроков и качества выполнения работ по техническому обслуживанию гарантирует поддержание исправного состояния пожарных автомобилей и другого оборудования.

Из всего комплекса работ по техническому обслуживанию в особую сторону по значимости можно отнести работы по замене отработанных масел и смазок в узлах и агрегатах пожарной техники. Отработанное масло теряет свои физические и химические свойства [2], накапливает в себе продукты износа, абразивные частицы и влагу. Это приводит к увеличению трения между деталями, появлению коррозии и повышенному износу трущихся поверхностей. Для устранения этих негативных проявлений требуется проведение своевременной замены отработанного смазочного материала.

Работы по замене масел состоят из нескольких операций, основными из которых являются слив отработанного масла и заправка чистого. Для этого применяют различный инструмент, специализированное оборудование или приспособления.

Рассматривая подробно операцию по сливу отработанного масла, можно отметить два основных принципа выполнения этой работы. А именно, слив через сливные отверстия (рис. 1, а) или отбор специальным оборудованием через заливную горловину (рис. 1, б).



а)



б)

Рис. 1. Способы слива отработанного масла: а – слив через сливные отверстия; б – отбор специальным оборудованием через заливную горловину

Сравнивая эти два способа, можно отметить некоторые преимущества слива масла через сливную пробку [3]. Правильное проведение такой операции минимизирует количества отработанного масла, оставленного в агрегате. Прогретое масло хорошо сливается, не оставляя осадка на поверхностях деталей. В случае с отбором масла через заливную горловину необходимо иметь определенный навык в обращении с оборудованием, правильно выбирать режимы работы и настройки. В случае нарушения порядка выполнения операции есть риск частичного отбора масла и оставления остатка отработанного масла в агрегате. Это означает, что залитое чистое масло потеряет свои качества в самом начале работы. Кроме этого, стоимость специализированного оборудования предъявляет определенные требования к целесообразности его применения. Так, например, приобретать дорогое устройство для обслуживания небольшого количества автомобилей нецелесообразно. В случае рассмотрения вопроса замены отработанных масел в пожарных автомобилях в ремонтных мастерских пожарно-спасательных частей целесообразно применять способ слива отработанного масла через сливные отверстия. Качество проведения операции от этого не страдает и не требуется затрат большого количества средств на приобретение специального оборудования. Однако стоит отметить, что сливать масло лучше в емкости подходящего размера и объема и имеющие такое конструктивное исполнение, которое упрощает переливание масла из них в тару для хранения и транспортировки.



Рис. 2. Емкости для слива отработанного масла

Следующим этапом при замене отработанного масла является заправка агрегата чистым маслом. Для этого предусмотрены заливные горловины и пробки. Заправить агрегат чистым маслом можно несколькими способами. А именно самотеком из канистры или с помощью масло-раздаточного оборудования. Заправка самотеком возможна в случае удобного расположения заливной горловины (рис. 3).



Рис. 3. Процесс заправки чистого масла в двигатель

При заправке узлов и агрегатов, находящихся в труднодоступных местах, необходимо применять специальное оборудование (рис. 4). Особенно это касается заправки агрегатов, в которых конструкцией предусмотрено горизонтальное расположение заправочных отверстий.



Рис. 4. Специализированное масло-раздаточное оборудование.

Преимущество использования такого оборудования заключается в частичной механизации процесса заправки, снижении потерь масла, точном измерении выданного масла, возможности заправки любых узлов и агрегатов.

Однако стоит отметить, что слив масла и заправка агрегатов чистым маслом это лишь небольшая часть проблемных вопросов замены отработанного смазочного материала. Хранение и переработка отработки тоже требует пристального внимания так как напрямую связана с вопросами экологии и защиты окружающей среды. Бесконтрольный слив нефтепродуктов наносит вред окружающей среде, растениям и всем живым организмам. Поэтому вопросы замены смазочных материалов необходимо решать в комплексе с вопросами хранения и утилизации отработки. Решать такие вопросы самостоятельно небольшим пожарно-спасательным частям проблематично. Их необходимо рассматривать на уровне отрядов. Так, например, организация централизованной системы замены масел и смазок в пожарной технике, стоящей на вооружении в пожарно-спасательных частях отряда, поможет решить ряд проблемных вопросов. Для этого предлагается организовать передвижной пост по замене смазочных материалов. Назначение такого поста заключается в работах по сбору отработанного

масла из агрегатов пожарных автомобилей, заправка их чистым смазочным материалом, сбор и транспортировка отработанного масла в пункты по переработке или места хранения.

В настоящее время существуют мобильные маслозаправочные станции различной укомплектованности на базе грузовых автомобилей (рис. 5).



Рис. 5. Мобильная маслозаправочная станция на шасси УРАЛ НЕКСТ 4320 МАКАР

Использование таких станций позволит сократить время на проведение ремонтных работ, повысить качество проведения операций, снизить потери масел и смазок, снизить затраты физического труда при проведении работ. Однако применение такого оборудования возможно лишь при проведении соответствующих экономических расчетов с учетом затрат на приобретение такого автомобиля и количества обслуживаемой техники. Стоит отметить, что в небольших отрядах применение такого дорогостоящего оборудования нецелесообразно. Для обслуживания пожарных автомобилей в пожарно-спасательных частях с небольшим количеством автомобилей, стоящих на вооружении, предлагается мобильная станция по замене технических жидкостей и смазок на базе легкового прицепа (рис. 6) [4].

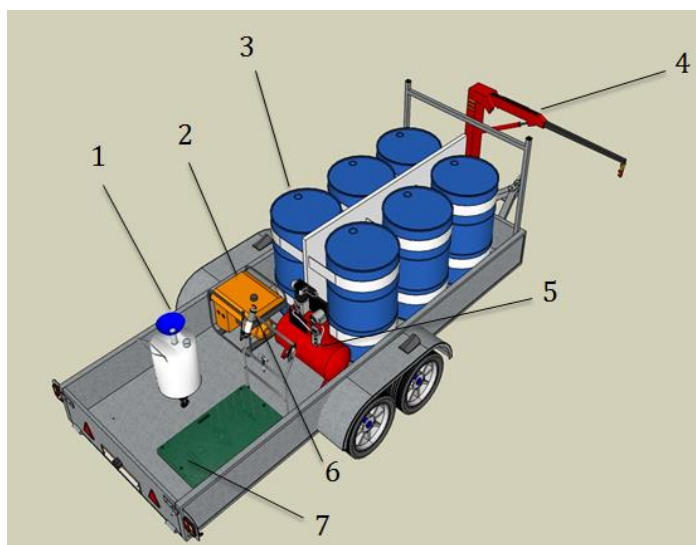


Рис. 6. Общий вид поста для замены технических жидкостей и смазок:

- 1 — установка для слива масла,
- 2 — бензиновый генератор,
- 3 — бочка для технических жидкостей,
- 4 — кран укосина, 5 — компрессор,
- 6 — соленомагниетатель,
- 7 — мобильная тележка с пневматическим насосом и раздаточным пистолетом

Предварительный расчет показывает, что в качестве основы подойдет автомобильный прицеп грузоподъемностью 1750 кг с размером кузова 4,0х1,9 м и высотой борта 580 мм. На площадке предложенного прицепа свободно разместится все необходимое оборудование, резервуары с чистым маслом и резервуары под отработанное масло. В качестве основного оборудования можно предложить укомплектовать прицеп установкой для слива масла, бензиновым генератором, бочкой для технических жидкостей, компрессором, солидолонагнетателем и мобильной тележкой с пневматическим насосом, и раздаточным пистолетом. Для удобства погрузки и разгрузки бочек с маслом на прицепе предлагается установить кран укосину. Мобильная прицепная станция по замене технических жидкостей в пожарных автомобилях позволит проводить весь комплекс работ, что положительно отразится на качестве проводимых операций и дальнейшей работе агрегатов пожарной техники. Эксплуатация мобильной станции возможна с любым легковым автомобилем оборудованным фаркопом. Загруженность станции рассчитывается с учетом количества пожарных автомобилей, стоящих на вооружении в пожарно-спасательных частях отряда. При наличии такой станции в отряде исключается необходимость укомплектования пожарно-спасательных частей специальным оборудованием, что экономит определенные финансовые средства. Оборудование станции будет задействовано в полном объеме, что так же положительно отражается на его окупаемости. Централизованный сбор отработки минимизирует потери смазочного материала и оказывает меньшее негативное влияние на экологию окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 1.10.2020 № 737 «Об утверждении руководства по организации материально-технического обеспечения министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
2. Зарубин, В. П. К вопросу сбора отработанных технических жидкостей в пожарно-спасательных частях / В. П. Зарубин, С. Э. Кузьева // Пожарная и аварийная безопасность : Сборник материалов XII международной научно-практической конференции, посвященной году гражданской обороны, Иваново, 29–30 ноября 2017 года. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2017. – С. 290-291.
3. Зарубин, В. П. К вопросу улучшения качества проведения операций по замене смазочных материалов в узлах пожарных автомобилей / В. П. Зарубин // Надежность и долговечность машин и механизмов : Сборник материалов XII всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 года. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2021. – С. 406-409.
4. Зарубин, В. П. Разработка устройства для выполнения смазочных и заправочных работ при техническом обслуживании пожарной техники / В. П. Зарубин, И. А. Легкова, В. Е. Иванов // Пожарная и аварийная безопасность. – 2020. – № 1(16). – С. 26-30.

УДК 621.941

А.Г. Наумов, С.А. Сырбу, Н.А. Таратанов, А.С. Митрофанов, А.Г. Азовцев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ КИСЛОРОДСОДЕРЖАЩИХ МИКРОКАПСУЛ НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ НА ПРОЦЕССЫ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Аннотация: На основе анализа влияния микрокапсул в составе смазочно-охлаждающих технологических средств на износостойкость быстрорежущего инструмента из стали Р6М5 на операции точения нержавеющей стали 12Х18Н10Т, хромистой стали 40Х, титановых сплавов ВТ5-1 и ВТ6 предложен механизм действия кислородсодержащих микрокапсул направленного действия на процессы контактного взаимодействия трибосопряженных металлических поверхностей. Механизм действия кислородсодержащих микрокапсул заключается в их проникновении по сети межповерхностных капилляров и в образовании в зоне контакта адсорбционных пленок, возникающих из-за повышенной адгезионной активности полимерной составляющей, с одной стороны, а также из-за интенсификации радикально-цепного механизма, с другой.

Ключевые слова: кислородсодержащие микрокапсулы, точение, износ резцов, капилляры, адсорбционные пленки, радикально-цепной механизм.

A.G. Naumov, S.A. Syrbu, N.A. Taratanov, A.S. Mitrofanov, A.G. Azovtsev

OXYGEN-CONTAINING MICROCAPSULES DIRECTED ACTION MECHANISM OF ACTION ON CONTACT INTERACTION PROCESSES

Abstracts: Based on the analysis of the influence of microcapsules in the composition of lubricants and coolants on the wear resistance of high-speed cutting tools made of R6M5 steel during turning operations of stainless steel 12Kh18N10T, chromium steel 40Kh, titanium alloys VT5-1 and VT6, a mechanism of action of oxygen-containing microcapsules of directed action on the processes of contact interaction of tribo-conjugated metals is proposed surfaces. The oxygen-containing microcapsules mechanism of action is their penetration through a network of intersurface capillaries and the formation of adsorption films in the contact zone, which arise due to the increased adhesive activity of the polymer component, on the one hand, and also due to the intensification of the radical chain mechanism, on the other hand.

Keywords: oxygen-containing microcapsules, turning, wear of cutters, capillaries, adsorption films, radical chain mechanism.

Одним из основных свойств смазочно-охлаждающих технологических средств, положительно влияющих на характеристики процесса резания, является смазывающее действие, заключающееся в их способности под воздействием внешних условий, сопровождающих процесс резания, взаимодействовать с обрабатываемым и инструментальными материалами. Результат данного взаимодействия заключается в уменьшении реакционной способности образуемых в процессе резания ювенильных поверхностей, снижении количества и прочности адгезионных связей между контактирующими поверхностями, образовании граничной пленки, защищающей обрабатыва-

емый и инструментальный материалы от физико-химической и механической деформации, уменьшении длины контакта стружки с передней поверхностью инструмента.

Исследования влияния озонированных микрокапсул в составе смазочно-охлаждающих технологических средств на работоспособность быстрорежущего инструмента проводились на операции точения.

При точении в качестве обрабатываемых материалов использовались нержавеющая сталь 12Х18Н10Т, хромистая сталь 40Х, а в качестве материала режущего инструмента – сталь Р6М5. Режимы резания выбирались согласно рекомендациям работ [1]. Для изучения динамики износа режущего инструмента испытания проводились до начала катастрофического износа резцов. За критерий начала катастрофического износа было принято значение ширины площадки износа по задней поверхности резца, равное 0.6 мм согласно методике работы [2]. Износ резцов контролировался с помощью микроскопа МПБ-2.

Весь применяемый быстрорежущий инструмент предварительно был подвергнут стандартной термической обработке (закалке и многократному отпуску).

В качестве режущего инструмента применялись упорнопроходные резцы из быстрорежущей стали Р6М5. Для предотвращения структурных изменений в быстрорежущей стали при заточке, согласно рекомендациям работы [3], затачивание велось с поливом инструментальным маслом И-12А. Исследования при точении проводились на токарно-винторезном станке модели 16К20.

При изготовлении микрокапсул использовался раствор пероксида водорода в воде. Раствор адсорбировался с помощью активированного угля, который затем капсулировался. Для определения наличия пероксида водорода в полученных микрокапсулах использовался метод ИК-спектроскопии.

На рис. 1а приведен ИК-спектр желатиновых микрокапсул, изготовленных без воздействия озонированного кислорода, а на рис. 1б – с его использованием. Анализ указанных рисунков показывает изменение характера спектра микрокапсул, полученных при действии озонированного кислорода. В области 3390 см^{-1} наблюдается появление полосы поглощения, характерной для пероксида водорода.

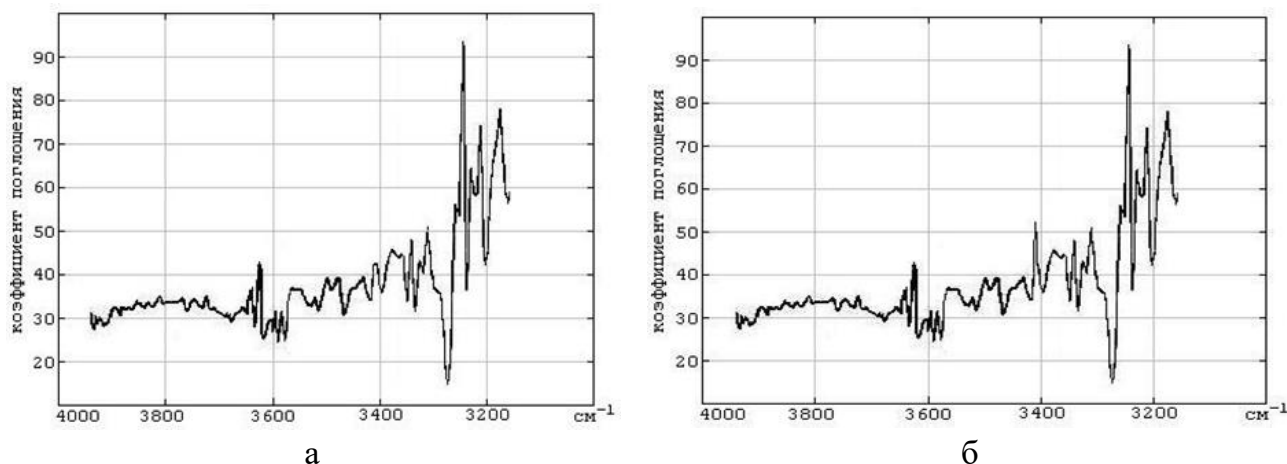


Рис. 1. ИК-спектр желатиновых микрокапсул:

а — исходных, б — полученных при воздействии озонированного кислорода.

Экспериментальные данные, полученные при точении нержавеющей стали 12Х18Н10Т, хромистой стали 40Х, а также титановых сплавов ВТ5-1 и ВТ6 с использованием масляных и водорастворимых смазочно-охлаждающих жидкостей (МР-4 и Аквол-6 соответственно), принятых за эталонные вещества, точении всухую и с использованием дистиллированной воды, а также с использованием нескольких видов микрокапсул в воде в различных концентрациях, а именно капсул с желатиновыми оболочками без ядра, микрокапсул с желатиновыми оболочками с магнетитом, микрокапсул с желатиновыми оболочками и озонированной водой в ядре (озонированная вода ядра микрокапсулы адсорбировалась активированным углем), микрокапсул с желатиновыми оболочками, обработанными озоном, микрокапсул с желатиновыми оболочками с магнетитом, обработанными озоном, и микрокапсул с желатиновыми оболочками с магнетитом и озонированной водой в ядре показали следующее. Наилучшая стойкость при точении всех материалов наблюдалась в случаях применения водных эмульсий микрокапсул с желатиновыми оболочками с магнетитом и озонированной водой в ядре. При точении сталей наилучшая стойкость резцов была зафиксирована при использовании 4%-ной водной эмульсии указанных микрокапсул, при точении титанового сплава ВТ5-1 – при использовании их 2%-ной водной эмульсии, при точении титанового сплава ВТ6 – при использовании их 1%-ной водной эмульсии [4].

Почему же адсорбированный в ядре желатиновых микрокапсул пероксид водорода сработал так эффективно?

Даже малое количество смазочного материала, попадающее в зону резания, дает существенный эффект. Поэтому проявлению смазочного действия должно предшествовать проникновение среды на контактные площадки между инструментом и заготовкой.

Возьмем за основу механизм проникновения микрокапсул на границу раздела «стружка – инструмент» через динамическую сеть межповерхностных капилляров. При этом капиллярный поток смазки, движущийся по границе раздела между передней поверхностью инструмента и стружкой от зоны отрыва к режущей кромке, является наиболее трибологически значимым.

Согласно модели проникновения частиц смазочно-охлаждающих технологических средств по такому механизму единичный капилляр можно представить в виде цилиндра, один конец которого закрыт. Такой капилляр имеет характерные значения r_k и l_k . Если длина капилляра l_k не является в случае проникновения микрокапсулы доминирующим фактором, то его радиус r_k служит критерием оценки возможности прохождения через него микрокапсул определенных размеров. Данные различных исследователей показывают, что радиус капилляра может достигать 50 мкм. Следовательно, микрокапсулы, имеющие меньший диаметр, могут проникнуть через капиллярную систему.

Методом сканирующей электронной микроскопии было установлено, что исследуемые в работе микрокапсулы имеют средний диаметр 11 мкм. Таким образом, можно утверждать, что большинство микрокапсул способно проникать по капиллярной сети.

Наряду с другими факторами смазочная способность смазочно-охлаждающих технологических средств в значительной степени зависит от свойств входящих в них компонентов. Качество смазочной пленки определяется строением и молекулярной структурой соединений, составляющих их основу, и, прежде всего, молекулярной

массой, степенью разветвления цепей, природой и числом функциональных групп (сложноэфирных, карбоксильных, гидроксильных и др.), кристаллической и надмолекулярной структурой и т.д. При точении сталей и титановых сплавов желатиновая оболочка микрокапсул направленного действия, попадающих в контактную зону, подвергается не только термолизу, но и действию сильнейшего окислителя – озона, высвобождающегося из ядра микрокапсулы. Это приводит к образованию кислородсодержащих свободно радикальных фрагментов, способных к хемосорбции как внутри капилляров, так и на контактных поверхностях.

Следовательно, механизм действия кислородсодержащих микрокапсул заключается в их проникновении по сети капилляров и в образовании в зоне контакта адсорбционных пленок, возникающих, с одной стороны, из-за повышенной адгезионной активности полимерной составляющей, а с другой – из-за интенсификации радикально-цепного механизма.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ, грант № 23-29-00288.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуревич Я.Л. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник. М.: Машиностроение. 1986. 180 с.
2. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. М.: Машиностроение. 1982. 320 с.
3. Латышев В.Н., Наумов А.Г. О смазочном и химическом действии внешней среды при резании // Трение и износ. 2001. Т. 22 (3). С. 342–348.
4. Наумов А.Г., Сырбу С.А., Таратанов Н.А. Влияние специфики формирования полимерной оболочки микрокапсулы с ядром озонсодержащего соединения на стойкостные показатели инструмента при лезвийном резании // Химическая физика. 2023 г. Т. 42, № 11. С. 63–70.

УДК 621.9.079

Д.С. Репин, С.А. Шабунин, В.Б. Бубнов, Е.В. Зарубина
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ АКТИВИРОВАННЫХ СОТС С ПОЛИМЕРНЫМИ ПРИСАДКАМИ ПРИ ОБРАБОТКЕ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Аннотация: Работа посвящена исследованию влияния активации коронным разрядом полимерных присадок к СОТС на лезвийную обработку титановых сплавов. Установлено, что повышение эффективности обработки титановых сплавов обеспечивается за счет образования смазочных пленок, предположительно имеющих металлополимерную природу.

Ключевые слова: поливиниловый спирт, полиэтиленгликоль, активация коронным разрядом, смазочные пленки, титановые сплавы

D.S. Repin, S.A. Shabunin, V.B. Bubnov, E.V. Zarubina

ON THE ISSUE OF THE EFFECTIVENESS OF ACTIVATED PLASTICS WITH POLYMER ADDITIVES IN METAL CUTTING

Abstracts: The work is devoted to the study of the effect of corona discharge activation of polymer additives for cooling lubricants on blade processing of titanium alloys. It has been established that an increase in the efficiency of processing titanium alloys is achieved due to the formation of lubricating films, presumably of a metal-polymer nature.

Keywords: polyvinyl alcohol, polyethylene glycol, corona activation, lubricating films, titanium alloys

Положительное решение проблемы синтеза применения смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) во многом определяется уровнем теоретических исследований в этой области. Процесс резания предполагает специфические особенности механизма действия внешней среды, которые зависят, прежде всего, от следующих факторов: высокие удельные давления и температуры на рабочих поверхностях режущего инструмента; наличие ювенильных неокисленных металлических поверхностей; протекание химических реакций и электрохимических процессов на границе раздела «инструмент — обрабатываемый материал»; высокая скорость деформации срезаемого металла; незначительное время контактирования стружки и обработанной поверхности с резцом [1].

Значительный вклад в изучении физико-химических процессов, протекающих на контактных поверхностях в зоне резания при образовании смазочных структур, принадлежит профессору В.Н.Латышеву и его научной школе. Так, многочисленными исследованиями установлено, что в результате взаимодействия испускаемых поверхностью стружки электронов с молекулами внешней среды, происходит активация последних и распад их с образованием реакционных частиц - радикалов. Обладая высокой химической активностью, эти частицы взаимодействуют с ювенильными поверхностями, результатом чего является интенсивное образование композиций, основная функция которых заключается в разделении чистых металлических поверхностей, т.е. в снижении адгезионных взаимодействий [2].

Также для образования радикалов при металлообработке, как указывает В. Н. Латышев, существуют различные способы принудительной интенсификации этого процесса — активация СОТС.

Таким образом, сущность концепции активации состоит в том, что можно повысить химическую активность практически любых смазочных сред, за счет сообщения им дополнительной энергии, с помощью использования физических воздействий различной природы.

В тоже время применение СОТС для механической обработки труднообрабатываемых материалов, к которым относятся и титановые сплавы, вызывает все больший интерес из-за тяжелых трибологических условий, возникающих во время этого процесса. СОТС применяются в процессе механической обработки для снижения износа инструмента, трения и тепловыделения. Данное исследование было проведено с целью изучения влияния добавок на основе присадок полимеров на характеристики СОТС при сверлении титанового сплава BT5-1.

Трудности при механической обработке титановых сплавов приводят к высоким затратам, связанным с использованием этих сплавов. Смазочно-охлаждающие технологические средства играют значительную роль при обработке титановых сплавов. Смазочно-охлаждающие технологические средства на водной основе действуют как смазывающие и охлаждающие вещества, снижая трение и нагрев в зоне резания, тем самым, обеспечивая более длительный срок службы инструмента и хорошую чистоту поверхности [3]. Они также влияют на образование и удаление стружки из зоны резания, а также предотвращают воспламенение стружки в процессе механической обработки.

Исследовалось влияние активированных коронным разрядом СОТС с полимерными присадками на величину крутящего момента в процессе сверления металлов.

Проводились эксперименты по определению крутящего момента при использовании полимерсодержащих СОТС как с применением, так и без применения активацией коронным разрядом.

В результате проведенных исследований установлено, что активированные СОТС с кислородсодержащими полимерными присадками способствуют уменьшению крутящего момента. Наибольший эффект от данных СОТС наблюдался при сверлении титана BT5-1 (рис. 1).

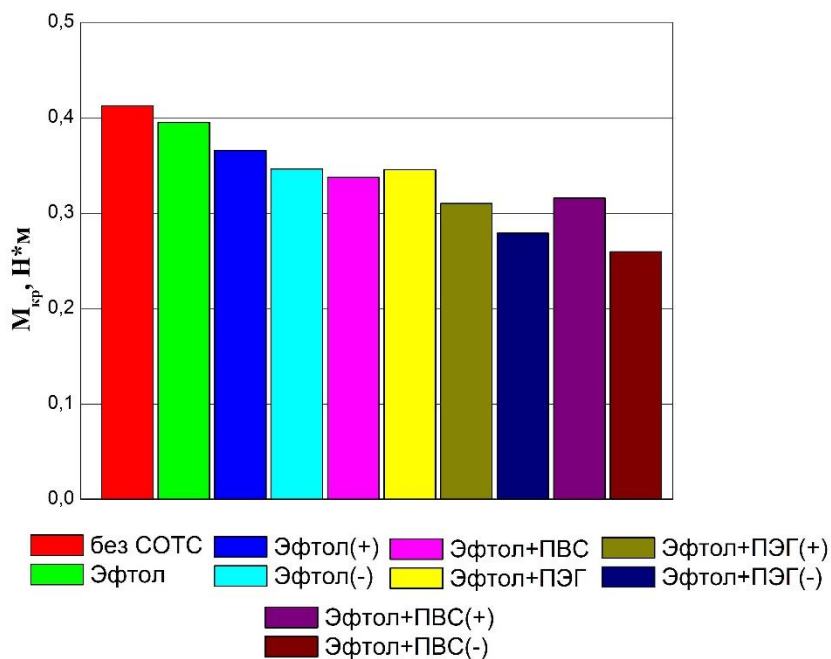


Рис. 1. Диаграмма крутящего момента при сверлении BT5-1 режущим инструментом P6M5K5 с использованием активированных и неактивированных коронным разрядом полимерсодержащих СОТС ($V = 26$ м/мин, $t = 3,35$ мм, $S = 0,1$ мм/об)

*(+) – положительный знак на коронирующем электроде

*(-) – отрицательный знак на коронирующем электроде

Повышение эффективности обработки металлов резанием с использованием полимерных присадок объясняется образованием смазочных пленок на площадках режущего инструмента и стружки, имеющих различную структуру.

Учитывая состав применяемых полимеров, можно предположить, что пленки, образующиеся на поверхности режущего инструмента, будут иметь металлополимерную природу. Ранее нами уже была изучена возможность образования комплексов Fe с активированными коронным разрядом кислородсодержащих присадок к СОТС [4].

Можно предположить, что аналогичный процесс возможен и с участием атомов Ti. Таким образом, на рис. 2 представлена структура металлополимерных пленок.

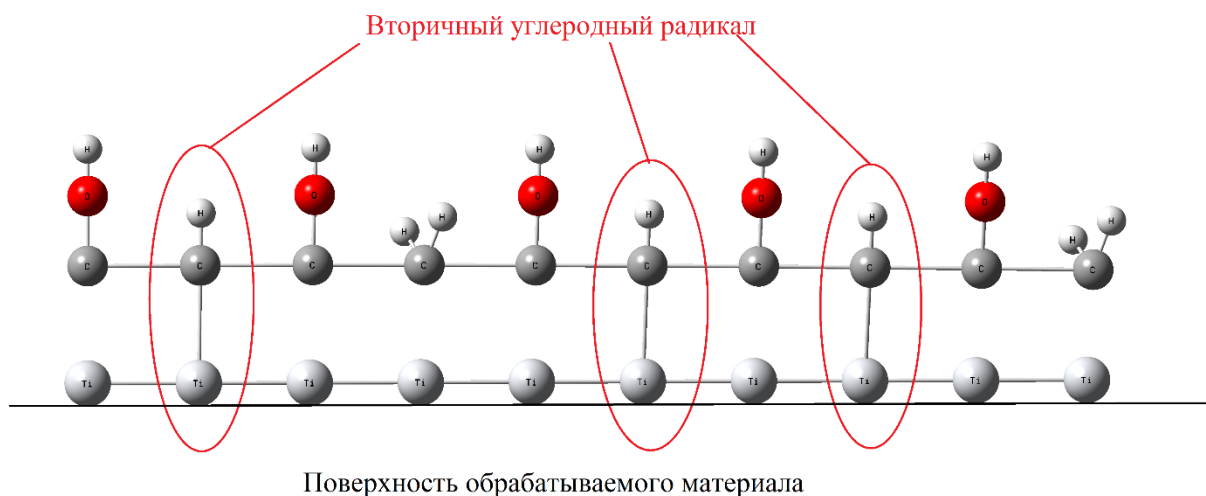


Рис. 2. Схема образования металлополимерных соединений в зоне трибосопряжения металлических поверхностей в присутствии активированного СОТС с кислородсодержащими полимерными присадками

Таким образом, активация коронным разрядом СОТС, содержащую кислородсодержащую полимерную присадку, позволяет повысить эффективность труднообрабатываемых титановых сплавов. Данное обстоятельство, по всей видимости, связано с образованием по радикально-цепному механизму соединений присадок с атомами Ti, результатом чего является образование смазочных пленок. Установление точной структуры образовавшихся пленок требует проведения дополнительного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латышев В.Н., Наумов А.Г. Механизм радикально-цепных реакций при лезвийной обработке металлов / В.Н. Латышев, А.Г. Наумов // Металлообработка, 2009. – Вып. 3(51). – С. 8-16.
2. Наумов А.Г., Комельков В.А., Зарубина Е.В., и др. / А.Г. Наумов, В.А. Комельков, Е.В. Зарубина, В.С. Еловский, Д.С. Репин // «Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов» материалы IV Всероссийская научно-практическая конференция, Иваново, 18 апреля 2017 г. – Иваново : ИПСА ГПС МЧС России, 2017. С 158-163.
3. Junhui Ma, Javad Mohammadi, Yan Zhou, Jeff Larsh, Kris Januszkiewicz, Robert Evans, Yixing Zhao, Olufisayo A. Gali, A.R. Riahi An investigation into cutting fluid additives performance during machining processing of Ti-6Al-4V. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 2021. 112(3-4):1-11.
4. Мигранов М.Ш., Репин Д.С., Сырбу С.А., Наумов А.Г., Шабунин С.А. О механизме действия кислородсодержащих полимерных присадок, активированных коронным разрядом, при резании металлов // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2023. № 8. С. 381-384.

УДК 621.318

М.С. Сайкин

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

ВЫБОР КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ГЕРМЕТИЗАТОРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВРАЩАЮЩИХСЯ ВАЛОВ

Аннотация: приведены общие подходы при конструировании магнитожидкостных герметизаторов вращательно-поступательного движения технологического оборудования различного назначения. Представлены основные требования для составления технического задания на разработку магнитожидкостных герметизаторов. Приведены рекомендации по выбору конструктивных схем магнитожидкостных герметизаторов для решения различных технических задач.

Ключевые слова: магнитожидкостный герметизатор, магнитная жидкость, постоянный магнит, конструктивная схема.

M.S. Saikin

SELECTION OF MAGNETO-FLUID DESIGN SCHEMES SEALERS FOR TECHNOLOGICAL EQUIPMENT ROTATING SHAFT

Abstracts: general approaches are given to the design of magnetic fluid seals for rotational-translational motion of technological equipment for various purposes. The basic requirements that must be met when drawing up technical specifications for the development of magnetic fluid seals are presented. Recommendations are given for the selection of design schemes of magnetic fluid seals for solving various technical problems.

Key words: magnetic fluid seals, magnetic fluid, permanent magnet, design diagram.

При разработке магнитожидкостных герметизаторов (МЖГ) вращающихся валов и разъёмных соединений технологического оборудования необходимо правильно составить техническое задание на конструирование с учетом внешних факторов, возникающие в процессе эксплуатации оборудования. Техническое задание на разработку конструкции МЖГ, должно содержать следующие исходные данные для конструирования [1,2]:

- тип герметизируемой среды: вакуум, газ, пары газа, жидкость, брызги жидкости;
- степень агрессивности среды и её состав;
- температура герметизируемой среды (К);
- скорость вращения вала (м/с);
- диаметр герметизируемого вала (мм);
- величина критического перепада давлений (в статике и в динамике) (Па);
- значение установившегося момента трения вала и момента страгивания (Н·м);
- скорость изменения перепада давлений (Па/с);
- режим работы МЖГ (длительный, кратковременный, повторно-кратковременный);

- допустимые межремонтные пробеги (час);
- ресурс работы МЖГ (час);
- величины радиальных биений и осевых перемещений вала (мм);

В зависимости от эксплуатационных требований, предъявляемых к МЖГ, выбирают рациональное конструктивное решение. На рис. 1 приведена классификация конструктивных схем магнитожидкостных герметизаторов.

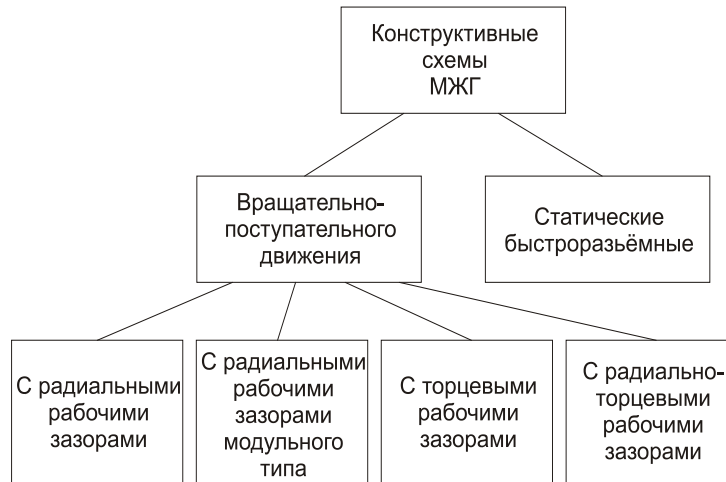


Рис. 1. Классификация конструктивных схем магнитожидкостных герметизаторов

При выборе конструктивной схемы магнитожидкостного герметизатора необходимо, прежде всего, рассмотреть возможность его непосредственного крепления к оборудованию. При диаметрах уплотняемых валов до 20–30 мм и высокой точности изготовления сопрягаемых деталей технологического оборудования, имеющих класс точности не ниже 2 класса, выбирают конструктивную схему, которая отличается высокой технологичностью и простотой изготовления (рис. 2).

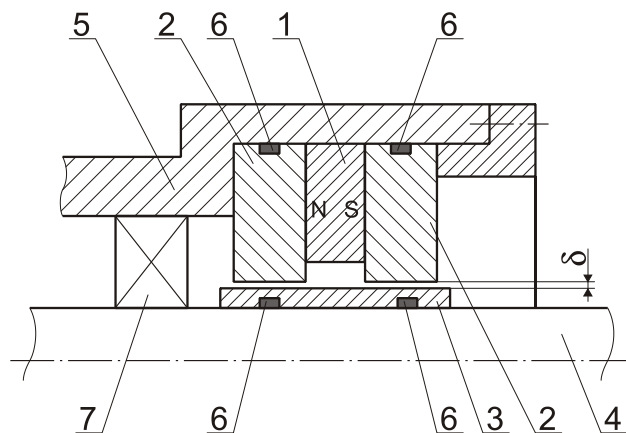


Рис. 2. Конструктивная схема МЖГ с привязкой к оборудованию

Магнитный узел МЖГ состоит из постоянного магнита 1, к торцевым поверхностям которого примыкают полюсные приставки 2, образующие рабочий зазор δ с магнитопроводной втулкой 3 установленной на вращающемся валу 4. Зубцы могут быть выполнены на внутренних цилиндрических поверхностях полюсных приставок или на внешней цилиндрической поверхности втулки. Между обращёнными друг к другу поверхностями втулки 3 и вала 4, полюсных приставок 2 и корпуса МЖГ 5 размещены статические уплотнения 6, из вакуумной резины или фторопласта. Вал 4 установлен в корпусе 5 через подшипники качения 7. Магнитная жидкость удерживается в рабочем зазоре δ поддеформаторной силой.

При наличии радиальных биений вала его герметизацию целесообразно осуществлять с помощью торцевой схемы МЖГ (рис. 3).

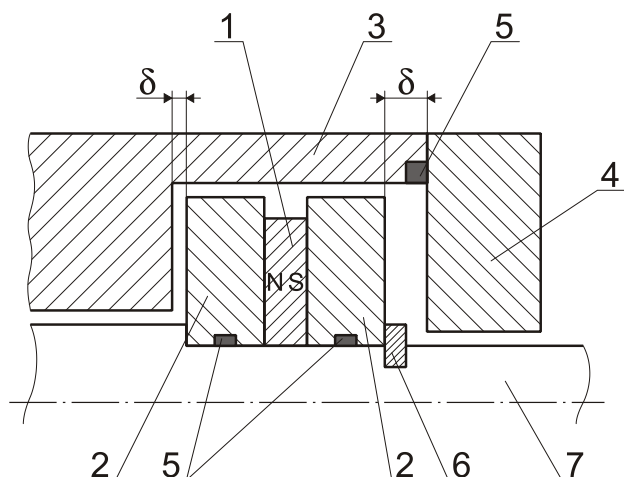


Рис. 3. Торцевая конструктивная схема МЖГ

Представленная конструктивная схема допускает радиальные биения валов, величина которых может составлять до 50 % шага зубца, но практически не допускает осевых перемещений. Магнитный узел МЖГ состоит из постоянного магнита 1, к торцевым поверхностям которого примыкают полюсные приставки 2, образующие рабочий зазор δ с корпусом 3 и крышкой 4, которые изготовлены из магнитопроводного материала. Статические уплотнения 5 обеспечивают герметизацию между поверхностями корпуса 3 и крышки 4 и между полюсными приставками 2 и вращающимся валом 7. Кольца 6 фиксируют магнитный узел на вращающемся валу.

Наиболее технологичными являются конструктивные схемы модульного типа (рис. 4) или конструктивные схемы радиально-торцевого типа (рис. 5). Оба вида конструкций допускают значительные радиальные биения, и осевые перемещения вала, величина которых может составлять до ± 2 мм. Конструкции модульного типа сохраняют свою работоспособность при скоростях вращения вала до 15 м/с, что подтверждается их многолетней эксплуатацией для герметизации вращающихся валов вентиляторов контуров газодинамических лазеров. Конструкция МЖГ состоит из сварного модуля, в состав которого входит магнитный узел, состоящий из постоянного магнита 1, полюсных приставок 2, примыкающих к его торцевым поверхностям, немагнитопроводной втулки 3, закреплённой к внутренним торцевым поверхностям полюсных приставок. Подшипники 4 установлены во втулках 5, которые крепятся к внешним торцевым поверхностям полюсным приставкам 2 посредством сварки. Сварной узел выполнен в виде единого модуля с магнитопроводной втулкой 6, которая устанавливается на вращающийся вал 7. Статические уплотнения 8 служат для предотвращения утечек по поверхности вала. Такая конструктивная позволяет обеспечить постоянство рабочего зазора, т.к. механическая обработка изделия осуществляется после окончания сварки.

Представленная конструкция применяется на диаметры валов до 200 мм. Величина рабочего зазора в этих конструкциях обеспечивается собственными подшипниками качения, что гарантирует постоянство эксплуатационных характеристик МЖГ в течение всего срока службы оборудования.

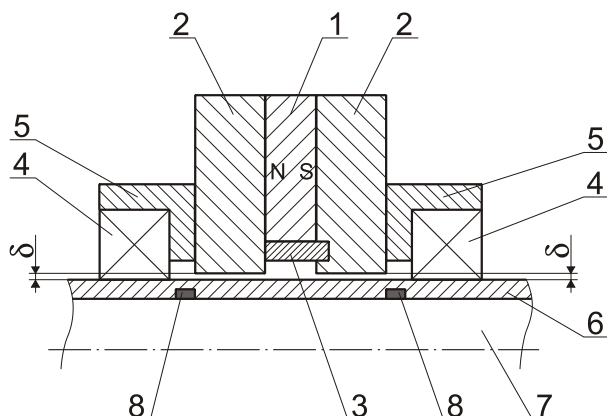


Рис. 4. Конструктивная схема МЖГ модульного типа

Конструктивные схемы радиально-торцевого типа применяются для герметизации сверхвысокого вакуума до 10^{-7} мм. рт. ст. на диаметры валов свыше 250 мм (рис. 5). В качестве источника магнитного поля используются постоянные наборные магниты в виде пластин. Это связано с тем, что кольцевые постоянные магниты из «закритических материалов» не изготавливаются на размеры с внутренним диаметром более 50–60 мм.

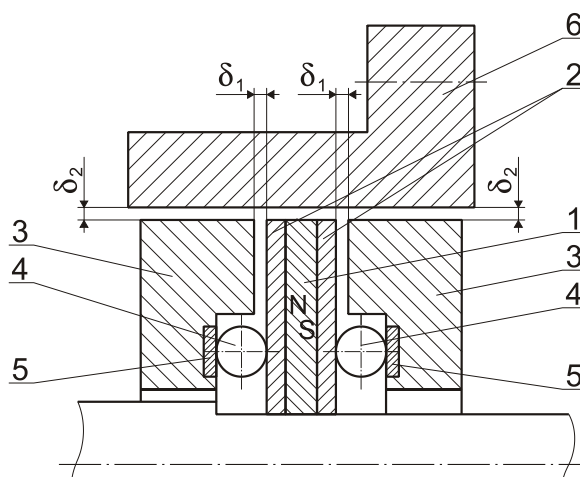


Рис. 5. Конструктивная схема МЖГ радиально-торцевого типа

К торцевым поверхностям постоянных магнитов 1 примыкают полюсные приставки 2. Магнитопровод включает в себя магнитопроводные кольца 3, которые образуют рабочий зазор δ_1 с полюсными приставками. Постоянные размеры рабочего зазора δ_1 обеспечиваются телами качения 4, установленными через немагнитопроводные вкладыши 5. Между обращёнными друг к другу цилиндрическими поверхностями магнитопроводных колец 3 и магнитопроводного корпуса 6 выполнены рабочие зазоры δ_2 .

По торцевым рабочим зазорам δ_1 осуществляется вращательное движение, а по радиальным зазорам δ_2 возвратно-поступательное движение. Геометрия этих зазоров отличается величиной шага зубца. В торцевых зазорах эта величина составляет 1,5–3,0 мм, а в радиальных 0,5–1,0 мм. Количество зубцов в радиальных зазорах больше, чем в торцевых зазорах и определяется результатами расчёта магнитной цепи герметизатора. При расчёте необходимо провести оценку критериев работоспособности магнитной жидкости для МЖГ [3] с учётом перераспределения концентрации МЖ в неоднородном магнитном поле [4].

Во всех рассмотренных конструктивных схемах МЖГ используются постоянные магниты, намагниченные в осевом направлении. Для снижения габаритных размеров и массы герметизаторов в качестве источника магнитного поля применяют «закритические» постоянные магниты, изготовленные из редкоземельных сплавов.

Магнитная жидкость удерживается в рабочих зазорах магнитожидкостных герметизаторов пондеромоторной силой за счёт создания градиентного магнитного поля. Это достигается выполнением зубцов на обращённых друг к другу поверхностях маг-

нитопровода герметизатора, одна из которых является подвижной, а вторая неподвижной. В случае использования радиальной конструкции МЖГ зубцы могут быть выполнены на внутренних цилиндрических поверхностях полюсных приставок, обращённых к валу или на магнитопроводной втулке обращённой к полюсным приставкам и посаженной на вал.

В конструкциях радиально-торцевого типа зубцы могут быть выполнены как на внешних частях магнитопровода, образующих рабочие зазоры с корпусом, так и полюсных приставках обращённых к магнитопроводу и образующих с ним рабочий зазор, заполненный МЖ.

При скоростях вращения вала свыше 10 м/с необходимо предусмотреть систему охлаждения магнитной жидкости. Это необходимо для обеспечения стабильных эксплуатационных характеристик МЖГ. Повышение температуры МЖ приводит к изменению её физических характеристик и, как следствие, снижению критического перепада давлений и ресурса работы. Системы охлаждения МЖГ обычно выполняют в полюсах, за счёт каналов, по которым циркулирует вода. Система охлаждения предусматривается в МЖГ, которые эксплуатируются при температурах выше 80 °С.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайкин М.С. Магнитожидкостные герметизаторы технологического оборудования: монография. – 2-е изд., стер. - СПб.:«Лань», 2023. – 136 с.: ил.
2. Палин Д.Ю., Топоров А.В. Анализ конструкций магнитожидкостных уплотнений, применяемых в технологическом оборудовании на объектах промышленности /Пожарная и аварийная безопасность. – Сборник материалов XIII Международной научно-практической конференции посвящённой Году культуры безопасности. Том Часть 1. 2018., С.452-455.
3. Сайкин М.С. Разработка критериев оценки работоспособности магнитной жидкости для магнитожидкостных герметизаторов. Вестник Рыбинского государственного авиационно-технического университета имени П. А. Соловьёва. – Изд-во (РГАТУ имени П. А. Соловьёва), N 1 (56), 2021, С.41-46.
4. Казаков Ю.Б., Сайкин М.С., Щелыкалов Ю.Я. Учёт перераспределения магнитных частиц в магнитной жидкости, находящейся в неоднородном магнитном поле герметизатора // Электротехника, N12, 2003, - С. 20-24.

УДК 621.317.334

П.В. Сплендер, М.С. Сайкин

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

МАГНИТОЖИДКОСТНЫЙ ДАТЧИК ВИБРАЦИЙ С МАГНИТОПРОВОДОМ

Аннотация: разработана конструкции магнитожидкостного датчика вибраций с магнитопроводом. Применение магнитопровода позволяет повысить эффективность использования энергии постоянных магнитов. Проведены численные исследования датчика. На основании численного моделирования получены значения магнитной индукции в различных плоскостях сечений по высоте датчика и график распределения внешнего магнитного поля, что позволяет провести оценку электромагнитной совместимости устройства.

Ключевые слова: магнитожидкостный датчик вибраций, постоянный магнит, магнитная жидкость, электромагнитная совместимость.

P.V. Splender, M.S. Saikin

MAGNETO-FLUID VIBRATION SENSOR WITH MAGNETIC CORE

Abstracts: The design of a magnetic-fluid vibration sensor with a magnetic core has been developed. The use of a magnetic core makes it possible to increase the efficiency of using the energy of permanent magnets. Numerical studies of the sensor were carried out. Based on numerical modeling, values of magnetic induction in various cross-sectional planes along the height of the sensor and a graph of the distribution of the external magnetic field were obtained, which makes it possible to assess the electromagnetic compatibility of the device.

Keywords: magnetic fluid vibration sensor, permanent magnet, magnetic fluid, electromagnetic compatibility.

В настоящее время разработаны и исследованы конструкции магнитожидкостных датчиков вибраций (МЖДВ), отличительной особенностью которых является разомкнутый магнитопровод [1]. Каждая конструкция представляет собой магнитный подвес, состоящий из чувствительного элемента в виде кольцевого постоянного магнита и двух кольцевых магнитов, которые установлены в корпусе статически.

Все конструкции МЖДВ можно разделить на два типа: с чувствительным элементом, расположенным внутри цилиндрического корпуса датчика, или с чувствительным элементом, расположенным с внешней цилиндрической поверхности корпуса. Для первого типа датчика левитация чувствительного элемента происходит за счет магнитной жидкости (МЖ), которая удерживается пондеромоторной силой между внешней поверхностью чувствительного элемента и внутренней поверхностью корпуса. Для второго типа датчика магнитная жидкость удерживается пондеромоторной силой между внутренней цилиндрической поверхностью кольцевого магнита и внешней цилиндрической поверхностью датчика, что обеспечивает левитацию чувствительного элемента. Благодаря наличию магнитной жидкости чувствительный элемент перемещается вдоль оси датчика с низким коэффициентом трения, что обеспечивает высокую точность измерений при вибрациях технологического оборудования различного назначения [2, 3].

Магнитожидкостный датчик вибраций состоит из магнитопровода, внутри которого расположен немагнитный корпус 1 с измерительной обмоткой 2, расположенной на его внешней поверхности. Подвижный чувствительный элемент 3 в виде кольцевого постоянного магнита расположен внутри корпуса. Магнитная жидкость 4 заправлена в зазор между корпусом 1 и чувствительным элементом 3. Магнитопровод состоит из верхней 5 и нижней 6 втулок, обращённых друг к другу. Верхняя втулка опирается на немагнитопроводную втулку 7, которая установлена на магнитопроводном кольце 8. Нижняя втулка 6 имеет выступ 9. Верхняя втулка 5 выполнена с выступом 10. Выступ 9 нижней втулки 6 и выступ 10 верхней втулки 5 находятся внутри корпуса 1 и являются магнитным подвесом для чувствительного элемента 3. В верхней втулке 5 и в нижней втулке 6 выполнены сквозные отверстия 11 и 12. Постоянный магнит состоит из отдельных пластин в форме сегментов 13, намагниченных в осевом направлении. Пластины постоянных магнитов чередуются по окружности с немагнитопроводными пластинами 14, повторяющими форму постоянных магнитов. Постоянные магниты и пластины фиксируются с помощью наружного немагнитопроводного кольца 15. Наружную сторону внешней цилиндрической поверхности втулки 5 охватывает кольцо, состоящее из чередующихся магнитопроводных 16 и немагнитопроводных 17 пластин. Эти пластины повторяют размеры и форму постоянных магнитов 13 и немагнитопроводных пластин 14. Фиксация пластин осуществляется с помощью немагнитопроводного кольца 18, расположенного с наружной стороны магнитопроводных и немагнитопроводных пластин с возможностью поворота вокруг оси устройства.

На обращённых друг к другу цилиндрической поверхности втулки 5 и внутренних цилиндрических поверхностях магнитопроводных 16 и немагнитопроводных 17 пластин выполнена резьба.

При диагностике вибраций нижняя втулка 6 магнитопровода жёстко фиксируется на оборудовании. При возникновении вибраций происходят колебания подвижного чувствительного элемента 3, который перемещается вдоль корпуса 1, не касаясь его внутренних стенок за счёт левитации в магнитной жидкости 4. В измерительной обмотке 2 наводится ЭДС, частота изменения которой повторяет частоту вибраций. Силы отталкивания, создаваемые магнитным подвесом и постоянным магнитом чувствительного элемента 3, препятствуют их соприкосновению.

В конструкции МЖДВ предусмотрено плавное регулирование чувствительности измерений. Оно достигается за счёт поворота магнитопроводных 16 и немагнитопроводных 17 пластин. Они закреплены внутри немагнитопроводного кольца 18. Это достигается двумя способами: за счёт выполнения резьбы на обращённых друг к другу поверхностях втулки 5 и внутренних цилиндрических поверхностях магнитопроводных 16 и немагнитопроводных 17 пластин или изготовлением соответствующих деталей по ходовой или широкоходовой посадке.

При повороте кольца 18 изменяется положение магнитопроводных 16 и немагнитопроводных 17 пластин по отношению к постоянным магнитам 13. В этом случае происходит изменение силы отталкивания чувствительного элемента 3 от торцевых поверхностей выступа 9 и выступа 10.

В конструкции предусмотрена возможность регулирования чувствительности и диапазона измеряемых вибраций.

При расположении немагнитопроводных пластин 17 напротив постоянных магнитов 13 коэффициент рассеяния магнитной системы будет наибольшим. В этом случае силы отталкивания, действующие на чувствительный элемент 3, будут минимальны. Достигается наибольшая чувствительность измерений. Контролируемый диапазон часто находится в высокочастотной области. При повороте кольца 18 снижается величина потоков рассеяния в МЖДВ за счёт увеличения площади соприкосновения постоянных магнитов с магнитопроводными пластинами. Происходит снижение потока рассеяния, что приводит к увеличению силы отталкивания и чувствительности измерений. Контролируемый диапазон вибраций переходит в низкочастотную область.

При полном перекрытии постоянных магнитов 13 магнитопроводными пластинами 16 достигается максимальный магнитный поток. В этом случае сила отталкивания будет максимальной.

В верхней и нижней части магнитопровода выполнены сквозные отверстия 11 и 12, которые позволяют обеспечить равенство перепада давлений между внутренним объёмом корпуса и внешней средой, что способствует повышению чувствительности измерений.

Цель работы заключалась в численном исследовании магнитной индукции в различных сечениях магнитогазодинамического виброметра с магнитопроводом при использовании постоянных магнитов, имеющих различные энергетические характеристики. При проведении расчётов изменялась величина коэрцитивной силы постоянных магнитов. Она составляла 540, 620, 700, 780, 860 кА/м.

Для моделирования магнитного поля магнитогазодинамического датчика вибраций и определения значений магнитной индукции использовалась программная среда FEMM, основанная на методе конечных элементов с заданными граничными условиями Дирихле-Неймана. Так как МЖДВ представляет собой тело вращения и обладает симметрией относительно оси вращения, то при расчете рассматривалась симметричная половина конструкции.

Для магнитов с разными значениями коэрцитивной силы получены графики распределения магнитной индукции в зазоре между двумя составными кольцами. Одно из колец состоит из чередующихся магнитопроводных и немагнитопроводных пластин, а другое из чередующихся постоянных магнитов и немагнитопроводных пластин. В качестве примера на рис. 2 приведён расчётный график распределения магнитной индукции для кольцевого магнита с коэрцитивной силой 540 кА/м. Значение максимальной магнитной индукции для этого магнита составило 0,12 Тл.

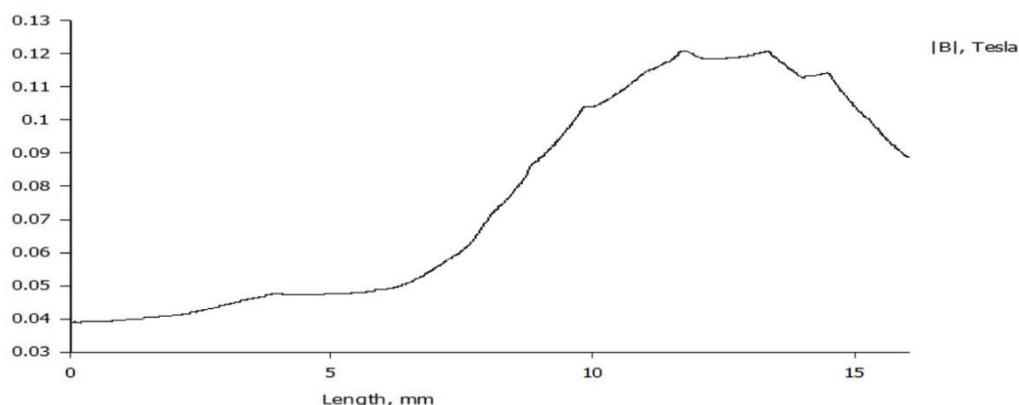


Рис. 2. Расчётный график распределения магнитной индукции в зазоре

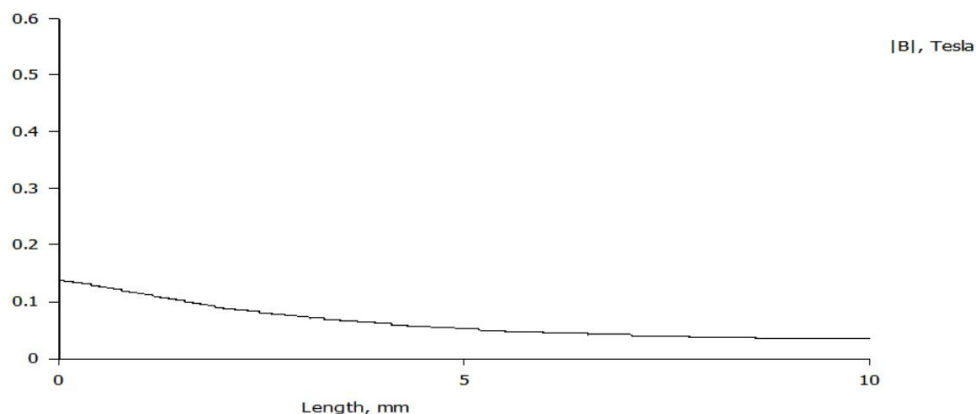


Рис. 3. График распределения численных значений магнитной индукции с внешней стороны МЖДВ

На основании результатов расчёта проведена оценка электромагнитной совместимости МЖДВ. С этой целью выполнены численные исследования значений магнитной индукции на расстоянии от 0 до 10 мм от корпуса магнитожидкостного датчика вибраций. Необходимость этих исследований обусловлена возможным влиянием внешнего магнитного поля магнитожидкостного датчика вибраций на работоспособность электротехнических и радиоэлектронных устройств, расположенных вблизи него. На рис. 3 приведен график распределения численных значений магнитной индукции с внешней стороны МЖДВ.

Заключение

- результаты численных исследований показывают, что значения магнитной индукции в зазоре находятся в диапазоне от 0,12 до 0,19 Тл при изменении коэрцитивной силы постоянных магнитов от 540 до 860 кА/м;
- получено распределение магнитной индукции с внешней стороны корпуса датчика, что позволяет провести оценку возможности его использования в электротехническом и радиотехническом оборудовании с точки зрения электромагнитной совместимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федосеева В.П., Сайкин М.С. Разработка магнитожидкостных виброметрических датчиков. Сборник научных трудов 19-ой Международной Плесской научной конференции по нанодисперсным магнитным жидкостям, Россия, Иваново, 2020 г., С.262-268 (сентябрь 2020 г.).
2. 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.
3. 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.
4. Сайкин М.С.. Устройство для измерения вибраций. Патент на полезную модель, RU 222614, 12.01.2024. Заявка № 2023128414 от 01.11.2023.

УДК 621.1

И.А. Сухов, В.А. Муратов, И.И. Ведерникова, С.А. Егоров

Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация: целью данной статьи является рассмотрение применения алмазоподобных покрытий для режущего инструмента для увеличения его работоспособности и долговечности.

Ключевые слова: покрытие, режущий инструмент, трение, шлиф, микротвердость.

I.A. Suhov, V.A. Muratov, I.I. Vedernikova, S.A. Egorov

THE USE OF INNOVATIVE LUBRICATING AND COOLING TECHNOLOGICAL MEANS IN THE PROCESSING OF PARTS

Abstracts: the purpose of this article is to consider the use of diamond-like coatings for cutting tools to increase their performance and durability.

Keywords: coating, cutting tool, friction, grinding, microhardness.

Все более широкое распространение получают многофункциональные покрытия для высокоскоростного сухого резания, включающие антифрикционные слои, на основе алмазоподобного аморфного графита (DLC, α -WC:H), которые используют для сокращения количества используемой при обработке смазывающе-охлаждающей жидкости или полного отказа от ее применения при лезвийной высокоскоростной обработке.

Для функциональных покрытий, предназначенных для нанесения на режущий инструмент, чрезвычайно важен не только состав, структура, кристаллохимические и физико-механические свойства, архитектура покрытий, но и длительность работы покрытий на контактных площадках инструмента до момента их разрушения (долговечность) в процессе эксплуатации инструмента. Интенсивность микроизнашивания и макроразрушения зависят от твердости покрытия, соответствующего соотношения между вязкостью и твердостью, прочности адгезии между слоями, покрытием и субстратом в целом. Адгезионный подслоя должен обладать максимальным кристаллохимическим подобием по отношению к материалу субстрата (инструментальному материалу) и обеспечивать прочную адгезию между ними.

Предлагается изменение конструкции износостойкого покрытия, представляющее собой замену традиционно используемых адгезионных слоев на соединение с более высокими адгезионными свойствами при высоких температурах. Основной задачей исследования являлось выявление характеристик наноконпозиционного покрытия с использованием нового адгезионного подслоя на основе соединения Нитрида гафния (III) – бинарного неорганического соединения металла гафния и азота с формулой HfN и сравнение с известными традиционно используемыми покрытиями.

Для определения эксплуатационных параметров износостойких покрытий с различными адгезионными подслоями в качестве методик использовались методики оценки характеристик тонких пленок:

- скретч-тестирование, определение микротвердости образцов покрытий до и после отжига;
- анализ сферического шлифа покрытия после отжига.

Скретч-тест производился на приборе Revetest фирмы CSM Instruments, Швейцария. Метод скретч-тестирования основан на контролируемом царапании алмазным индентором на выбранном участке образца/изделия. Наконечник индентора (алмазный типа «Роквелл С» с радиусом закругления 200 мкм) перемещается по поверхности образца с постоянной, возрастающей или прогрессивной нагрузкой. При определенной критической нагрузке покрытие начнет разрушаться. Критические нагрузки очень точно регистрируются акустическим сенсором закрепленном на нагружающем плече.

Сферический шлиф производился в соответствии с ISOEN-1071-2 и VDI3198 на приборе CalotestTribotechnics. Метод получения сферического шлифа заключается в размещении на поверхности исследуемого образца шара известного диаметра. Шар приводится во вращательное движение с подачей в зону трения алмазной суспензии размером зерна 1 мкм. Схема прибора изображена на рис. 1.



Рис. 1. Методика получения сферического шлифа: а – схема процесса; б – изображение шлифа, получаемое при помощи оптического микроскопа

В результате на поверхности образца образуется сектор сферы заданного диаметра. Данный шлиф регистрируется при помощи оптического микроскопа, далее по диаметру колец на изображении определяется толщина каждого слоя покрытия. Полирование образцов производилось в 2 этапа: предварительная шлифовка с помощью шлифовального диска MD-Allegro, 250 мм в водной среде, и окончательная с использованием полировального диска MD-Chem, 250 мм с использованием алмазной суспензии с размером частиц 1 мкм.

Образцы в исходном состоянии, показали сходный характер разрушения с равномерным увеличением глубины проникновения индентора с увеличением нагрузки. Данный характер разрушения изменяется для образцов прошедших термическую обработку. Для образцов покрытий ZrN и NbN с увеличением нагрузки до относительно невысоких значений в 1,8 и 7,5 Н соответственно обнаруживается разрушение покрытия с характерными всплесками на диаграммах нагружения глубины проникнове-

ния индентора и акустической эмиссии. Для образцов покрытий TiN и ZrHfN после воздействия температуры характер разрушения не изменился, не наблюдается резких всплесков на диаграммах нагружения, нет отслоения покрытия, изменились лишь численные значения максимальных нагрузок до момента разрушения. Момент разрушения покрытия определяется формой графиков нагружения, характерные точки нагружения определяются автоматически по алгоритмам автоматизированной системы прибора Revetest.

После проведения теста царапина при помощи встроенного цифрового микроскопа тестируется по данным точкам для определения возможных ошибок. Для всех исследуемых образцов определены значения микротвердости в исходном состоянии и после воздействия температуры, результаты представлены на рис. 2.

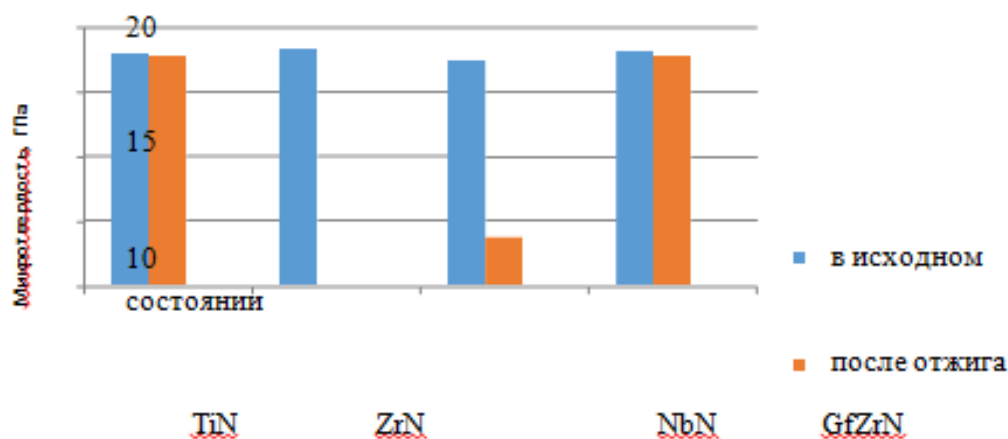


Рис. 2. Результаты измерений микротвердости покрытий до и после отжига при температуре 600 °С

Проведенные исследования показали широкие возможности по разработке различных по составам и конструкциям износостойких покрытий и еще раз подтвердили их высокую эффективность. Для твердосплавного режущего инструмента, работающего в условиях непрерывного резания, на основе его анализа теплового и напряженного состояния, характера износа и выявленных требований к износостойким покрытиям, предложен и реализован принцип нанесения многослойных покрытий. На основе высказанного принципа предложены варианты многослойных покрытий TiN-TiCN, TiN-TiZrN, TiN-TiCN-TiZrN, TiNTiAlN. Изменяя конструкцию многослойного покрытия, можно влиять на его структурные параметры, механические свойства и управлять интенсивностью износа, динамикой разрушения покрытия в процессе резания и работоспособностью инструмента.

Повышение работоспособности быстрорежущего инструмента обеспечивают многослойные покрытия с переходными адгезионными слоями, в состав которых входят элементы материалов инструментальной основы и покрытия. Создание таких переходных адгезионных слоев приводит к существенному снижению величины остаточных напряжений, к плавному их снижению от верхнего слоя покрытия к инструментальной основе и существенно повышает прочность сцепления покрытия. Варьируя количеством, составом и толщиной переходных адгезионных слоев можно изменять свойства покрытий и влиять на работоспособность инструмента. Разработаны

многослойные покрытия с переходными адгезионными слоями на основе TiN, TiZrN, TiAlN, TiMoN. Применение разработанных покрытий повышает период стойкости быстрорежущего инструмента в 1,4–4,2 раза по сравнению с однослойным покрытием быстрорежущего инструмента в 1,4–4,2 раза по сравнению с однослойным покрытием TiN в зависимости от конструкции покрытия и условий обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, А.А. Вакуумно-дуговые устройства и покрытия: монография / А.А. Андреев, Л.П. Саблев, В.М. Шулаев, С.Н. Григорьев // Харьков: ННЦ ХФТИ, 2005. – 236 с.
2. Андриевский, Р.А. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля // М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192с.
3. Анциферов, В. П. Порошковая металлургия и напыленные покрытия: учебник для вузов / В. Н. Анциферов, Г. В. Бобров, Л. К. Дружинин // М.: Металлургия, 1987. 792 с.
4. Арзамасов, Б.Н. Ионная химико-термическая обработка сплавов / Б.Н. Арзамасов, А.Г. Братухин, Ю.С. Елисеев, Г.А. Панайоти // М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1999. – 400 с.
5. Балков, В.В. Износостойкие покрытия режущего инструмента: состояние и тенденции развития / В.В. Балков, В.С. Башков // Вестник машиностроения. – 1999. – № 1 – С. 31 – 33.
6. Беляев, С.К. Инструмент для современных технологий / С.К. Беляев, Г.В. Боровский, М.А. Волосова, С.Н. Григорьев, А.Р. Маслов, С.У. Молодык, А.Б. Якушева // Справочник. Под общ. ред. А.Р. Маслова. – М.: Изд-во ИТО, 2005. – 248 с.
7. Блинков И.В., Челноков В.С. Покрытия и поверхностное модифицирование материалов. Критерии выбора покрытий, их свойства: Учеб. пособие МИСиС. -М.:Учеба, 2003.- 76 с.
8. Верещака, А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями / А.С.Верещака. - М.: Машиностроение, 1993. – 336 с.
9. Верещака, А.А. Функциональные покрытия для режущих инструментов // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2015. – № 4(48). – с. 25-37.

УДК 620.178.1

В.В. Терентьев, И.И. Суровицкий, И.А. Телегин, В.В. Рябинин
ФГБОУ ВО «Верхневолжский ГАУ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ, СФОРМИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ НА СТАЛЬНОЙ ПОДЛОЖКЕ

Аннотация: представлены результаты экспериментальных исследований твердости алюминий и медьсодержащих покрытий, нанесенных на стальные образцы. Отмечено влияние на твердость покрытий давления воздуха. Увеличение давления воздуха с 0,4 до 0,6 МПа приводит к росту твердости медьсодержащего покрытия С-01-11 (медь, цинк, корунд) на 23 %. При нанесении на образцы порошков на основе алюминия повышение давления возду-

ха до 0,6 МПа приводит к снижению твердости покрытия: на 25 % для покрытия из А-30-01 (алюминий с корундом). Значительный прирост твердости для покрытия из А-80-13 (алюминий, корунд, цинк) наблюдается при повышении давления воздуха до 0,5 МПа (твердость повысилась в 2,2 раза). Отмечена положительная роль частиц корунда в покрытии.

Ключевые слова: твердость, прочность, холодная газодинамическая обработка, упрочнение, корунд

V.V. Terentyev, I.I. Surovitsky, I.A. Telegin, V.V. Riabinin

INVESTIGATION OF THE HARDNESS OF SURFACES FORMED BY THE METHOD LOW PRESSURE COLD SPRAY ON A STEEL SUBSTRATE

Abstracts: the results of experimental studies of the hardness of aluminum and copper-containing coatings applied to steel samples are presented. The influence of air pressure on the hardness of coatings is noted. An increase in air pressure from 0,4 to 0,6 МПа leads to an increase in the hardness of the copper-containing coating C-01-11 (copper, zinc, corundum) by 23 %. When applying aluminum-based powders to samples, an increase in air pressure to 0.6 МПа leads to a decrease in the hardness of the coating by 25 % for A-30-01 coating (aluminum with corundum). A significant increase in hardness for A-80-13 coating (aluminum, corundum, zinc) is observed when the air pressure increases to 0,5 МПа (hardness increased 2.2 times). The positive role of corundum particles in the coating is noted.

Key words: hardness, strength, low pressure cold spray, hardening, corundum

Инновационная модернизация машиностроения предусматривает не только создание современных конструкционных материалов, отвечающих жестким требованиям эксплуатации, но и совершенствование технологических процессов упрочнения уже существующих.

Для повышения прочностных характеристик стальных изделий разработаны различные технологии. Одной из активно развивающихся технологий в настоящее время является холодной газодинамическое напыление материалов.

Холодное газодинамическое напыление низкого давления (англ. – Low Pressure Cold Spray) является одной из простых и перспективных технологий, позволяющих эффективно решать задачи повышения долговечности, сохраняемости и т.д. за счет нанесения на поверхности как отдельных металлов, так и композиционных материалов.

Материал на упрочняемую поверхность наносится за счет движения его в потоке газа, проходящем через сверхзвуковое сопло. Смесь газа с частицами наносимого материала, проходя через сопло и разгонную трубку, ускоряется до сверхзвуковых скоростей и, попадая на упрочняемую поверхность, ударяется о нее, образуя слой функционального покрытия.

Для реализации данного процесса широко применяются различные порошковые материалы с размерами частиц до 50 мкм.

Использование смесей, в состав которых входят как частицы пластичных металлов (медь, алюминий, цинк, олово, никель, свинец), так и твердых армирующих компонентов (Al_2O_3 , SiC , WO_3 и др.) позволяют получать металлокерамические композиционные функциональные покрытия, обладающие улучшенными прочностными и противоизносными характеристиками [1–3].

Так, например, в работе [4] отмечена перспективность применения метода холодного газодинамического напыления для упрочнения молотков дробильного оборудования.

Эффективная реализация процесса газодинамического напыления определяется рядом конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов. К конструктивным факторам можно отнести геометрические параметры установки: форма и размеры сверхзвукового сопла, геометрические размеры разгонной трубки и т.д. К технологическим факторам можно отнести: температура газового потока и частиц наносимого порошка, давление газа, температура поверхности, на которую наносится материал, физико-механические характеристики наносимого материала (форма, размер частиц порошка, его прочностные характеристики и т.д.), а также характеристики подложки (прочность, шероховатость поверхности и т.д.).

К эксплуатационным факторам можно отнести: угол расположения сопла относительно подложки, расстояние от сопла до подложки, скорость перемещения сопла относительно подложки и т.д.

Из технологических и эксплуатационных факторов, оказывающих наиболее важное значение на качество получаемого поверхностного слоя можно выделить следующие: характеристики наносимого порошка, давление и температура газа (определяющие скорость полета и силу удара частицы о поверхность), а также расстояние от сопла разгонной трубки до поверхности и угол наклона сопла разгонной трубки относительно подложки.

В работе проведено исследование влияние давления газового потока на твердость поверхности образцов после нанесения на них ряда порошков методом холодного газодинамического напыления.

В качестве порошков для напыления использовались порошки производства ООО «ОЦПН» (Обнинский центр порошкового напыления) С-01-00, С-01-11, С-03-10, А-80-13, А-30-01 [5]. Размеры частиц в порошках: медь 20–25 мкм, корунд 20–25 мкм, цинк 7–10 мкм.

Нанесение покрытий на стальные образцы осуществлялось на установке низкого давления, описанной в работе [6].

Работы, опубликованные ранее [7, 8], свидетельствуют о том, что максимальная эффективность напыления достигается при углах расположения сопла разгонной трубки относительно подложки от 70 до 90°, поэтому напыление материалов проводилось при расположении сопла относительно подложки при угле 90°.

Также на основании имеющихся публикаций в процессе напыления порошков принято расстояние от сопла разгонной трубки до поверхности 10 мм.

Ввиду того, что при повышенных температурах ряд исследованных составов имеет свойство откладываться на внутренней поверхности сопла, ухудшая его работу, температура воздуха в установке при исследовании составляла 20°C.

В качестве образцов использовались цилиндры диаметром 20 мм длиной 30 мм из стали Ст.3 ГОСТ 380-2005. Нанесение покрытий осуществлялось на торцевые поверхности образцов. Поверхности, на которые наносилось покрытие, предварительно шлифовались.

В качестве транспортирующего газа использовался воздух. В процессе нанесения покрытий изменялось давление воздуха в установке.

В дальнейшем определялась твердость поверхности нанесенных покрытий. Определение твердости образцов осуществлялось на твердомере ТПП-2 алмазной пирамидой, согласно ГОСТ 2999-75 «Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу».

Результаты определения прироста твердости образцов представлены на рисунке.

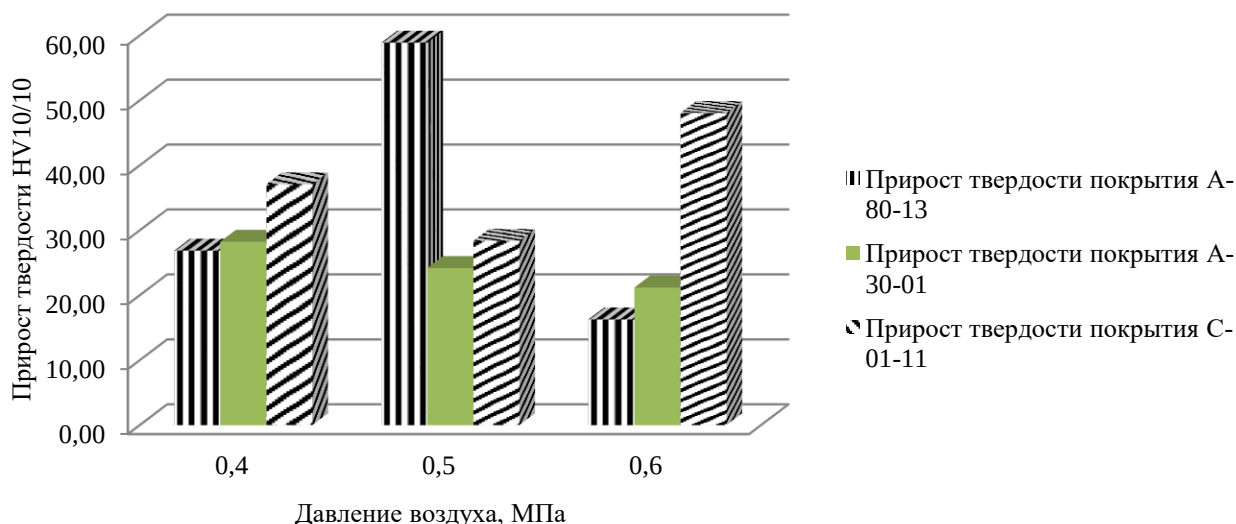


Рисунок. Результаты определения прироста твердости образцов в зависимости от давления воздуха

Анализируя представленные зависимости, можно отметить, что повышение давления воздуха с 0,4 до 0,6 МПа приводит к росту твердости медьсодержащего покрытия С-01-11 (медь, цинк, корунд) на 23 %.

При нанесении на образцы порошков на основе алюминия повышение давления воздуха до 0,6 МПа приводит к снижению твердости покрытия: на 25 % для покрытия из А-30-01 (алюминий с корундом). Значительный прирост твердости для покрытия из А-80-13 (алюминий, корунд, цинк) наблюдается при повышении давления воздуха до 0,5 МПа (твердость повысилась в 2,2 раза). Дальнейшее повышение давления для данного покрытия приводит к снижению твердости, что связано с аэродинамическими эффектами и невысокой массой частиц цинка.

Рост твердости для медьсодержащего покрытия С-01-11 очевидно обусловлен прочностными характеристиками медного порошка и активацией поверхности частицами корунда, которые способствуют образованию на поверхности металлокерамического слоя, что подтверждает результаты ранее проведенных исследований [1].

В процессе исследований отмечено, что в случае попытки нанесения на образцы порошка меди без корунда (порошок С-01-00) и меди с цинком (порошок С-03-10) материал не закрепляется на поверхности и слой не образуется.

Таким образом, явно видно положительное влияние на слой частиц корунда, что также подтверждается экспериментальными данными многих исследователей.

Вследствие положительного влияния на износостойкость твердости поверхности, можно отметить, что повышение прочностных характеристик в дальнейшем будет способствовать повышению ресурса деталей, упрочненных методом холодного газодинамического напыления. При этом для образования прочного металлокерами-

ческого покрытия на стальной поверхности в составе наносимого порошка должен присутствовать армирующий компонент в виде корунда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суровицкий И.И., Терентьев В.В., Телегин И.А., Рябинин В.В. Исследование противозносных свойств медьсодержащих покрытий, нанесенных методом холодного газодинамического напыления // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XIII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 2022. С. 552-557.
2. Терентьев В.В., Суровицкий И.И., Телегин И.А., Рябинин В.В. Влияние холодной газодинамической обработки на антифрикционные характеристики пар трения// В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново. 2021. С. 460-465.
3. Кузнецов Ю.А., Кошелев В.А. Исследование износостойкости покрытий, сформированных холодным газодинамическим напылением //Новые материалы и технологии в машиностроении. 2012. № 15. С. 80-83.
4. Терентьев В.В., Суровицкий И.И., Телегин И.А., Баусов А.М., Максимовский Ю.М. Существующие методы повышения ресурса молотков дробильного оборудования// 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 конференций – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, 2020. – С.168-172.
5. <https://dimet.info/catalog/poroshki/> / Дата обращения 15.12.2022.
6. Терентьев В.В., Шатило П.Г. Установка для антикоррозионной защиты наружных поверхностей техники// Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 18 апреля 2019 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019.– С.547-550.
7. LI C. J. Effect of Spray Angle on Deposition Characteristics in Cold Spraying. ITSC 2003 Advancing the Science & Applying the Technology, Ohio, USA, 2003, pp. 91–96.
8. Волков А.О. Обзор холодного газодинамического напыления: проблемы и перспективы //Автомобильный транспорт (Харьков). 2019. № 45. С. 91-102.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ, МЕХАНИЗМОВ, АГРЕГАТОВ, МАШИН

<i>Альбах В.А.</i> Универсальная система впрыска топлива FoxInj 2.....	3
<i>Андрюшенко М.С., Зарубин В.П.</i> Рекомендации по выбору устройств и приспособлений для скатки пожарных рукавов, и сбора рукавных линий.....	5
<i>Бабенко Е.С., Муллоянов Д.Х.</i> Модернизация тормозной системы грузового автомобиля КАМАЗ путем разработки усовершенствованной тормозной камеры.....	10
<i>Большаков Д.А., Бочкарев А.Н.</i> Причины и последствия изменения технического состояния пожарного автомобиля	14
<i>Бондаренко И.Р., Ковалев Л.А., Нагорных А.В.</i> Повышение долговечности теплообменных аппаратов путем восстановления рабочих характеристик теплообменных поверхностей	18
<i>Бочкарев А.Н., Борисов А.О., Шихов И.П.</i> Современные технологии управления техническим состоянием мобильных средств пожаротушения в зонах чрезвычайных ситуаций.....	21
<i>Бочкарев А.Н., Данилов Д.В.</i> Исследование процесса восстановления технического состояния пожарного автомобиля	26
<i>Бубнов А.Г., Пыжов Д.А.</i> Подбор эффективной и надёжной мотопомпы для оснащения подразделений Вологодского пожарно-спасательного гарнизона.....	29
<i>Бурлаков А.А., Озеров О.В., Ковалев В.В.</i> Подготовка специалистов по ремонту техники связи	34
<i>Воробьев С.В., Постникова И.В., Колобов М.Ю.</i> Избирательное измельчение поликомпонентных материалов	39
<i>Гаврилин В.М., Афонин С.Б., Ялышев Ф.Н., Колобов М.Ю.</i> Влияние диаметра насадки на эффективность очистки суспензии в гидроциклоне.....	42
<i>Гарелина С.А., Латышенко К.П., Любкин Р.Н.</i> Актуальность применения подвижных метрологических лабораторий в структурах МЧС России.....	45
<i>Гарелина С.А., Латышенко К.П., Любкин Р.Н.</i> Предложения по разработке, модернизированной подвижной метрологической лаборатории для нужд МЧС России	50
<i>Губанов А.П., Семенов А.Д., Бочкарев А.Н., Катин Д.С.</i> Актуальные проблемы устройства пожарных автомобилей, влияющие на восстановление боеготовности подразделения пожарной охраны	56
<i>Гусейбеков В.К., Багажков И.В.</i> Автоматизированные системы для обеспечения противопожарной защиты на предприятиях, где присутствует угроза причинения вреда жизни и здоровью участникам тушения пожаров	60
<i>Ефимов А.Е., Бубнов А.Г., Гусев Г.И.</i> Влияние материала и геометрических параметров реактора с диэлектрическим барьером на надёжность очистки воздуха от формальдегида ...	64
<i>Иванов К.С., Широухов А.В.</i> Деформация резьбовых соединений при высоких температурах	68
<i>Казаков М.Р., Зарубин В.П., Легкова И.А., Гусев И.О.</i> Обзор оборудования для сушки пожарных рукавов.....	73

Калинин М.А., Сараев И.В. К вопросу развития боевой одежды пожарных.....	78
Капитанов Е.А., Кошкарров Р.В. Методы повешения сроков эксплуатации и надежности пожарных центробежных насосов.....	81
Катаев К.А., Киселев В.В. Актуальность создания пожарных автомобилей быстрого реагирования для тушения ландшафтных пожаров	84
Ковалев В.В., Ерыгин В.В., Николаев В.Б. Знакомьтесь – «Тигр».....	89
Колобов А.Б. Подготовка кадров в области виброконтроля в рамках дополнительного профессионального образования.....	95
Колобов А.Б., Огурцов Ф.Б. Разработка концепции и принципа технической реализации предиктивной аналитики промышленных роторных машин	100
Колобов М.Ю., Гуцина Т.В., Колобова В.В. Повышение эффективности процесса измельчения в ударно-центробежной мельнице.....	106
Колобов М.Ю., Козлов А.М., Чагин О.В. Влияние направляющих лопаток на эффективность процесса классификации	109
Коломенский А.Б., Шахов С.В., Коломенский Б.А., Кочегаров А.В. Повышение выносливости титановых листов за счет рассасывающего отжига в аргоне	112
Крашенинникова Е.А., Музыков А.А., Покровский А.А. Анализ мобильных средств пожаротушения для ликвидации ландшафтных пожаров.....	115
Кулаков Н.С., Вершинин А.М., Лотошников С.Д. Современная передвижная пожарная техника.....	119
Кулаков Н.С., Вершинин А.М., Гришенькина Е.А. Универсальные гусеничные передвижные машины в отечественной линейке пожарной техники.....	124
Лашкин М.Д., Легкова И.А., Зарубин В.П. Предложения по применению средств для самовытаскивания застрявшего пожарного автомобиля	128
Легкова И.А., Зарубин В.П., Соболева В.С. Модернизация конструкции мобильного устройства для проведения технического обслуживания пожарных автомобилей	133
Леонова П.А., Покровский А.А. Расчеты силы давления потока жидкости на преграду методами теоретической механики.....	137
Леонова П.А., Пучкова М.В., Пучков П.В. Автоматический аппарат для очистки обуви при эксплуатации полевых палаточных госпиталей	142
Логачева Т.Н., Зарубин В.П. К решению комплекса вопросов по утилизации отработанного масла и отоплению помещений пожарно-спасательных частей	145
Ломакин М.И., Ниязова Ю.М., Смекалов Д.Г. Модель оценки предпочтительного времени восстановительных работ производственной системы	150
Ломакин М.И., Ниязова Ю.М., Смекалов Д.Г. Оценка моментов остаточного времени функционирования производственной системы.....	155
Луговкин Д.С., Чекан Г.В. Влияние условий Крайнего Севера на уровень надежности электрооборудования атомной станции малой мощности.....	159
Малыженков О.А., Сараев И.В. Мобильный дозатор	161
Малышев В.А., Борисов А.В. Повышение надежности работы современных штатных водоочистных станций и установок при обеспечении водой пострадавшего населения в вооруженных конфликтах	163
Малышев В.А., Борисов А.В. Ремонтно-эвакуационная машина для проведения технического обслуживания, ремонта и эвакуации пожарной техники.....	167

Малышев В.А., Борисов А.В., Михайлин О.Н. Выбор базового шасси под монтаж образцов аварийно-спасательной техники.....	173
Менделеев Д.И., Потапов А.А. Вопросы эксплуатации запорной и регулирующей арматуры на теплоэлектростанциях	180
Михайлишина А.А., Ноздрин М.А. Лабораторные испытания материалов на срез.....	184
Никанин О. А. Режимы эксплуатации пожарных автомобилей на примере Нижегородского местного пожарно-спасательного гарнизона и рекомендации по повышению их надежности	189
Никанин О.А., Корчагин А.А. Обзор отказов элементов базового шасси пожарных автомобилей на примере Нижегородского местного пожарно-спасательного гарнизона	192
Оревин Н.Н., Сорокин Д.В., Багажков И.В. Автоматизация систем пожаротушения на опасных производственных объектах. Обзор современных научно-технических инженерных разработок в области пожаротушения	196
Павлюкова Н.Л., Грабовенко Б.Ю. Проектирование грузозахватного механизма для БПЛА.....	199
Панченко С.Л. Экспериментальная установка для исследования процессов охлаждения элементов авиационного газотурбинного двигателя.....	203
Прилуцкий Д.А., Телегин И.А., Терентьев В.В., Рябинин В.В. Методы получения биотоплива.....	206
Рымаров Д.С., Сараев И.В. Разработка технического решения по повышению эффективности ранцевых огнетушителей для тушения лесных и ландшафтных пожаров ...	210
Рябинин В.В., Телегин И.А., Терентьев В.В. Особенности рабочего цикла дизеля с присадкой топлива к воздушному заряду.....	213
Салманов Т.А., Киселев В.В. Перспективы развития мобильной пожарной робототехники.....	218
Сафонова Н.Л. Проблема состояния почвенного покрова при разливе нефтепродуктов ...	222
Сахнов А.П., Витохин А.Е., Муллоянов Д.Х. Инновационные подходы к тушению пожаров в автотранспортных средствах и развитие систем пожаротушения: актуальные проблемы и перспективы.....	225
Семенов А.Д., Бочкарев А.Н., Мезенев С.А. Оценка возможности создания автомобиля быстрого реагирования (АБР) на базе машин проекта «PICAR» по защите населенных пунктов от ландшафтных пожаров с применением компрессионной и быстротвердеющей пены	228
Скворцова М.А., Ноздрин М.А. Расчет напряженно-деформированного состояния челюсти «Грейфера для леса»	232
Скрябин В.Е., Кропотова Н.А. Оптимизационные решения для повышения эффективности функционирования системы технического обслуживания и ремонта пожарной техники.....	235
Словесный С.А., Вихарев А.В., Тихов М.Е. Повышение надежности полимерных штыревых изоляторов воздушных ЛЭП среднего напряжения	240
Смирнов И.В., Кропотова Н.А. Особенности материаловедческой экспертизы инновационных материалов.....	245
Снигирев М.Ю., Рябиков А.А., Натарева С.В. Механический расчет осветлительного фильтра для очистки воды	249
Содоль А.П., Кошкаров Р.В. Анализ воздействия агрессивных сред на насосную установку пожарного автомобиля	252

Сопот В.Н., Кадочникова Е.Н. Тактико-технические характеристики отечественной и зарубежной аэродромной пожарной техники	254
Сопот В.Н., Кардаш Д.Е., Кадочникова Е.Н. Краткие сведения о составе существующего парка пожарных автомобилей ВС РФ	261
Старобор Р.А., Кропотова Н.А. Обзор решений повышения функциональных возможностей технического обслуживания и ремонта пожарной техники	265
Стюфляев В.Е., Кукушкина В.А. Перспектива модернизации станков ЧПУ	270
Тарасова Д.А., Никифоров А.Л., Легкова И.А. Разработка мобильного сигнального устройства	276
Татаринцев В.А. Прогнозирование функций надежности корпусной детали по результатам программных испытаний образцов	279
Тихомиров А.Р., Ноздрин М.А. Прочностной расчет соединения авиационных пластин.....	284
Тюмкина Е.А., Кропотова Н.А. Надежность и долговечность структурных полимерных деталей: исследование эксперта	288
Файзуллин Д.З., Пучков П.В. Конструирование устройства для подъема пожарных рукавов в сушилку башенного типа	292
Федотова В.П., Телегин И.А., Терентьев В.В., Рябинин В.В. Биотопливо в России. Преимущества и недостатки	296
Фертюк М.А., Кошкарров Р.В. Повышение эффективности работы вакуумных систем пожарных насосов.....	300
Цветков А.С., Буймова С.А., Бубнов А.Г. Надежность способов водоподготовки в вендинговых аппаратах	303
Чан Минь Хоанг Ха Многокритериальные модели в задачах управления ресурсами пожарной охраны — мировой опыт.....	307
Чеберяк В.В. Важность тестирования на надежность и долговечность	310
Червоноокая С.М., Новоселов А.И. Оценка противопожарных свойств силикатных стекол, содержащих в воздушном пространстве противопожарную полимерную композицию на основе водного раствора ХК и акриламида.....	313
Широухов А.В. Способы повышения прочности резьбы фланцевых соединений	318
Широухов А.В., Маркова Н.Б., Мороз Н.А. Влияние отдельных геометрических параметров резьбы на ее прочность.....	322
Ширстов Д.И., Зарубина Е.В., Шмелева Т.В. Разработка предложений по исследованию устройства для бесперебойного питания двигателя воздухом в задымляемой среде.....	327
Ширяев В.В., Сударьков Д.Ю., Иванов В.Е. Разработка подъемного механизма в башенной сушилке для сушки пожарных рукавов	331

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бойков А.А. О точном построении некоторых алгебраических кривых в САПР «Компас-3D» при помощи сплайнов.....	335
Волкова М.Ю. Использование программы Blender для моделирования эргономичных функциональных предметов сложной формы.....	341
Волкова М.Ю. Тестовые возможности программы АСМОграф в учебном процессе.....	346

Кайбичев И.А. Прогнозирование пожаров связанных с нарушением правил устройства и эксплуатации электрооборудования с помощью индикатора Price Channel.....	351
Кайбичев И.А. Прогнозирование пожаров связанных с неисправностью печей и дымоходов с помощью индикатора MACD	357
Коваленко Д.Д., Покровский А.А. Применение программы MathCAD для выполнения курсового проекта по дисциплине «Детали машин».....	360
Колобов А.Б., Огуцов Ф.Б. Оценка модуля упругости полимеров с использованием конечно-элементного моделирования.....	366
Копосов В.Н. Прогнозирование себестоимости изделий машиностроения на ранних стадиях проектирования с использованием нейронных сетей	370
Кропотова Н.А. Компьютерное исследование вопросов надежности и долговечности полилактида как структурного материала.....	374
Куприянов М.Е., Ведерникова И.И. Повышение надёжности изделий, изготовленных при помощи аддитивных технологий.....	379
Никитин А.Ю., Федяшина М.А., Гулева Л.В., Гребенник Л.В. Результаты анкетирования по вопросам отношения обучающихся и преподавательского состава к дистанционному изучению дисциплины «Инженерная графика»	383
Никитина С.А. Применение программы папоCAD в учебном процессе.....	388
Новичихин А.А., Синодеева П.И., Ведерникова И.И., Егоров С.А. Моделирование процесса резания стеклопластика.....	393
Павлюкова Н.Л., Каприльянц А.А. Проектирование сборочной модели цилиндрического двухступенчатого редуктора Ц2-400 в системе Компас-3D.....	396
Пустовалов И.А., Фролов Д.В., Токарева О.В. Создание библиотек в системе автоматизированного проектирования «КОМПАС-3D» для оформления документации в области пожаротушения.....	401
Романова А.А., Егорычева Е.В. К вопросу интеграции трехмерной модели объекта в виртуальную реальность	404
Романова А.А., Егорычева Е.В. Разработка виртуальной модели объекта с параметрическим отображением в дополненной реальности	408
Сидоров А.А. Проблемы использования технологий виртуальной реальности в обучении пожарных	412
Столяков А.А., Сотов В.Е., Иванов В.Е., Пучков П.В. Применение систем автоматизированного проектирования при оценке технического состояния разрабатываемых конструкций.....	415
Цакаев И.Б., Иванов В.Е. Проектно-технические решения по размещению поста технического обслуживания пожарной техники на базе пожарно-спасательной части.....	418
Червоноокая С.М., Толпекина М.Е., Кучер Т.В., Токарева О.В. Разработка интерактивного учебного пособия для самостоятельного изучения разделов машиностроительного черчения.....	423

ПРОБЛЕМЫ ИЗНОСА В МАШИНАХ И МЕХАНИЗМАХ

Батанов Н.Н., Ведерникова И.И. Повышение надежности деталей путем гальванизации.....	427
Божевольнов М.В., Телегин И.А., Терентьев В.В., Рябинин В.В. Состав пластичных смазок, используемые присадки	430

Городжий Д.А. Повышение твердости поверхности рабочего колеса центробежного насоса методом поверхностного пластического деформирования	435
Гузенков С.А., Твердынин Н.М., Шарифуллина Л.Р. Механические свойства высокоэластичных полимеров в условиях воздействия агрессивных сред	439
Даровской Г.В., Бобриков Ю.В., Шеховцов К.В. Совершенствование технологии восстановления колесных центров электровозов	443
Духова Ю.С. Золь-гель TiO_2 покрытия на нелегированной углеродистой стали	446
Егоров С.А., Корнев Ю.А. Контроль температуры в зоне резания.....	450
Жумай Д.Е., Ведерникова И.И. Повышение надёжности изделий, изготовленных с применением обогащения поверхности детали азотом	453
Замятина Н.И., Бойцова В.В., Куваева Е.Ю., Колобов М.Ю., Петухов Д.В., Постнов К.В. Применение вакуумного газойля в качестве смазочного материала	456
Киселев В.В. Анализ типовых неисправностей деталей трансмиссий пожарных автомобилей и выбор смазочного материала для повышения их долговечности	460
Макулов Д.М., Зарубин В.П., Легкова И.А. Подбор оборудования для замены масел и смазок в пожарных автомобилях	464
Наумов А.Г., Сырбу С.А., Таратанов Н.А., Митрофанов А.С., Азовцев А.Г. Механизм действия кислородсодержащих микрокапсул направленного действия на процессы контактного взаимодействия	469
Репин Д.С., Шабунин С.А., Бубнов В.Б., Зарубина Е.В. К вопросу об эффективности активированных СОТС с полимерными присадками при обработке металлов резанием.....	472
Сайкин М.С. Выбор конструктивных схем магнитожидкостных герметизаторов технологического оборудования вращающихся валов	476
Сплендер П.В., Сайкин М.С. Магнитожидкостный датчик вибраций с магнитопроводом..	481
Сухов И.А., Муратов В.А., Ведерникова И.И., Егоров С.А. Повышение долговечности режущего инструмента.....	486
Терентьев В.В., Суровицкий И.И., Телегин И.А., Рябинин В.В. Исследование твердости поверхностей, сформированных методом холодного газодинамического напыления низкого давления на стальной подложке	489

НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XV ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ИВАНОВО, 18 АПРЕЛЯ 2024 г.**

Издается в авторской редакции

Подготовлено к изданию 17.05.2024 г.
Формат 60×90 1/8. Усл. печ. л. 62,6. Заказ № 283

Отделение организации научных исследований
научно-технического отдела
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33

ISBN 978-5-907492-42-4

