

XIII

Всероссийская
научно-практическая
конференция

НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

СБОРНИК
МАТЕРИАЛОВ



Иваново 2022

**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 XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ИВАНОВО, 14 АПРЕЛЯ 2022 г.**

MACHINES AND MECHANISMS RELIABILITY AND DURABILITY

**COLLECTION OF MATERIALS OF THE XIIIth ALL-RUSSIA
SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE IVANOVO, APRIL 14, 2022**

Иваново 2022

УДК 621+614.842
ББК 30
Н 17

Надежность и долговечность машин и механизмов : сборник материалов
Н 17 XIII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 14 апреля
2022 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС
России, 2022. – 580 с. – ISBN 978-5-907353-55-8

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 978-5-907353-55-8

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ, МЕХАНИЗМОВ, АГРЕГАТОВ, МАШИН

УДК 67.03

В. В. Абразумов, С. В. Фролов, О. В. Токарева, В. В. Овчинников
Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА КРЕМНЕЗЕМНОЙ ОСНОВЕ С ИНТЕРКАЛИРОВАННЫМ ГРАФИТОМ В УСЛОВИЯХ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Аннотация: В данной статье рассматриваются возможности применения композиционных огнезащитных покрытий на кремнеземной основе с интеркалированным графитом в качестве индивидуальных средств защиты пожарных и техники в экстремальных условиях лесных пожаров.

Ключевые слова: Огнезащитное композиционное покрытие, интеркалированный графит, терморасширенный, пенококс, конвективный поток, инфракрасное излучение.

V. V. Abrazumov, S. V. Frolov, O. V. Tokareva, V. V. Ovchinnikov

EXPLORING THE APPLICATION OF THE SILICA-BASED COMPOSITE FIRE- RETARDANT COATINGS WITH INTERCALATED GRAPHITE IN FOREST FIRES

Abstracts: This article considers the possibility of using composite fire-retardant coatings on a silica basis with intercalated graphite as individual means of protecting firefighters and equipment in extreme forest fire conditions.

Keywords: Fire-retardant composite coating, inertial graphite, thermally expanded, foam, convective flux, infrared radiation.

Площади лесных массивов в Российской Федерации занимают около половины всей площади страны и составляют более 800 млн. га, где ежегодно происходят до 35 тыс. случаев лесных пожаров.

Самыми опасными для пожарных формирований являются верховые пожары, которые сопровождаются выделением большого количества теплоты и возникновением восходящих потоков. Индивидуальная защита личного состава пожарных формирований при тушении лесных пожаров обеспечивается штатными средствами, которые используются при тушении пожаров техногенного характера.

В настоящее время при тушении пожаров техногенного характера пожарные части оснащаются как индивидуальными средствами защиты (типа костюмы теплоотражательные, ТОК-200, ТОК-800), так и различными видами теплозащитных экранов (в том числе с водяным орошением), которые многократно ослабляют тепловое излучение пламени. В области лесного пожаротушения актуальность использования огнезащитных экранов для быстрой локализации низовых лесных пожаров возрастает при большой скорости распространения огня (беглый низовой пожар), и вызывает определенные технические трудности, которые обусловлены сложностью развертывания их в условиях лесного ландшафта. При этом экран должен отвечать ряду требований: малый вес, повышенная огнестойкость, простота развертывания, возможность многократного применения, т.е., они очень ограниченно могут быть использованы при тушении лесных пожаров по ряду их технологических характеристик [1,2].

Для защиты пожарных от огня в условиях лесных пожаров разрабатываются специальные огнезащитные средства коллективного использования в виде несгораемых укрытий и индивидуальные в виде накидок, так называемые «пожарные одеяла». Например, было разработано пожарное одеяло «Fire Blanket», представляющее собой плащ-палатку, выполненную из керамоволокна и имеющую поверхность с высокой отражательной способностью [3]. Такой тент имеет вес всего 3,2 кг и способен противостоять температуре 1648°C. По утверждению производителя, это значительно больше, чем средняя температура в эпицентре лесного пожара – она составляет ~ 1300°C.

Поскольку одной из причин гибели людей на пожарах является отравление ядовитыми газами, которые образуются при разложении компонентов полимера, при разработке противопожарных мягких покрывал проводится широкий спектр исследований огнезащитных терморасширяющихся материалов (ОТМ), решающий с одной стороны задачу повышения токсической безопасности и с другой – высокой теплостойкости при использовании их в комбинации с мягким и пластичным основанием.

Известно, что используемые терморасширяющиеся материалы при интенсивном воздействии высоких температур претерпевают физико-химические превращения, в результате которых образуются структуры (высокопористый пенный кокс), приводящие к многократному увеличению объема и обладающие низкой теплопроводностью. Для пенококсообразования во вспенивающихся композициях используются фосфаты, например полифосфат аммония. При этом кокс выполняет функцию физического барьера для распространения теплоты в защищаемую поверхность [4].

Особая роль в формировании огнестойкого покрытия отводится высокоуглеродистым наполнителям, обладающих эффектом терморасширения под воздействием температуры, таким как интеркалированный графит. В процессе быстрого нагрева интеркалированного графита происходит мгновенное испарение интеркалата, вследствие чего под действием давления паров слои атомов

начинают сильно расширяться. Увеличение объема слоев происходит в основном путём изменения высоты графитовой частицы.

Для решения задачи по отводу лучистого теплового потока наружная и внутренняя поверхность защитных средств должны иметь металлизированные светоотражающие покрытия преимущественно на основе жаропрочных материалов.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования были выбраны вспучивающиеся огнезащитные составы интумесцентного типа с интеркалированным графитом на хлоропреновом каучуке и поливинилацетатной основе, которые впоследствии наносились на кремнеземную ткань марки КТ11-300 (толщина слоя 0,35 мм). Данные по составам приведены в таблице.

Таблица. Составы огнезащитных покрытий

№ п/п	Компонент	Концентрация, % масс., компонентов состава	
		на органике	на воде
1	Растворитель нефрас С2-80/120	23,0	-
2	Вода	-	15,0
3	Полифосфат аммония KYLIN APP-	14,0	16,0
4	Меламин TIAN FU	7,0	8,0
5	Пентаэритрит технический ТУ2422-	7,0	8,0
6	Графит окисленный терморасширяющийся КР350-80	25,0	25
7	Поливинилацетат Д50-Н	-	28
8	Каучук хлоропреновый Неопрен	24	-

Для оценки интумесцентных свойств покрытия применялся коэффициент вспучивания $K_{вс}$, который определялся по формуле:

$$K_{вс} = h_{вс} / h_0,$$

где h_0 – толщина исходного слоя покрытия;

$h_{вс}$ – толщина вспученного слоя.

Коэффициент вспучивания определяется как среднеарифметическое пяти измерений.

Для определения влияния толщины терморасширяющегося покрытия на коэффициент вспучивания выполнялись эксперименты, заключающиеся в нанесении на пластинки из нержавеющей стали размером 50x50 мм и толщиной 3 мм покрытий разных толщин. Далее сушка их при температуре 60°C в течении 2-х часов, укладка на поверхность кремнеземной ткани с целью исключения уноса расширяющихся частиц покрытия потоками горячих газов и вспучивании их открытым пламенем газовой горелки в течении 5 мин.

Результаты исследований представлены на рис.1.

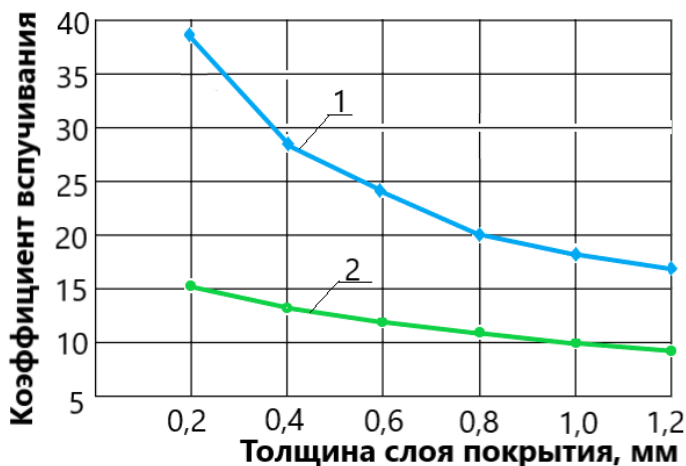


Рис. 1. Влияние толщины покрытия на коэффициент вспучивания:
1 – покрытие на поливинилацетатном связующем;
2 – покрытие на хлоропреновом каучуке

Оценка огнезащитной эффективности терморасширяющегося состава проводилась на круглых образцах диаметром 100 мм, состоящих из двухслойной кремнеземной ткани марки КТ11-300 (толщина слоя 0,35 мм) с нанесенным между слоями огнезащитным покрытием толщиной 0,5 мм и 1,2 мм и теплозащитным материалом на основе пенополиэтилена марки ППЭ-1П толщиной 6 мм. Общая толщина образцов составляла 7,2 мм и 7,9 мм соответственно. Для отражения инфракрасного излучения со стороны теплового потока использовалась алюминиевая фольга толщиной 0,2 мм.

Опытный образец подвергался тепловому воздействию открытым пламенем газовой горелки с фиксацией времени от начала нагрева до предельной температуры тыльной стороны 150°C, которую способен выдержать человеческий организм в течение 10 мин.

Опыт проведен на установке для огневых испытаний (рис. 2).

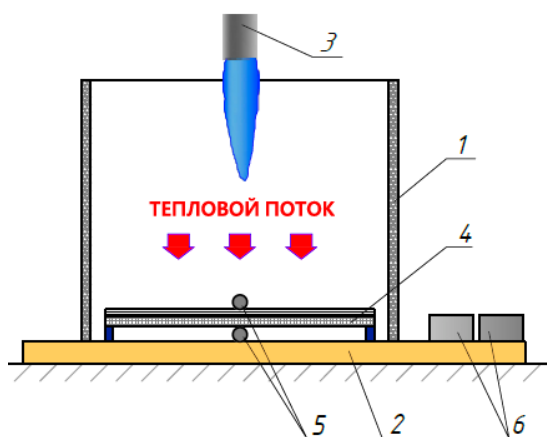


Рис. 2. Установка для огневых испытаний:
1 – труба; 2 – керамическая плита;
3 – газовая горелка; 4 – образец;
5 – термopара; 6 – электронный термометр

Для расчета данных испытанию подвергались три образца.

Термограмма нагрева защищаемой поверхности при толщине вспенивающегося покрытия 0,5 мм и 1,2 мм представлена на рис. 3.

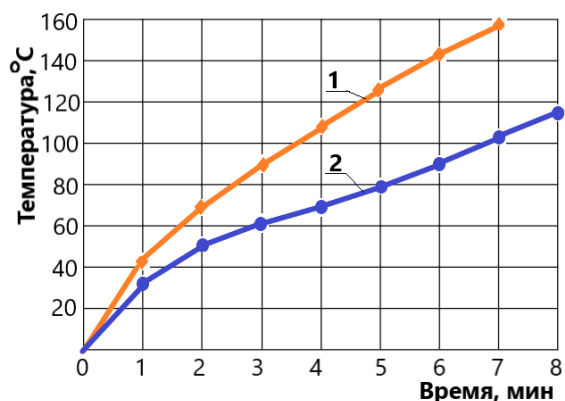


Рис. 3. Термограмма нагрева защищаемой поверхности:
толщина покрытия:
1 – 0,5 мм; 2 – 1,2 мм

Полученные результаты позволяют сделать несколько выводов.

1. Несмотря на более высокий коэффициент вспучивания для покрытия с поливинилацетатным связующим толщиной 0,5 мм ($K_{вс} \sim 26$) по сравнению с коэффициентом вспучивания для покрытия толщиной 1,2 мм ($K_{вс} \sim 17$), время достижения температуры 120°C на тыльной стороне покрытия с толщиной 1,2 мм – 8 мин, что почти в два раза превышает соответствующий показатель для толщины 0,5 мм (~ 4 мин). Для покрытия указанного состава увеличенная толщина (1,2 мм) более предпочтительна.

2. Композиционные материалы на основе кремнеземной ткани с испытанными терморасширяющимися и теплозащитными покрытиями могут быть использованы при изготовлении одноразовых противопожарных покрывал для защиты в условиях лесных пожаров. Повышенные характеристики эффективности применения таких материалов достижимы при более широком исследовании и изучении вопросов, связанных с подбором дополнительных интумесцентных компонентов и рецептуры вспучивающихся композиций теплозащитных покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Копылов Н.П., Хасанов И.Р. Лесоторфяные пожары и их влияние на окружающую среду // Пожарная безопасность. 2013. № 2. С. 95-103.
2. Рекомендации по применению теплозащитных экранов. М.: ВНИИПО, 2012. 29 с.
3. Официальный сайт N+1: научные статьи, новости, открытия [Электронный ресурс]. URL: <http://nplus1.ru/>.
4. Ненахов С.А. Влияние наполнителей на структуры пенококсы на основе полифосфата аммония / Пименова В.П., Натейкина Л.И. // Пожаровзрывобезопасность. 2009. №7.

УДК: 623.437, 623.438, 623.6

А. А. Аграновский, А. В. Борисов, В. А. Малышев

Академия гражданской защиты МЧС России

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЗАЩИТНОЙ СРЕДЫ НА СОХРАНЯЕМОСТЬ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ИХ КОНСЕРВАЦИИ МЕТОДОМ ОСУШЕНИЯ ВОЗДУХА

Аннотация. В статье рассматривается методологический подход к выбору обобщенного показателя оценки влияния защитной среды при консервации вооружения, военной и специальной техники с использованием метода осушения воздуха и последующем ее хранением.

Ключевые слова: вооружение, военная и специальная техника, факторы окружающей среды, консервация техники, метод осушения воздуха.

A. A. Agranovsky, A. V. Borisov, V. A. Malyshev

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE PROTECTIVE ENVIRONMENT ON THE PRESERVATION OF WEAPONS, MILITARY AND SPECIAL EQUIPMENT DURING THEIR PRESERVATION BY DEHUMIDIFICATION

Annotation. The article considers a methodological approach to the selection of a generalized indicator for assessing the impact of the protective environment during the conservation of weapons, military and special equipment using the method of dehumidification and its subsequent storage.

Keywords: armament, military and special equipment, environmental factors, conservation of equipment, dehumidification method.

Хранение вооружения, военной и специальной техники (далее – ВВСТ) является одним из важнейших этапов эксплуатации. Оно заключается в содержании исправных и специально подготовленных объектов хранения (законсервированных с применением установленных нормативно-технической документацией (далее – НТД) средств и методов защиты от воздействия окружающей среды) в состоянии, обеспечивающим их сохраняемость и приведение в готовность к использованию в установленные сроки [1-6].

В условиях эксплуатации надежность ВВСТ зависит от величины материального износа (наработки) и степени вредного воздействия окружающей среды. Следует заметить, что характер воздействия окружающей среды при содержании ВВСТ на хранении отличается от воздействия ее в период использования техники назначению.

Если при использовании ВВСТ по назначению превалирует первый фактор, то при ее содержании – на хранении второй. Это обусловлено большими скоростями физико-химических процессов, протекающими в конструкционных и эксплуатационных материалах, сборочных единицах и деталях ВВСТ.

В процессе хранения ВВСТ находятся под постоянным воздействием факторов окружающей среды, влияющих на скорость процессов коррозии металлов и старения полимерных материалов, а также на стабильность технических характеристик. к которым относят: температуру и влажность воздуха; солнечное излучение, дождь, ветер, пыль (в том числе снежная), смену температур, соляной туман, иней, действие плесневых грибов, содержание в воздухе коррозионно-активных агентов [1-9].

Основными процессами, снижающими надежность ВВСТ при содержании на хранении под воздействием факторов окружающей среды, являются: коррозия металлических деталей, старение полимерных материалов и биоповреждения (рис. 1) [2,5].

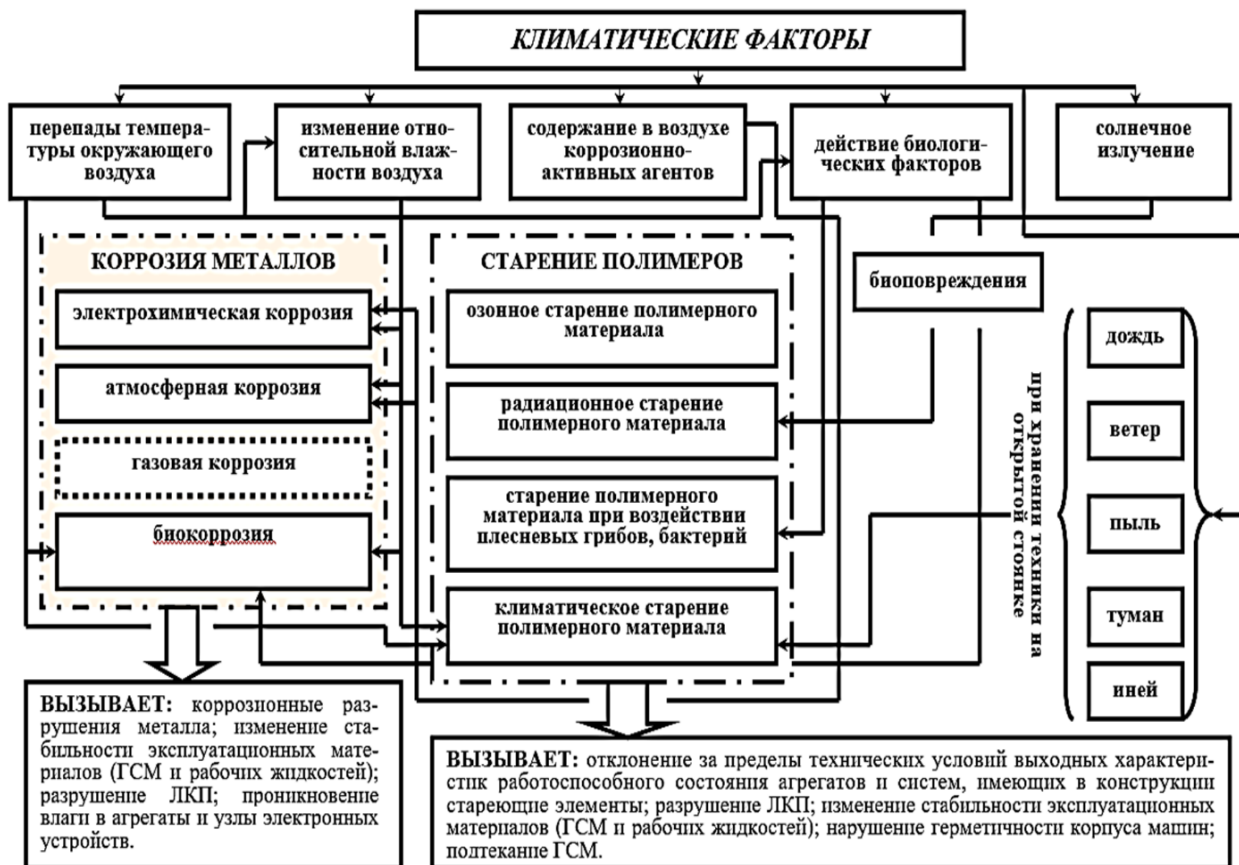


Рис. 1. Влияние факторов окружающей среды на образование дестабилизирующих процессов при содержании ВВСТ на хранении

Наиболее неблагоприятно сочетание воздействия таких факторов, как низкие температуры воздуха и ветер, высокие температуры воздуха и низкая влажность и др. При этом установлена определенная критическая влажность воздуха, повышение которой приводит к резкому увеличению скорости проникновения коррозии.

Характер неблагоприятного влияния влажности воздуха зависит от содержания влаги в воздухе (рис.2). При большом содержании влаги в воздухе более 90% за счет проникновения её внутрь материалов или оборудования на их поверхности пленки жидкости происходит ухудшение механических, химических и электрических свойств материалов. При содержании влаги в воздухе менее 50% происходит её испарение из материалов, что также изменяет свойства материалов: они становятся хрупкими, в них появляются трещины. Кроме того, попадание влаги в топливные баки, агрегаты трансмиссии и другие ёмкости вызывает ухудшение физико-химических свойств топлива, масел, тормозных и других эксплуатационных жидкостей.

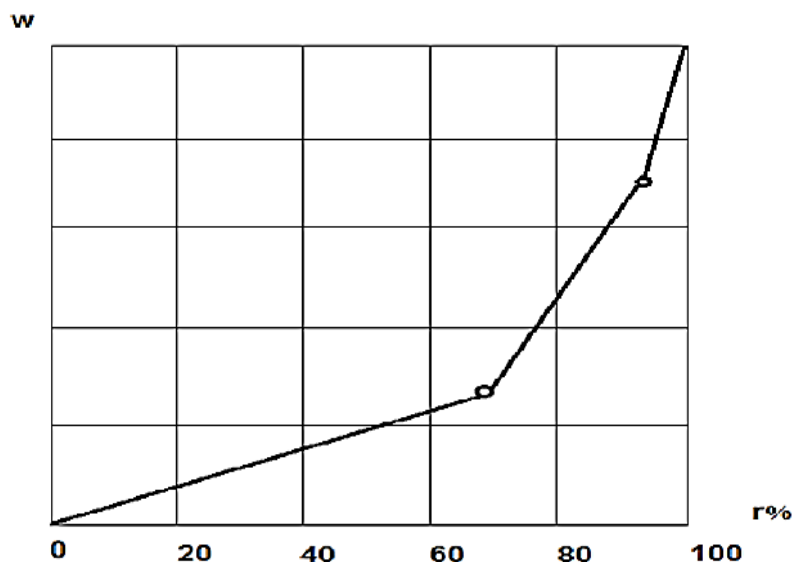


Рис. 2. Изменение скорости проникновения коррозии (w) стали в зависимости от влажности воздуха (г)

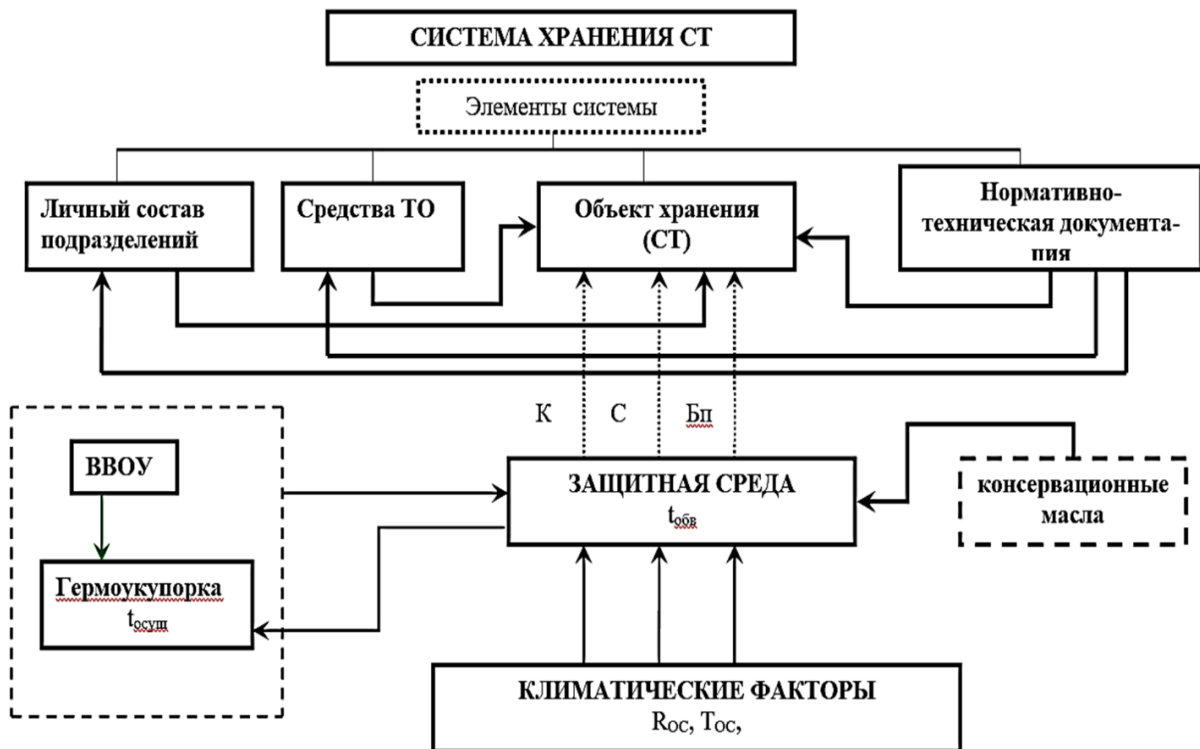
Из рисунка 2 видно, что при относительной влажности воздуха менее 70% скорость проникновения коррозии небольшая, при влажности 70-95 % скорость существенно увеличивается, а при влажности 97-98% и более происходит повышение скорости проникновения коррозии.

Для защиты ВВСТ от воздействия факторов окружающей среды и поддержания ее в работоспособном состоянии разработана система организационно-технических мероприятий, предусматривающая применение специальных методов консервации и проведение технического обслуживания (далее – ТО) техники в процессе хранения [7,8].

Методы консервации представляют собой совокупность технологических и организационных правил по использованию средств, способов и оборудования (приспособления, инструменты и т.п.), применяемых для защиты изделий от воздействия климатических факторов окружающей среды на период, когда они в течение определенного времени не используются по назначению [3,8].

Следует отметить, что из всего многообразия методов защиты изделий от коррозии при консервации ВАТТ применяются методы нанесения защитных покрытий временного действия, статическое осушение воздуха в герметизированных объемах с применением в качестве влагопоглотителя силикагеля и их сочетания.

Метод консервации с осушкой воздуха (далее – ОВ) [3-5,7] заключается в способности ослаблять вредное воздействие окружающей среды на изделие, вызывающее ухудшение эксплуатационных свойств техники в процессе хранения (рис. 3).



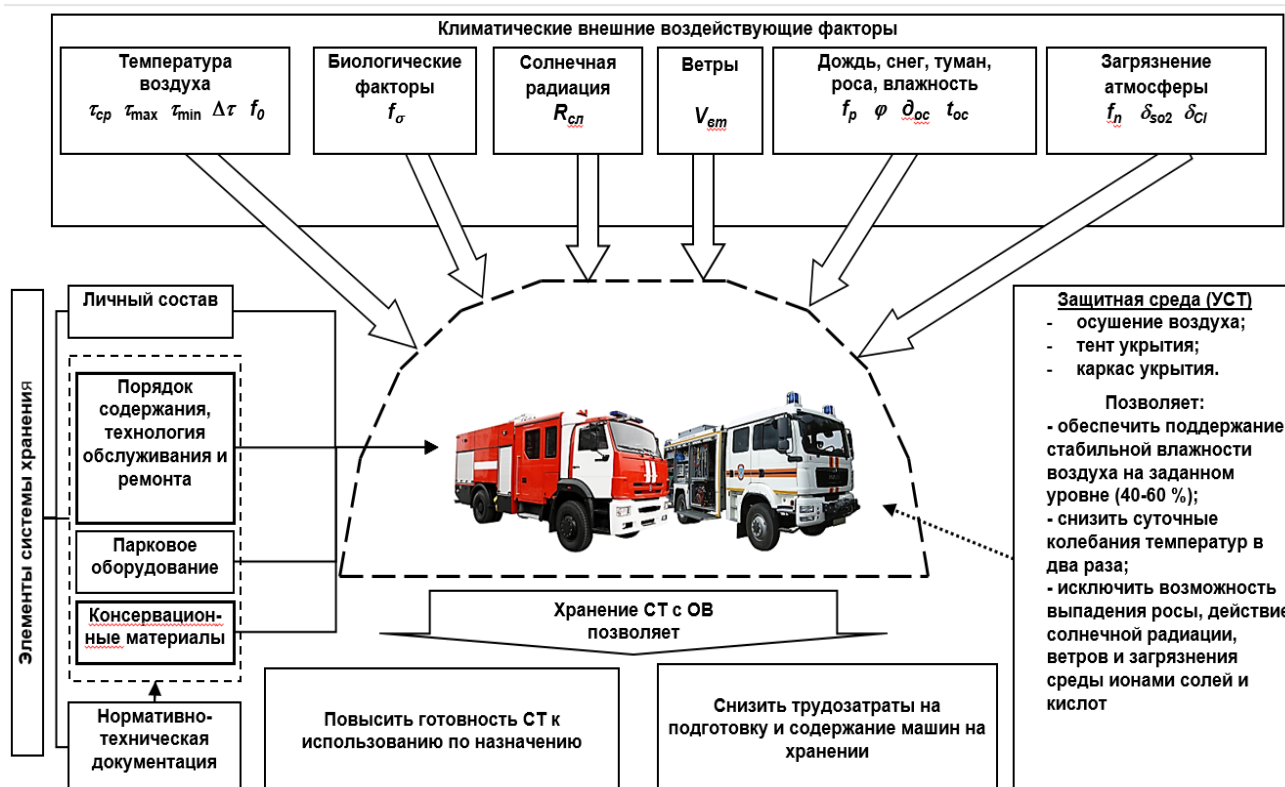


Рис. 3. Структурная схема системы хранения с осушением воздуха

При этом в настоящее время практически отсутствует обобщенный показатель и оценки влияния защитной среды при консервации вооружения, военной и специальной техники с использованием метода осушения воздуха и ее дальнейшего хранения.

Принято считать, что метод консервации с осушкой воздуха, являясь одним из элементов системы хранения, сам считается самостоятельной подсистемой, включающей в себя совокупность элементов, направленных на создание защитной среды вокруг объекта хранения (рис. 3) [3, 7-8].

К числу основных свойств метода консервации ОВ следует отнести способность ослаблять вредное воздействие окружающей среды на изделие, вызывающее ухудшение эксплуатационных свойств в процессе хранения.

Функционирование системы консервации ОВ характеризуется во времени протеканием следующих процессов [7]:

паропроникновения влаги внутрь герметичной укупорки (далее – ГУ);

обводнения герметизированных объемов до предельных значений относительной влажности воздуха ($R_{пр}$);

восстановление защитной среды в ГУ (R_M), в результате осушения воздуха, циркулирующего через ГУ.

Для того чтобы оценить эффективность метода консервации ОВ необходимо выбрать частные и разработать обобщенные показатели, которые учитывали бы влияние защитной среды на сохраняемость объекта хранения.

Исходя из особенностей изменения параметров защитной среды при методе ОБ, в качестве частных показателей оценки, характеризующих основные процессы обводнения и осушения воздуха, принимаются [9]:

средний интервал времени обводнения воздуха в ГУ до величины $R_{пр}$ (между циклами осушения) – $\Delta\tau_{обв}$;

средний интервал времени осушения воздуха в ГУ до заданных пределов относительной влажности воздуха (R_m) – $\Delta\tau_{осуш}$;

Все приведенные частные показатели находятся в сложной функциональной зависимости от целого ряда конструкционных параметров технических средств (устройств), применяемых при консервации образцов методом ОБ, а также факторов окружающей среды и могут быть представлены в следующем виде

$$\begin{aligned}\Delta\tau_{обв} &= f(P_{17}, V, F, R_{пр}, R_m, A); \\ \Delta\tau_{осуш} &= f(V, d, G)\end{aligned}\quad (1)$$

где P_{17} – паропроницаемость герметизирующего материала при 17°C , $\text{г}/\text{м}^2\text{сут.мм.рт.ст.}$;

V – суммарный внутренний объем (ГУ и объекта хранения), м^3 ;

F – площадь поверхности ГУ, м^2 ;

$R_{пр}$, R_{min} – предельное и минимальное значение относительной влажности воздуха, установленной в ГУ, %;

A – климатическая характеристика района хранения,

D – относительное влагосодержание в герметизированном объеме, $\text{кг.пара}/\text{кг. сух.возд}$);

G – расход воздуха через воздухоохладитель, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Показатели $\Delta\tau_{обв}$ и $\Delta\tau_{осуш}$ непосредственно зависят от значений конструкционных характеристик ГУ:

$\frac{V}{F}$ – соотношение внутреннего объема ГУ и величины поверхности чехла;

$\frac{V}{G}$ – отношение объема ГУ к производительности установки осушения

воздуха (далее - УОВ);

P_t – паропроницаемость материала чехла при данной температуре, $^{\circ}\text{C}$.

Более совершенные средства временной защиты от окружающей среды, применяемые при методе консервации ОБ, обеспечивают более длительные интервалы времени обводнения воздуха $\Delta\tau_{обв}$ в ГУ и ограниченные интервалы $\Delta\tau_{осуш}$.

Таким образом, условие предпочтительности выбора того или иного средства консервации, применительно к данному методу, можно представить в виде

$$\begin{aligned}\Delta\tau_{обв} &\rightarrow \max \\ \Delta\tau_{осуш} &\rightarrow \min\end{aligned}$$

Исходя из указанного условия для оценки эффективности защитных сред в ГУ целесообразно ввести обобщенный показатель - коэффициент стабильности защитной среды в ГУ – $K_C^{ГУ}$, который выражает отношение средней скорости потери средой своих защитных свойств к средней скорости восстановления за рассматриваемый цикл хранения $\tau_{хр}$:

$$K_C^{ГУ} = \frac{\mathcal{D}_{осуш}^{ГУ}}{\mathcal{D}_{обв}^{ГУ}}, \quad (2)$$

где $\mathcal{D}_{осуш}^{ГУ}$, $\mathcal{D}_{обв}^{ГУ}$ - средние скорости обводнения и осушения воздуха в ГУ за рассматриваемый цикл хранения $\tau_{хр}$.

Проведя соответствующие преобразования, в конечном виде обобщенный показатель $K_{Ci}^{ГУ}$ представляется соотношением:

$$K_{Ci}^{ГУ} = \frac{\tau_{осуш(ср)i}}{\tau_{обв(ср)i}}, \quad (3)$$

Где $\tau_{осуш(ср)i}$, $\tau_{обв(ср)i}$ – средние значения времени осушения и обводнения воздуха на i -м рассматриваемом интервале хранения.

Очевидно, что задача определения обобщенного показателя $K_{Ci}^{ГУ}$ решается путем расчета двух процессов:

изменения относительной влажности воздуха в гермоупорке в результате проникновения во внутрь ГУ влаги (цикл обводнения ГУ);

восстановления заданного значения относительной влажности воздуха в герметизированном объеме за счет охлаждения циркулирующего через ГУ воздуха (цикл осушения ГУ).

С помощью обобщенного показателя $K_{Ci}^{ГУ}$, выраженного как коэффициент в пределах $0 \leq K_{Ci}^{ГУ} \leq 1$, можно проводить оценку различных вариантов систем ОВ.

Более совершенными системами будут являться те, для которых значение коэффициента $K_{Ci}^{ГУ}$ будет наименьшим ($K_{Ci}^{ГУ} \rightarrow 0$).

Таким образом, предложенный обобщенный показатель оценки защитной среды по своей физической сущности может применяться для оценки различных методов защиты изделий от окружающей среды, что в свою очередь, позволит обеспечить надежность ВВСТ содержащихся на хранении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 21964-76 (СТЭ82603-80). Внешние воздействующие факторы. Номенклатура и характеристики. – М.: Изд. стандартов, 1982.

2. ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Критерии, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – М.: Изд. стандартов, 1987.
3. Приказ МО № 969 от 28.12 2013г. (Об утверждении руководства по содержанию ВВТ общевойскового назначения).
4. ГОСТ 9.908-85. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости.
5. ГОСТ 9.101-2002. Единая система защиты от коррозии и старения. Основные положения.
6. ГОСТ 9.710-84. Единая система защиты от коррозии и старения. Старение полимерных материалов. Термины и определения.
7. Герасименко А.А. Справочник. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. М.: Машиностроение, 1987. ч 1-639с.
8. Золотовицкий Я.М., Голубова Л.С. Современные методы консервации продукции машиностроения. Минск. БНИИНТИ, 1979.-147с.
9. Аграновский А.А. Влияние защитной среды на сохраняемость специальной техники длительного хранения войск гражданской обороны при консервации ее методом динамического осушения воздуха. Дис. канд. техн. наук.-М.: АГЗ МЧС России, 2006.-177с.

УДК 614.841.4

*Ш. Л. Алигаджиев, А. Д. Глебов, Т. К. Машаев,
А. С. Чернышов, И. В. Багажков*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ

Аннотация: Рассмотрены варианты возникновения пожара в зданиях повышенной этажности. Предложены варианты оптимизации управления и технического оснащения пожарно-спасательных подразделений по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ на зданиях повышенной этажности.

Ключевые слова: пожарно-техническое оборудование, пожарная техника, руководство, управление, степень угрозы, тушение пожара, техническое оснащение, здания повышенной этажности.

*Sh. L. Aligadzhiev, A. D. Glebov, T. K. Mashaev,
A. S. Chernyshov, I. V. Bagazhkov*

FEATURES OF MANAGEMENT AND TECHNICAL EQUIPMENT OF DIVISIONS WHEN EXTINGUISHING FIRES IN HIGH-RISE BUILDINGS

Abstracts: The variants of fire occurrence in high-rise buildings are considered. Variants of optimization of management and technical equipment of fire and rescue units for fire extinguishing and emergency rescue operations on high-rise buildings are proposed.

Keywords: fire-technical equipment, management, management, threat level, fire extinguishing, technical equipment, fire equipment, high-rise buildings.

Исходя из реальной обстановки, актуальность составления прогноза возникновения пожара на объекте в районе выезда пожарно-спасательной части предполагает разработать оптимальный сценарий действий сил и средств караула в пожарно-спасательном подразделении.

Основными задачами при прогнозировании последствий пожара на объекте сводятся к получению информации о месте и времени возгорания, распространения огня и продуктов сгорания способствующие началу квалифицированной подготовке к проведению действий по тушению пожара и аварийно-спасательных работ [1].

В отношении сценариев развития пожара в зданиях повышенной этажности существуют определенные закономерности, влияющие на моделирование хода развития действий пожарно-спасательных подразделений.

Пути возможного распространения пожара. Распространение пожара возможно через дверные проемы и каналы вентиляции.

Степень угрозы жизни и здоровью людям. В случае возникновения пожара в зданиях повышенной этажности возможно быстрое распространение пламени и образование плотного задымления.

Возможные зоны задымления и прогнозируемая концентрация продуктов горения. В зону задымления может попадать все пространство помещений и путей эвакуации. При этом, возможная концентрация продуктов горения по углероду:

CO – 0,6%

CO₂ – 5%

Рекомендуемые средства и способы тушения пожара. Учитывая пожарную нагрузку, а также наличие веществ и материалов, возможный пожар рекомендуется тушить способом охлаждения и изоляции, путем подачи компактных и распыленных водных струй с использованием стволов с большим расходом воды [2].

Руководство тушением условного пожара в помещениях складского помещения подразумевает применение ручных стволов с большим расходом, имеющимися в подразделениях стволами РС-70. Так же, можно рассмотреть целесообразность применения ручных пожарных универсальных стволов СПР-50Е с применением компрессионной пены на АЦ-1,0/40.

Для тушения пожара в зданиях повышенной этажности предлагается использование ручного ствола комбинированного универсального – СПР-50Е. Ствол пожарный ручной универсальный СПР-50Е предназначен для использования в тушении пожаров различной степени (Рис.1). Приспособлен для формирования, регулирования расхода и направления компактной или распыленной струи воды, создания защитной водяной завесы при тушении пожаров. Большим преимуществом является доступность производителя, так в настоящее время пожарные стволы СПР-50Е продаются как в Республике Беларусь, так и в Российской Федерации, Казахстане.



Рис. 1. Ручной пожарный ствол универсальный СПР-50Е

Противопожарное водоснабжение должно отвечать определенным требованиям, которые полностью согласуются на выбранном нам примере многоквартирного 20-25 этажного жилого дома с нежилыми помещениями по ул. Тимуровцев в г. Рязани. На выбранном объекте предусмотрено водоснабжение от существующих кольцевых сетей водопровода диаметром 250 и 300 мм низкого давления, проложенных с юго-востока, на основании технических условий МП «Водоканал города Рязани» № 882 от 01.10.2014 г. Гарантированное давление в сети городского водопровода – 10,0 м. водяного столба.

Секции здания разделены противопожарными перекрытиями REI 150, включая нежилые помещения. Согласно табл. 6 СП 8.13130.2009 «Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности», расход воды на наружное пожаротушение для 25 этажной секции жилого здания (объем секции не превышает 150 тыс.м.²) составляет 30 л/сек.

Объем нежилых помещений значительно меньше вышеуказанных, поэтому для наружного пожаротушения принимаем расход воды для 25-ти этажной секции жилого дома - 30 л/сек, в соответствии п. 5.2 СП 8.13130.2009. Наружное пожаротушение осуществляется от 3-х проектируемых пожарных гидрантов.

Гидранты расположены на кольцевой водопроводной сети диаметром 250 мм, проложенной по ул. Тимуровцев:

- с востока от секции дома 1б в 37 м;
- с юга от секции 1б в 60 м;
- с востока от секции 1а в 52 м.

С северо-востока от секции 1а имеется 2 существующих пожарных гидранта на площадке перед торговым центром «Лента» на расстоянии 140 и 180 м (по проездам эти расстояния превышают 200 м).

Водоотдача кольцевых сетей диаметром 250 мм при минимальном напоре 10 м.в.ст. составляет 85 л/сек, что полностью обеспечивает требуемый расход воды на наружное пожаротушение.

Месторасположение гидрантов обозначается указателями на стенах жилого дома со светоотражающим покрытием (по ГОСТ 12.4.009-83).

Расстановка пожарных гидрантов на водопроводной сети обеспечивает пожаротушение каждой части здания от двух пожарных гидрантов. Гидранты расположены вдоль улиц с твердым покрытием, не далее 2,5 м от края проезжей части и не ближе 5 м от стен зданий.

На сети предусмотрены колодцы из железобетонных колец диаметром 1500 мм по типовому проекту 901-09-11.84 с установкой в колодцах необходимых фасонных частей, отключающей арматуры и пожарных гидрантов.

Система автоматической пожарной сигнализации. Противодымная вентиляция. С целью исключения задымления во время пожара путей эвакуации в жилом доме проектом предусмотрена противодымная вентиляция с механическим побуждением, согласно СП 7.13130.2013. Проектом предусмотрен подпор воздуха в тамбур-шлюзы при выходе из лифтов в подвале, в лифтовые шахты для перевозки пожарных подразделений.

Удаление дыма предусмотрено: из жилой части здания из коридоров каждого этажа, из подвального этажа через автоматически открывающиеся дымовые клапаны с последующим поступлением в вытяжные шахты, на которых установлены крышные вентиляторы.

Для обнаружения пожара и автоматического включения указанных систем предусмотрена установка пожарной сигнализации. Помимо автоматического включения установок противодымной вентиляции предусмотрено ручное включение посредством ручных адресных пожарных извещателей ИПР-513-11, установленных на путях эвакуации [1].

Автоматическое включение установок дымоудаления и подпора воздуха происходит при срабатывании одного и более извещателей пожарной сигнализации или от одного ручного извещателя.

Предел огнестойкости дымовых клапанов принят 1 час. Зазоры в местах прохождения воздухопроводов через стены и перекрытия заделываются несгораемым материалом.

Воздуховоды систем противодымной вентиляции предусмотрены класса «В» из оцинкованной стали по ГОСТ 14918-80, толщиной 1,0 мм с огнезащитным покрытием ОЗС МВ, толщиной 3 мм по ТУ 5775-008-172-97-211.

Работа системы дымоудаления автоматизирована. По сигналу датчика в квартире о возникновении пожара предусматривается автоматически:

- открывание клапана дымоудаления на этаже пожара;
- включение вентилятора для дымоудаления;
- включение вентилятора подпора воздуха;
- открывание клапанов воздухозабора.

Вентиляционные установки подпора воздуха расположены в отдельных вентиляционных камерах, огороженных противопожарными перегородками 1-го типа. Открывание клапанов и включение вентиляторов предусматривается автоматически от извещателей пожарной сигнализации, установленных в прихожих квартир, а так же дистанционно от кнопок, установленных на каждом этаже в шкафах пожарных кранов. Система обеспечивает поэтажное дымоудаление через клапаны. К установке приняты клапаны дымоудаления КДП-5А и крышной вентилятор ВКРМ-8-2ДУ-01Д/Дном.

При расчете систем вентиляции для дымоудаления и подпора воздуха учитывают, что вентиляция квартир принята приточно-вытяжная с естественным притоком воздуха и механической вытяжкой.

Приток воздуха осуществляется через регулируемые клапаны инфильтрации воздуха (КИВ), которые устанавливаются в наружных стенах жилых помещений в зоне действия отопительного прибора.

Вытяжка из кухонь, ванных и санузлов осуществляется через вентиляционные решетки, вытяжные воздухопроводы, которые подключаются к сборным воздухопроводам из оцинкованной стали под вытяжной решеткой вышележащего этажа, с установкой на кровле крышных вентиляторов.

Вентиляция машинного отделения лифта предусмотрена вытяжная с естественным побуждением.

Приточно-вытяжные вентиляционные системы приняты отдельными для каждого пожарного отсека.

Подача приточного воздуха осуществляется сосредоточенно вдоль проездов в верхнюю зону, удаление воздуха предусмотрено из верхней и нижней зон помещения поровну. Удаление воздуха из технических помещений предусмотрено с механическим побуждением.

Вытяжные шахты выведены на 2,3 м выше уровня кровли.

Для тушения пожаров в высотных зданиях пожарные сегодня используют подъемные механизмы и вертолеты. Подъемные механизмы — это выдвигаемые лестницы и коленчатые подъемники [2]. В большинстве пожарных гарнизонов имеются выдвигаемые пожарные лестницы на базе автомобилей, которые, могут

ликвидировать пожар, возникший максимум на высоте 30 м (приблизительно 10 этаж).

Подъемники. Помимо выдвигаемых лестниц, в Москве, к примеру, есть колесчато-телескопические автогидроподъемники, способные выдвигаться на высоту 90-100 метров, но их количество минимальное. В московском гарнизоне есть два девятистометровых подъемника, которые могут быть задействованы для тушения пожара на 25 этаже высотного здания и один — высотой 101 метр, на сегодняшний день он единственный в стране.

«Использование пожарной техники зависит от конкретного города и технической вооруженности его гарнизона. В Москве есть подъемники с выдвигаемыми механизмами до 90 метров. Но такие машины выезжают редко, поскольку на работу пожарных на такой высоте сильное воздействие оказывают метеорологические условия».

Также в распоряжении пожарных есть многоцелевые пожарные автомобили с установкой пожаротушения температурно-активированной водой. Их используют для тушения пожаров в замкнутых помещениях и труднодоступных местах (пустотные деревянные перекрытия, тоннели, склады).

Вертолеты и «Кобры». Для тушения пожаров в городских условиях используют вертолеты, если они есть [2]. Пилоты вертолетов могут эвакуировать жильцов с верхних этажей любой высоты и сбить огонь из водяной пушки. Вертолет Ка-32 может превратить 5 тонн воды в непрерывную струю и ударить ей с 40 метров в окно жилого дома: это так называемая система горизонтального тушения «Игла-В», которая распыляет воду, сжатую до дисперсного состояния, короткими импульсами. Тушение с помощью такой системы позволяет ликвидировать пожары намного меньшим количеством воды, чем при использовании традиционных средств.

Такая система использует тонкораспыленную воду. Это очень удобно с точки зрения того, что нужен меньший запас и меньший расход воды.

Для тушения пожаров также используют системы гидроабразивного тушения «Кобра». «Кобра» — шведская разработка, в которой все еще интереснее сделано. Помимо высокого давления струи, при тушении пожара образуется еще смесь с абразивом. Это небольшой кварцевый песок, который выходит под огромным давлением. Он может прорезать бетон, кирпич и сталь.

На основании вышесказанного можно подвести итог и констатировать, что пожары в зданиях повышенной этажности носят сложный и трудоемкий характер. Работа на больших высотах вызывает трудности не только с подачей огнетушащего вещества, но и с работой газодымозащитников и эвакуацией населения. Огромную роль играет техническое оснащение привлекаемых пожарно-спасательных частей, их выучка и слаженность в работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 года №123.
2. В.В. Терещенко, Н.С. Артемьев, А.В. Подгрушный Здания повышенной этажности. Противопожарная защита и тушение пожаров. Книга № 3. - М.: Пожнаука 2006. - 237 с.

УДК 699.816

А. О. Аникиенко, А. А. Шоличева, А. А. Разумков, И. В. Багажков
Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ 25-ТИ ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА

Аннотация: Проведен конструктивный анализ 25-этажного здания с учетом технологических особенностей. Предложен комплекс противопожарной защиты дома с учетом проведения боевых действий отдельно взятого пожарно-спасательного подразделения. Сделан вывод о необходимости и достаточности проведенных мер по защите объекта.

Ключевые слова: защита объекта, пожарно-техническое оборудование, несение службы, автоматическая пожарная сигнализация, тушение пожаров, техническая готовность, эвакуационный выход.

A. O. Anikienko, A. A. Sholicheva, A. A. Razumkov, I. V. Bagazhkov

FEATURES OF APPLICATION OF FIRE PROTECTION SYSTEMS OF A 25-STORY RESIDENTIAL BUILDING

Abstracts: A constructive analysis of a 25-storey building has been carried out taking into account technological features. A complex of fire protection of the house is proposed, taking into account the conduct of combat operations of a separate fire and rescue unit. The conclusion is made about the necessity and sufficiency of the measures taken to protect the object.

Keywords: object protection, fire-technical equipment, service, automatic fire alarm, fire extinguishing, technical readiness, evacuation exit.

Для защиты объектов, находящихся в районе выезда отдельно взятого пожарно-спасательного подразделения широкое применение находят такие оперативные документы предварительного планирования как планы и карточки тушения пожаров. При их составлении большое внимание уделяется оперативно-тактической характеристике (ОТХ) объекта. При рассмотрении (ОТХ) 25-ти этажного жилого дома следует обратить внимание на определенные моменты, которые будут способствовать или наоборот, препятствовать выполнению бое-

вой задачи для караула при проведении действий по тушению пожара и проведению аварийно-спасательных работ.

Рассматривая площадь застройки 25-ти этажного жилого дома на примере Октябрьского округа г. Рязани составляющую порядка 27000 м² можно констатировать, что участок граничит:

- с северо-запада незастроенная территория и ручей Быстрец;
- с запада – овраг;
- с юго-запада в 24-х метрах – строящийся жилой дом первой очереди строительства (секции 3-4) I степени огнестойкости;
- с северо-востока – торговый центр «Лента» II степени огнестойкости в 37 м;
- с юго-востока и востока – ул. Тимуровцев и далее 5-ти этажный жилой дом II степени огнестойкости в 55 м;
- с юга в 23-х м расположен въезд в подземную парковку первой очереди строительства и помещение охраны II степени огнестойкости.

Указанные расстояния соответствуют требованиям п. 4.3, табл. 1 СП 4.13130.2013;

Планировкой территории предусмотрен круговой проезд по периметру здания второй очереди строительства, согласно п. 8.1 СП 4.13130.20013, так как высота жилого дома превышает 28 м.

Ширина проездов для пожарной и аварийно-спасательной техники к зданию предусмотрена не менее 6 м, что удовлетворяет требованиям п. 8.6 СП 4.13130.2013. Расстояние от края проездов до стен общественного здания принято 5 м, для жилого здания – не менее 8 м, согласно п. 8.8 СП 4.13130.2013. Конструкции дорожной одежды на продольных проездах – двухслойное покрытие из асфальтобетона, уложенного по щебню, и обеспечивает нагрузку пожарных автомобилей. В северо-восточной части территории дома уложена брусчатка по слою песка, щебня и сухой смеси, нагрузка на которую обеспечивает проезд пожарной техники.

На отведенной территории предусматриваются различные формы озеленения, детские и спортивные площадки, площадка под мусоросборники. Проектом предусмотрены гостевые наземные парковки, расположенные с востока не ближе 15 м от стен здания с оконными проемами.

Участок жилого дома находится в радиусе выезда подразделений пожарной охраны Октябрьского округа г. Рязани. Ближайшая пожарная часть расположена в 1,6 км, что обеспечивает прибытие первого подразделения к месту вызова в течение 10-ти мин. Это удовлетворяет требованиям ст. 76 № 123-ФЗ.

Данные о пожарной нагрузке [1]. Основная пожарная нагрузка в помещениях находится в пределах 50 кг/м². Основную пожарную нагрузку составляет сгораемая отделка некоторых помещений (обои, отделочные панели, плитуса, линолеум и др.), силовое и осветительное электрооборудование.

Автоматическая пожарная сигнализация. Жилой дом 25-ти этажный, запроектирован с учетом обеспечения круговых проездов, возможности установки автолестниц и подъемников для проведения аварийно-спасательных работ, озеленения и благоустройства территории.

Компановочная схема дома предусмотрена с размещением нежилых технических помещений под секциями жилого дома на отметке -5.100 в осях «1-23/A1-C» (вместо автостоянки) и на отметке -1.95 в осях «1-23/Ж1-C» (технический этаж) (см. рис.1).

Встроенно-пристроенные нежилые помещения высотой 4,700 м запроектированы на отметке -0,750 в осях «1-23» и «В/с-И/с», под ними расположено глухое техническое подполье.

Перекрытия между этажами по всей площади монолитное железобетонное. На первом этаже расположены жилые помещения, примыкающие к нежилым помещениям и отделенные противопожарными стенами 1-го типа на всю высоту, с организацией отдельных входов-выходов.

Связь между этажами осуществляется при помощи лестничных клеток и трех лифтов в каждой секции.

Максимальная высота 25-ти этажных секций до уровня кровли составляет 77,65 м, от планировочной отметки проезда до низа окон верхнего этажа - от 73,250 до 75,0 м. Максимальная высота 20-ти этажных секций до уровня кровли составляет 64,650 м.

Площадь пожарного отсека (площадь этажа) любой секции составляет 720,34 м², площадь жилых помещений на этаже – 475,4 м². Наибольший строительный объем наземной части 25 этажной секции составляет 58636,13 м³, 20 этажной секции – 46908,9 м³.

Количество и ширина эвакуационных выходов из помещений и зданий определяются в зависимости от максимально возможного числа эвакуирующихся через них людей и предельно допустимого расстояния от наиболее удаленного места возможного пребывания людей (рабочего места) до ближайшего эвакуационного выхода. В соответствии п. 5.4.3 СП 1. расстояния от дверей квартир до выхода в воздушную зону лестничной клетки не превышает 25 м, из коридора предусмотрено удаление дыма [2].

Входы в жилые этажи осуществляются через воздушную зону незадымляемой лестницы, расстояние между дверями воздушной зоны не менее 2 м, с открыванием дверей в сторону выхода с этажа.

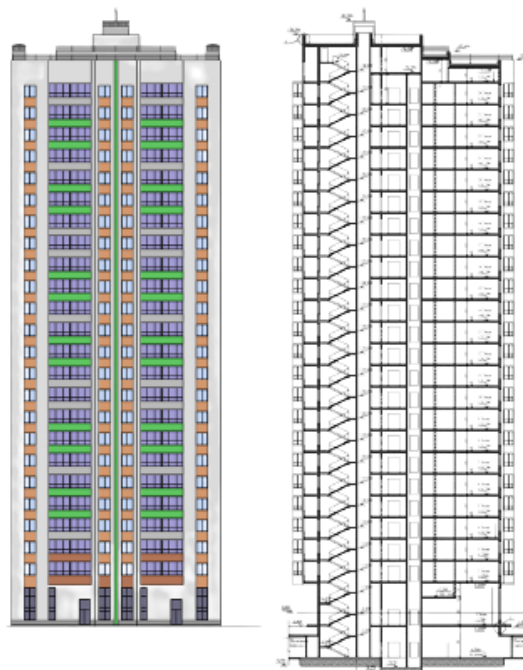


Рис. 1. Компановочная схема 25-этажного дома

На первом этаже лестничные клетки имеют выходы непосредственно наружу на прилегающую территорию, согласно п. 5.4.14 СП 1. На каждом этаже лестничная клетка освещается через остекленные двери (с армированием) в наружных стенах. Площадь проемов не менее 1,2 м².

Ширина маршей лестницы принята 1,2 м, зазор между маршами – 100 мм. Ширина площадок составляет 1,35 м. Ширина дверей на выходах в лестничные клетки предусмотрена менее ширины марша лестницы. Высота проходов на путях эвакуации – 2,2 м, согласно СНиП 31-01-2001 и СНиП 21-01-97. Ширина общих коридоров принята не менее 1,7 м (требуется не менее 1,4 м), согласно п. 5.4.4 .СП 1. Открывание дверей на путях эвакуации предусмотрено по направлению выхода из здания.

Для отделки стен и потолков в лестнично-лифтовых холлах использованы негорючие материалы. В общих коридорах оборудование, выступающее из плоскости стен на высоте менее 2-х метров, отсутствует.

Выход на кровлю предусмотрен из незадымляемой лестничной клетки по одномаршевой лестнице через технический этаж и противопожарные двери 2-го типа.

В качестве аварийных выходов из квартир, расположенных выше 15 м, предусмотрены глухие простенки на лоджиях, шириной 1,2 м и 1,6 м между проемами, согласно п. 6.13 СНиП 21-01-97.

Высота ограждений лестничных клеток и ограждений лоджий принята не менее 1,2 м.

Для определения точного места возникновения очага пожара и своевременной выдачи управляющих сигналов в систему противодымной вентиляции (дымоудаления и подпора воздуха), в систему оповещения о пожаре и управления эвакуацией, для отключения общеобменной вентиляции и управления иными инженерными установками и системами объекта - используется автоматическая установка пожарной сигнализации (АУПС).

Запроектированная автоматическая установка пожарной сигнализации выполняет функции обнаружения пожара с помощью дымовых адресных оптико-электронных пожарных извещателей ИП 212-64, расположенных в зоне лифтовых холлов, в прихожих жилых квартир, а так же в нежилых помещениях 1-го этажа.

Кроме автоматического включения установок противодымной вентиляции предусмотрено ручное включение посредством ручных адресных пожарных извещателей ИПР 513-11, устанавливаемых внутри шкафов пожарных кранов, расположенных в непосредственной близости от клапанов дымоудаления.

При срабатывании одного извещателя в прихожей квартиры либо двух и более извещателей расположенных в лифтовых холлах жилой части или на путях эвакуации нежилых помещений и парковки происходит автоматическое включение установок дымоудаления и подпора воздуха.

В качестве приемно-контрольной аппаратуры выбраны устройства интегрированной системы безопасности «РУБЕЖ».

Контроль и управление системой осуществляется при помощи пульта контроля и управления «Рубеж-2ОП». Питание системы сигнализации осуществляется от резервных источников питания ИВЭПР с аккумуляторами 12В и боксов резервного электропитания БР 12.

Питание и включение установок дымоудаления и подпора воздуха осуществляется от шкафов управления (ШУН/В-Т), устанавливаемых в машинных помещениях лифтов жилой части здания. Для управления установками подпора воздуха в нежилой

части здания предусмотрен пульт контроля и управления «Рубеж-2ОП» и устройства управления и коммутации. Для управления установками дымоудаления в нежилой части здания предусмотрены шкафы управления ШУН/В-Т.

Пульт контроля и управления устанавливаются в помещении диспетчерской с круглосуточным дежурством (у въезда в автостоянку).

Автоматическая установка пожарной сигнализации обеспечивает:

- круглосуточный контроль пожарного состояния объекта в зоне лифтовых холлов, прихожих квартир и нежилых помещений подвального, цокольного и первого этажа здания с помощью автоматических адресных дымовых пожарных извещателей;
- автоматический контроль исправности устройств, линий связи, состояния клапанов дымоудаления и контроль пуска вентиляторов дымоудаления и подпора воздуха [3].

При обнаружении возгорания автоматическая установка пожарной сигнализации обеспечивает:

- оповещение о пожаре с помощью звуковых оповещателей «ОПОП 124-7» и световых оповещателей с надписью «Выход»;
- передачу сигнала о пожаре на пульт «Рубеж-2ОП» и АРМ «FireSec»;
- открытие клапана дымоудаления на этаже, на котором обнаружен пожар;
- открытие клапанов дымоудаления в том пожарном отсеке, в котором произошло загорание;
- контроль факта открытия клапана дымоудаления;
- запуск вентиляторов дымоудаления и подпора воздуха;
- подачу сигнала о пожаре в машинное отделение лифтов для их отзыва на первый этаж;
- передачу сигналов на отключение общеобменной вентиляции.

Извещатели пожарные ручные ИПР 513-11 устанавливаются в шкафах пожарных кранов и на путях эвакуации (в нежилой зоне).

Линии интерфейса системы «РУБЕЖ», линии управляющие клапанами дымоудаления, линии питания резервных источников питания и линии питания вентиляторов дымоудаления с подпором воздуха прокладываются огнестойкими кабелями [3].

На основании вышесказанного, можно считать, что предложенная противопожарная защита 25-этажного дома высокоэффективна и в случае необходимости будет способствовать эффективному ведению боевых действий отдельно взятого пожарно-спасательного подразделения при тушении пожара и проведению аварийно-спасательных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Смирнов А.С. «Методика анализа качества технических средств обеспечения тушения пожаров в зданиях повышенной этажности», Санкт Петербург, 2012 – 155с.
3. Терехнев В.В., Подгрушный А.В., Артемьев Н.С., «Пожаротушение в зданиях повышенной этажности» Учеб. пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 117 с.

УДК 66.023.23

С. Б. Афонин, В. М. Гаврилин, Е. В. Миронов, М. Ю. Колобов

ФГБОУ ВО Ивановский химико-технологический университет

РЕМОНТ РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОННЫХ АППАРАТОВ

Аннотация: для повышения надежности и долговечности работы ректификационных колонных аппаратов приведена последовательность операций при планово-предупредительных ремонтах технологической установки.

Ключевые слова: ректификационный колонный аппарат, ремонт.

S. B. Afonin, V. M. Gavrilin, E. V. Mironov, M. Yu. Kolobov

REPAIR OF RECTIFICATION COLUMNS

Abstract: to improve the reliability and durability of the operation of distillation column apparatus, a sequence of operations is given for scheduled preventive repairs of a process unit.

Keywords: distillation column apparatus, repair

В современной промышленности все большее внимание уделяется необходимости использования чистых и особо чистых материалов, вследствие чего производство становится еще более сложным и дорогостоящим. Технологиям по разделению веществ, а также их очистке от примесей уделяется все большее внимание. Самой распространенной технологией разделения в промышленности является ректификация - процесс разделения жидких неоднородных смесей на практически чистые компоненты, либо фракции, различающиеся по температуре кипения [1]. Высота ректификационных колонн часто достигает 30 метров и более, что сказывается на стоимости изготовления оборудования, эксплуатации, а стоимость ремонта колонн становится огромной [2].

Для повышения надежности и долговечности работы ректификационных колонных аппаратов необходима правильная последовательность операций при планово-предупредительных ремонтах технологической установки.

Конструкция колонны представляет собой вертикально стоящий полый цилиндр, внутри которого находятся тарелки (контактные устройства различной конструкции) или размещен материал - насадка. Куб и обратный холодильник (дефлегматор) обычно представляют собой кожухотрубные теплообменники.

Основным видом износа колонных аппаратов является забивка и коррозия ее элементов. Корпуса и внутренние устройства колонных аппаратов изнашиваются в результате коррозионного, эрозийного и термического воздействия среды.

Подготовка колонных аппаратов к ремонту заключается в следующем. Доводят давление в колонне до атмосферного, удаляют из аппарата рабочую среду, после чего его пропаривают водяным паром, который вытесняет оставшиеся в колонне пары и

газы. После пропарки колонну промывают водой. В некоторых случаях пропарку и промывку чередуют несколько раз.

Промывка колонн водой способствует также более быстрому их остыванию. Нельзя приступать к ремонтным работам, если температура промывной воды превышает 50 °С.

Пропаренную и промытую колонну отсоединяют от всех аппаратов и коммуникаций глухими заглушками, устанавливаемыми во фланцевых соединениях штуцеров. Установку каждой заглушки и последующее ее снятие регистрируют в специальном журнале.

Ремонт аппарата начинается со вскрытия, которое следует производить, строго соблюдая следующие правила. Вначале открывают верхний люк, причем перед этим в аппарат в течение некоторого времени подают водяной пар, чтобы избежать возможного подсоса воздуха, в результате которого может образоваться взрывоопасная смесь. Далее последовательно (сверху вниз) открывают остальные люки. Категорически запрещается одновременно открывать верхний и нижний люки. Нельзя также открывать сначала нижний, а затем верхний люк, так как за счет разности температур происходит сильный приток воздуха в колонну, что может привести к образованию взрывоопасной смеси.

После открывания люков колонна некоторое время проветривается в результате естественной конвекции воздуха. После окончания проветривания нужно провести анализ проб воздуха, взятых из колонны на разных высотных отметках.

К работам внутри колонны разрешается приступать только тогда, когда анализ покажет, что концентрация вредных газов и паров в ней не превышает предельно допустимых санитарных норм.

Корпус колонны и ее внутренние устройства подвергают тщательному осмотру.

Тарелки разбирают внутри колонны, выносятся через люки на обслуживающие площадки и транспортируются для чистки и ремонта.

Ремонт тарелок связан в основном с их очисткой и заменой изношенных элементов. После ремонта тарелки проверяют на барботаж и монтируют в корпус.

В процессе монтажа тарелки должны быть проверены на соответствие ее деталей конструктивным чертежам, отсутствие повреждений, герметичность установки тарелки в корпусе колонны и правильность установки деталей и тарелки в целом.

До начала установки тарелок колонну окончательно выверяют, закрепляют и испытывают гидравлическим способом, а также устанавливают обслуживающие площадки и лестницы. Детали тарелок подают на площадку самоходным краном или краном-укосиной.

Детали тарелки крепят к опорным деталям и соединяют на болтах. При сборке и установке тарелок необходимо следить за тем, чтобы верхние торцы ниппелей находились в горизонтальной плоскости, а уровень верха прорезей колпачков относительно плоскости тарелки колебался в пределах +1 мм. Горизонтальное положение тарелки фиксируют штифтами, ввернутыми через борт тарелки в муфты, приваренные к корпусу колонны. Пазы между корпусом колонны и тарелкой уплотняют набивкой. Под крышу люка-лаза устанавливают прокладку.

Ремонт корпуса колонных аппаратов проводят в зависимости от выявленных дефектов. Дефекты корпуса выявляют путем визуального осмотра и ультразвуковой дефектоскопии.

Неплотные сварные швы вырубают, зачищают и заваривают соответствующим электродом. Изношенные штуцера и люки вырезают и заменяют новыми с обязательной установкой укрепляющих колец.

Наиболее изношенные участки корпуса колонны вырезают, а на их место ставят новый участок, заранее свальцованный по радиусу колонны. Сварку производят встык. Вырезание больших участков корпуса может привести к ослаблению сечения и нарушению устойчивости. Поэтому до вырезания дефектного участка его укрепляют стойками, устанавливаемыми внутри или снаружи. Число и сечение стоек, размеры опорных лап рассчитывают, исходя из условия равенства их сопротивлений сопротивлению вырезанного сечения. С помощью таких стоек можно заменить весь поврежденный пояс колонны несколькими частями (рис. 1).

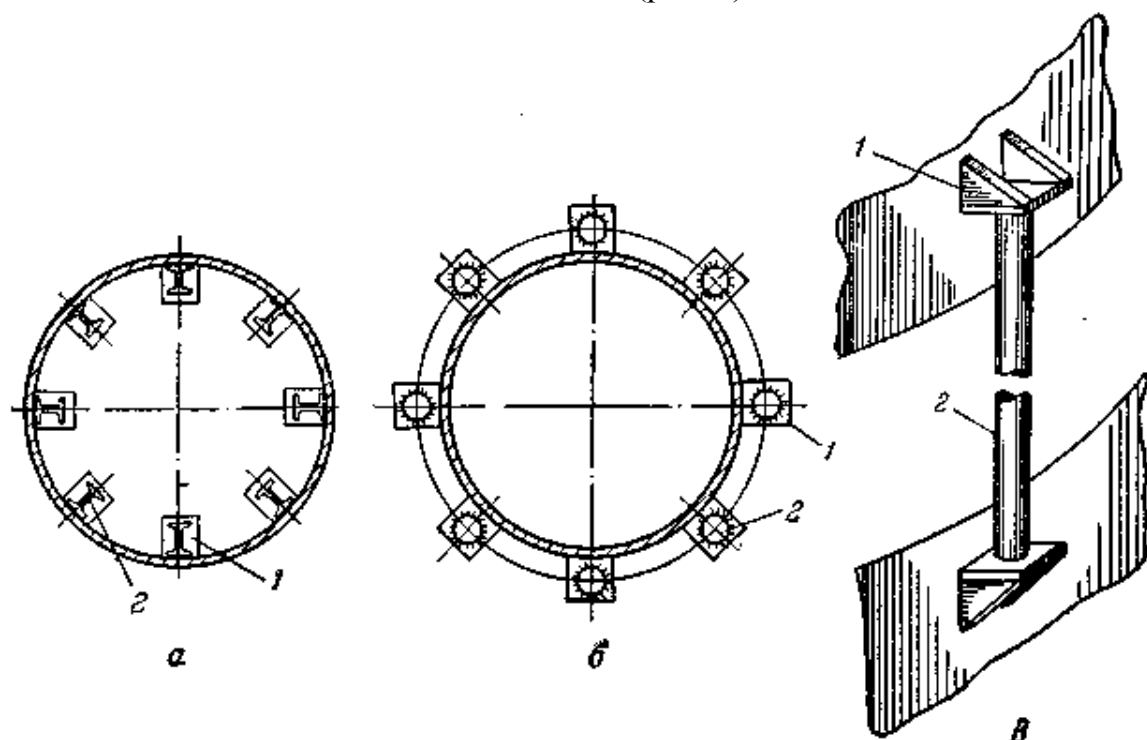


Рис. 1. Усиление колонны в местах вырезаемых поясов:
 а – внутренними стойками, б – наружными стойками,
 в – схема крепления стойки; 1 – лапа; 2 – стойка

Ремонт колонны заканчивается ее испытанием. При гидравлическом испытании колонна заполняется водой при открытой воздушке, устанавливаемой на верху колонны. Появление воды в воздушке свидетельствует о заполнении колонны. После закрытия воздушки давление в колонне медленно повышается до контрольной величины. При этом давлении аппарат выдерживается 5 мин, затем давление снижается до рабочего значения, при котором осуществляется обстукивание сварных швов молотком и осмотр корпуса колонны. При проведении пневматического испытания обстукивание сварных швов не допускается.

При каждой разборке царг следует заменять прокладку, т.к. используемый прокладочный материал (фторопласт) считается мягким, легко обжимающимся материалом. Новая прокладка должна быть выполнена из того же материала (фторопласт 4). Толщина новой фторопластовой прокладки должна соответствовать толщине, указанной в паспорте аппарата.

Сборку колонны производят в обратной последовательности, т.е. сначала устанавливают нижние царги с установленными внутренними устройствами, затем поочередно устанавливаются верхние царги. При установке каждой царги не допускается перенос фланцевого соединения, запрещается выбирать перекося фланцев («ножницы») при помощи крепежных болтов. В последнюю очередь устанавливается дефлегматор.

После сборки колонны ее осматривают визуально. Основное внимание обращается на следующие моменты: гайки фланцевых соединений должны быть с одной стороны; выступающая над гайкой часть болта должна быть не менее одной нитки резьбы и не более трех. Болтовые соединения должны быть промазаны графитовой смазкой.

Ремонт колонны заканчивается ее испытанием на герметичность и, если это необходимо, на прочность. При испытании аппарата на герметичность в колонну заливается вода при открытом воздушном штуцере, установленном в верхней крышке колонны. Появление воды в данном штуцере свидетельствует о том, что аппарат заполнен водой полностью. Температура воды во время испытания должна находиться в пределах от 5°C до 40°C. После закрытия воздушки давление в колонне медленно повышается до контрольной величины – 0,125 МПа. Под этим давлением аппарат выдерживают не менее 5 минут. Проводится визуальный осмотр аппарата, а также контроль давления по манометру, установленному на верхней крышке аппарата.

Допускается испытывать аппарат на прочность гидравлически в вертикальном положении. При этом в аппарат заливается вода с температурой от 5°C до 40°C при открытом воздушном штуцере. После закрытия воздушки давление в колонне вручную или с помощью насоса медленно повышается до контрольной величины 0,125 МПа. При использовании механического насоса следует тщательно контролировать скорость повышения давления. При пробном давлении 0,125 МПа аппарат выдерживается не менее 10 минут, затем давление медленно снижается до расчетного – 0,1 МПа и проводится осмотр аппарата с обстукиванием доступных сварных швов молотком. Аппарат считается выдержавшим испытание, если не наблюдалось течи, капель, потения через сварные швы, а после испытания не замечено остаточных деформаций, не обнаружено признаков разрыва.

Обычно гидроиспытанию на прочность аппарат подвергается при истечении срока службы или по требованию инспектирующей организации. Поэтому основным гидравлическим испытанием является испытание на герметичность, проводимое по графику ППР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти. Часть 2. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2001. – 415 с.

2. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Ч.1. Теоретические основы процессов химической технологии. Учебник для вузов. Изд. 2-е. М.: Химия, 1995. – 400 с.

УДК 621.391.883

К. А. Батенков

Академия ФСО России

НОРМИРОВАНИЕ ОТКЛОНЕНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ОСТАТОЧНОГО ЗАТУХАНИЯ АНАЛОГОВЫХ ОКОНЧАНИЙ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Аннотация: В работе указывается, что отклонение величины остаточного затухания от значения, измеренного на частоте 1,02 кГц, должно укладываться в определенные шаблоны. Приведен пример определения соответствия амплитудно-частотной характеристики нормам для каналов, составленных из двух простых, а также для аналоговых и смешанных окончаний, организованных с помощью цифровых систем передач.

Ключевые слова: амплитудно-частотная характеристика, частотное искажение, норма, канал тональной частоты, цифровая система передач.

К. А. Batenkov

RESIDUAL ATTENUATION DEVIATION NORMALIZATION OF INFORMATION TRANSMISSION SYSTEMS ANALOG TERMINALS

Abstracts: The paper indicates that the deviation of the residual attenuation value from the value measured at a frequency of 1.02 kHz should fit into certain patterns. An example is given of determining the compliance of the amplitude-frequency response with the norms for channels composed of two simple ones, as well as for analog and mixed endings organized using digital transmission systems.

Keywords: amplitude-frequency response, frequency distortion, norm, tonal frequency channel, digital transmission system

Амплитудно-частотная характеристика – зависимость остаточного затухания (усиления) от частоты синусоидального сигнала. Обычно затухание, или частотное искажение, представляется в форме логарифмического отношения выходного напряжения $U_{1,02}$ на опорной частоте (номинально 1,02 кГц) к его значению U_f на частоте f [1]

$$\Delta a = 20 \lg \frac{U_{1,02}}{U_f} = a_f - a_{1,02},$$

Предпочтительный уровень входной мощности составляет -10 дБм0 в соответствии с рекомендацией ITU-T O.6 [2].

Отклонение величины остаточного затухания Δa от значения $a_{1,02}$, измеренного на частоте 1,02 кГц, должно укладываться в следующие шаблоны. Для простого и составного канала тональной частоты нормы зависят от количества транзитных каналов тональной частоты (рис. 1) [3, 4]. Для каналов, образованных с помощью цифровых систем передач нормы зависят от типа аналогового или цифрового окончания [1, 5, 6]. Для аналоговых окончаний нормы менее жесткие (рис. 2), чем для смешанных (рис. 3).

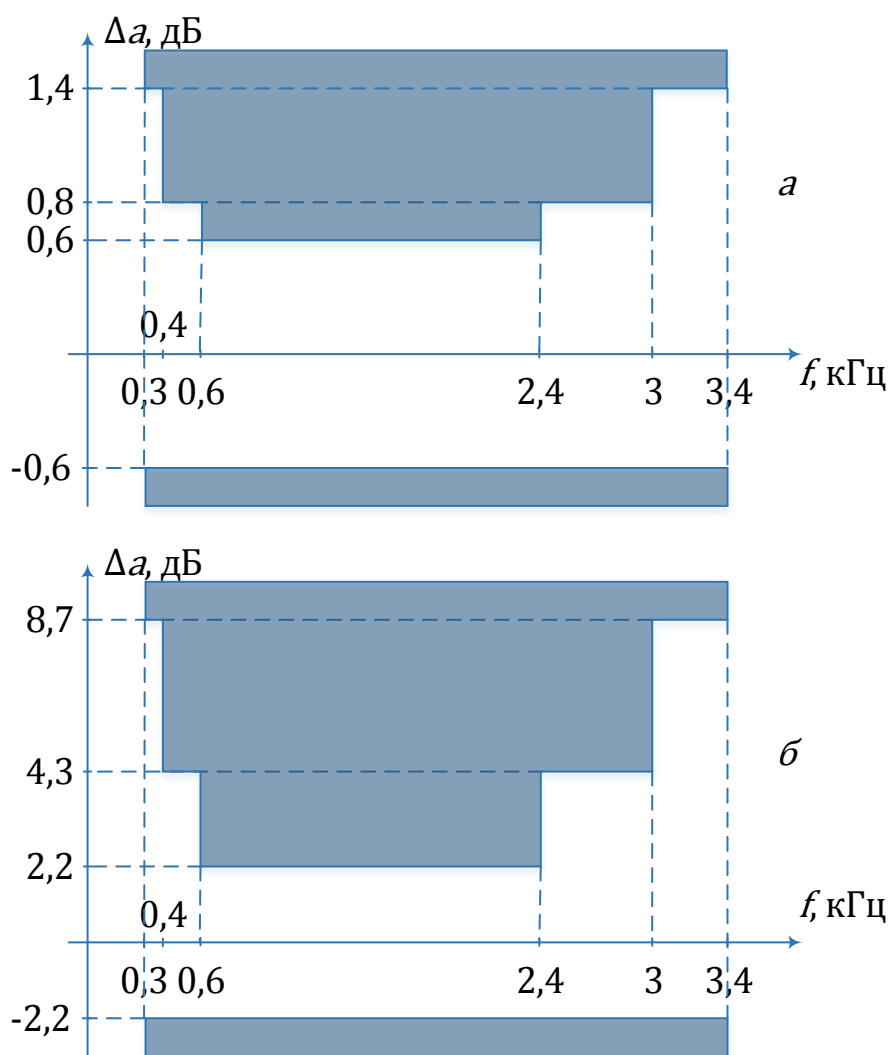


Рис. 1. Нормы на отклонение остаточного затухания Δa для простого канала тональной частоты (а) и составного из двенадцати простых (б)

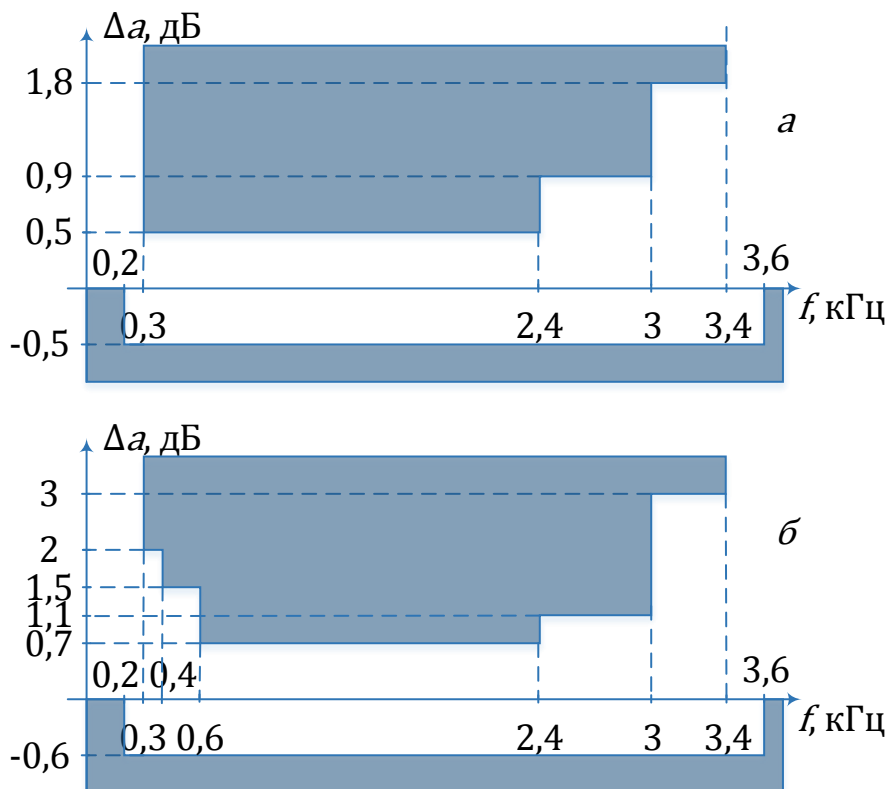


Рис. 2. Нормы на отклонение остаточного затухания Δa для аналоговых четырехпроводных (а) и двухпроводных (б) окончаний

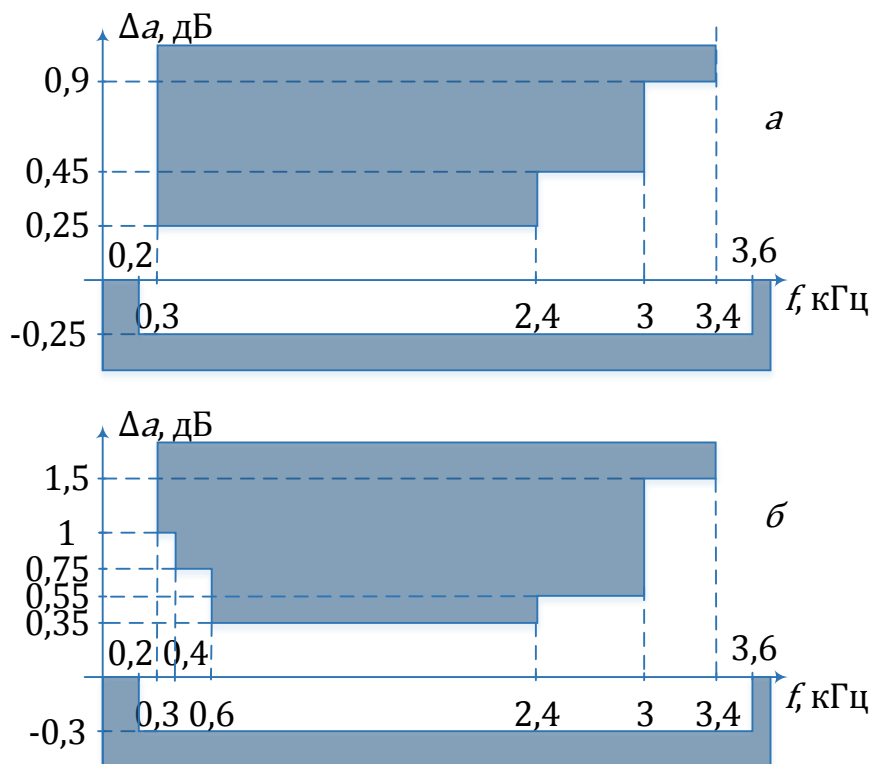


Рис. 3. Нормы на отклонение остаточного затухания Δa для каналов с аналоговым и цифровым четырехпроводными (а) и с аналоговым и цифровым двухпроводными (б) окончаниями

Пример.

При номинальных уровнях на входе четырехпроводного канала на частотах 350 Гц, 1,02 кГц и 3,2 кГц были получены следующие уровни выходного сигнала 3,7 дБо, 4 дБо и 4,7 дБо соответственно.

Определить соответствие амплитудно-частотной характеристики нормам для каналов, составленных из двух простых, а также для аналоговых и смешанных окончаний, организованных с помощью цифровых систем передач.

Дано: $L_{0,35} = 3,7$ дБо, $L_{1,02} = 4$ дБо, $L_{3,2} = 4,7$ дБо, $n = 2$.

Найти: $\Delta a_{0,35}$, $\Delta a_{3,2}$.

Остаточное затухание вычисляется для нормированных уровней ($L_0 = -13$ дБо) на частоте 1,02 кГц

$$a = L_0 - L_{1,02} = -13 - 4 = -17 \text{ дБ.}$$

Остаточное затухание на частоте 350 Гц

$$a_{0,35} = L_0 - L_{0,35} = -13 - 3,7 = -16,7 \text{ дБ.}$$

Отклонение остаточного затухания на частоте 350 Гц

$$\Delta a_{0,35} = a_{0,35} - a = -16,7 - (-17) = 0,3 \text{ дБ.}$$

Остаточное затухание на частоте 3,2 кГц

$$a_{3,2} = L_0 - L_{3,2} = -13 - 4,7 = -17,7 \text{ дБ.}$$

Отклонение остаточного затухания на частоте 3,2 кГц

$$\Delta a_{3,2} = a_{3,2} - a = -17,7 - (-17) = -0,7 \text{ дБ.}$$

Для составного канала ($n = 2$) нормы удовлетворяются: $0,3 < 2,3$, $-0,7 > -0,9$. Для канала с аналоговыми окончаниями (рис. 2, а) нормы не удовлетворяются: $0,3 < 0,5$, $-0,7 < -0,5$, как и для канала со смешанными окончаниями (рис. 3, а): $0,3 > 0,25$, $-0,7 < -0,25$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rec. G.712. Transmission performance characteristics of pulse code modulation channels. – 2001–11. – Geneva : ITU-T, 2001. – 38 p.
2. Rec. 0.6. 1020 Hz reference test frequency. – 1993. – Geneva : ITU-T, 1996. – 3 p.
3. ГОСТ 21655–87. Каналы и тракты магистральное первичной сети единой автоматизированной системы связи. Электрические параметры и методы измерений. – Введ. 1989–01–01. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 106 с.
4. Батенков К. А. Дискретные отображения модели непрерывного канала связи на основе обобщенного ряда Фурье // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 43. С. 12-20.
5. Батенков К. А. Необходимые условия оптимальности операторов модуляции и демодуляции // Многоядерные процессоры, параллельное программирование, ПЛИС, системы обработки сигналов. Сборник статей всероссийской научно-практической конференции. составители: А.В. Калачев, В.В. Белозерских. 2013. С. 58-62.

6. Батенков К. А. Границы вероятности символьной ошибки для канала связи с логнормальными замираниями при использовании предскажений и помехоустойчивого кодирования / Батенков К.А., Гусев В.В., Илюшин М.В., Катков О.Н., Мельников А.А., Стремоухов М.В. // Телекоммуникации. 2018. № 2. С. 45-48.

УДК 621.865.8

С. В. Битков, И. В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПОЖАРОТУШЕНИЯ

Аннотация: в статье представлен краткий обзор роботов и роботизированных платформ, применяемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ. Отражены их отличительные особенности и условия применения.

Ключевые слова: пожар, робот, аварийно-спасательные работы.

S. V. Bitkov, I. V. Saraev

OVERVIEW OF ROBOTIC PLATFORMS FOR FIRE-FIGHTING PURPOSE

Abstract: the article provides a brief overview of robots and robotic platforms used to extinguish fires and carry out emergency rescue operations. Their distinctive features and conditions of use are reflected.

Keywords: fire, robot, emergency rescue.

Робототехника все чаще распространяется и внедряется в нашу жизнь и сферы деятельности. Начиная от самых простых роботов-пылесосов и заканчивая multifunctional роботами для пожаротушения на особо опасных объектах такие как склады с ЛВЖ, ГЖ и взрывоопасными веществами, не только в России, но и во всем мире.

Сегодня разнообразие робототехнических установок насчитывает большое количество, например:

- 1) наземные;
- 2) воздушные;
- 3) морские.

В данной статье будут рассмотрены только наземные робототехнические платформы как российского производства, так и иностранного, применяемые для разведки и тушения объемных пожаров, и предназначенные для проведения аварийно-спасательных работ на данных объектах.

За последнее время робототехнические платформы стали важной частью пожарно-спасательных подразделений нашей страны для ликвидации ЧС. Такие платформы могут предоставлять важную информацию личному составу для ликвидации последствия пожара на опасных объектах в реальном времени, для поиска пострадавших, а также для ликвидации последствий аварий и ЧС природного и техногенного характера.

Не редко при упоминании робототехнических комплексов представляют, что данные комплексы очень большие, имеют различные виды шасси, такие как, гусеничные, либо колесные. Но на самом деле это не так.

Робот Snakebot (рис. 1), разработанный университетом Карнеги-Меллона (Питтсбург, штат Пенсильвания) [1], он представляет собой робота в форме змеи и может быть выполнен в различных размерах. Спектр выполняемых задач, решаемых этим роботом настолько широк, что варьируется от маневрирования вокруг внутренних органов человека (в медицине) до поиска пострадавших в условиях разрушенной инфраструктуры [2].

Робот имеет дистанционное управление и состоит из большого количества элементов (суставов), которые позволяют ему ползать, лазить по обломкам зданий (сооружений) в тех местах, куда стандартная поисковая техника неспособна проникнуть. Для управления данным роботом в головной части установлена камера со светодиодными фонарями и лазерной технологией измерения расстояния, что позволяет спасателям управлять роботом на большом расстоянии, не подвергая себя опасности, работая в завалах и труднодоступных местах.

Далее мы рассмотрим робота под названием Colossus (рис. 2), разработанного компанией SHARK ROBOTICS (Ла-Рошель, Франция) [3] и заявленного как многоцелевого и самого мощного вспомогательного робота для работы в зонах особого риска.



Рис. 1. Робот Snakebot



Рис. 2. Робот Colossus

Данный робот применялся при тушении пожара в соборе Парижской Богоматери во Франции и зарекомендовал себя исключительно с положительной стороны. По данным завода-изготовителя можно выделить следующее:

- 1) производительность по подаче огнетушащих веществ – 50 л/с.;
- 2) грузоподъемность – 500 кг.;

- 3) самый мощный электрический робот в мире;
- 4) стойкость к тепловому излучению (до 900 °С);
- 5) интегрированные отсоединяемые ступицы;
- 6) длительная автономность: до 12 часов в рабочем состоянии;
- 7) модульная конструкция по желанию: многие опции заменяются одним оператором без инструментов менее чем за 30 секунд;
- 8) простота использования: быстрое разворачивание и низкие эксплуатационные расходы.

Данный робот Colossus может быть использован в качестве средства по эвакуации пострадавших, если выполнение задачи связано с риском для жизни людей. В настоящее время он активно использовался для санитарной обработки административных зданий и торговых центров, предотвращая распространение коронавирусной инфекции.

Далее мы рассмотрим робота ЕЛЬ-4 (рис.3) отечественного производства [3], это механизированное устройство, оборудованное **пожарным стволом** или установкой для тушения пожара, используемое для целей локализации возгорания в местах, где присутствие человека невозможно или затруднительно (таблица).

История пожарной робототехники в России начинается с 1984 года. Именно тогда был создан первый автоматизированный комплекс, который стоял на страже сохранности деревянных памятников зодчества, расположенных по всей территории Карелии. В период ликвидации последствий чернобыльской аварии **пожарные роботы** активно использовались для очистки кровли на высоте более 70 метров от радиационных обломков.



Рис.3. Ель-4

Таблица. Технические характеристика робота Ель-4

Показатель	Значение
Масса снаряженная	9,2 т
Масса в сухую	7,2 т
Габаритные размеры с инструментами	3648 × 2000 × 1975 мм
Габаритные размеры без инструментов	3131 × 1983 × 1734 мм
Параметры двигателя	Perkins 1106С-Е60ТА 129,5 кВт
Преодолеваемый подъем на твёрдом сухом грунте с полной нагрузкой	30°
Масса груза переносимого схватом	до 500 кг
Дальность водяной пушки (вода)	70 м

Показатель	Значение
Дальность водяной пушки (пена)	50 м
Расход воды на стволе-мониторе	1200 л/мин
Скорость передвижения	до 10 км/ч
Управление с ПДУ по радиоканалу на открытой местности	до 2000 м
Объем водяного бака	1,4 т воды + 0,5 т пены

В заключении следует указать, что проведенный краткий обзор современных образцов робототехнических платформ раскрывает только определенные виды наземных роботов, применяемых для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ при авариях и ЧС различного характера. В настоящее время наблюдается тенденция разработки более совершенных роботов, способных выполнять целый ряд задач, не останавливаясь только тушением пожаров и поиском пострадавших.

Безусловно, в ближайшем будущем на рынке аварийно-спасательных средств появится целый пласт робототехнических платформ, оснащенных полноценными операционными системами, которые смогут принимать решения, например, по определению наилучшего варианта и тактики тушения пожаров в сложных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 10 Examples of Rescue Robots. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://builtin.com/robotics/rescue-robots> (дата обращения: 31.03.2022).
2. Snake Robots - Modelling, Mechatronics, and Control. Advances in Industrial Control. Springer. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-1-4471-2996-7> (дата обращения: 31.03.2022).
3. ЕЛЬ-4 ФГУ ВНИИПО МЧС России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://pozhproukt.ru/nsis/KatalogPTP/Special/Parts/Raz_8/pict_8/el4.htm (дата обращения: 31.03.2022).

УДК 351.862.001, 614.8.084

А. В. Борисов, И. В. Борисова, В. А. Малышев

Академия гражданской защиты МЧС России

К ВОПРОСУ О КОНТРОЛЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ ПАРКА СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ МЧС РОССИИ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ПРЕДНАЗНАЧЕНИЮ

Аннотация: В статье изложен подход к оценке контроля технической готовности (способности) парка специальной техники аварийно-спасательных формирований МЧС России к выполнению задач по предназначению.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, аварийно-спасательные формирования МЧС России, контроль технической готовности, готовность (способность) к выполнению задач по предназначению, специальная техника.

A. V. Borisov, I. V. Borisova, V. A. Malyshev

ON THE ISSUE OF MONITORING THE TECHNICAL READINESS OF THE FLEET OF SPECIAL EQUIPMENT OF EMERGENCY RESCUE UNITS OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA TO PERFORM TASKS FOR THEIR INTENDED PURPOSE

Abstract: The article describes an approach to assessing the control of the technical readiness (ability) of the fleet of special equipment of emergency rescue units of the Ministry of Emergency Situations of Russia to perform tasks for their intended purpose.

Keywords: emergency situation, emergency rescue formations of the Ministry of Emergency Situations of Russia, control of technical readiness, readiness (ability) to perform tasks for their intended purpose, special equipment.

Рассматривая организацию МЧС России, следует отметить, что для проведения поисково-спасательных работ в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного и техногенного характера применяются поисково-спасательные формирования (ПСФ), основные задачи которых состоят в контроле за состоянием и готовностью обслуживаемых объектов и территорий к проведению на них работ по ликвидации ЧС, а также организации и проведению поисково-спасательных работ [1].

Выполнение ПСФ МЧС России задач по своему предназначению связано с использованием наземных мобильных технических средств, к которым следует отнести образцы специальной техники, предназначенной для проведения поисковых и аварийно-спасательных работ при ЧС [2]:

аварийно-спасательные машины;
пожарные автомобили;
специальные автомобили;
техника РХБЗ;
средства инженерного вооружения;
подвижные средства технического обслуживания и ремонта;
техника связи;
технические средства службы горючего.

Принято считать, что готовность ПСФ формирования к использованию по назначению должна оцениваться показателями (критериями), в качестве которых, одними из основных, являются: обеспеченность ПСФ техникой и ее состояние. При этом состояние техники определяется нормированным значением коэффициента технической готовности (КТГ).

Следует заметить, что показатель «обеспеченность техникой» характеризует количественный уровень соответствия имеющихся образцов техники их потребному (нормированному или штатному) количеству. Нормы материально-технического обеспечения ПСФ МЧС России утверждены приказом Министра МЧС от 26.01.2021 № 30 [4].

Указанный показатель рассчитывается как отношение количества образцов техники, имеющихся в наличии, к их потребному количеству в соответствии с установленными нормами материально-технического обеспечения ПСФ МЧС России [6]:

$$P_{j\text{вид}} = \frac{N_{j\text{тех}}}{N_{j\text{штат}}} \times 100\% \quad (1)$$

где j - номер вида образца техники;

$N_{j\text{тех}}$ - фактическое количество образцов техники в ПСФ МЧС России для j -го вида образца техники;

$N_{j\text{штат}}$ – количество образцов специальной техники j -го вида по штату.

Сводный показатель «обеспеченность техникой» за все формирование можно рассчитать по следующей зависимости:

$$P = \sum_{i=1}^M \frac{P_{j\text{вид}}}{M} \quad (2)$$

где M — общая численность видов техники в ПСФ МЧС России

Аналогичным образом рассчитывается и обеспеченность ПСФ МЧС России исправными образцами (относящимися к I – II категориям по техническому состоянию) специальной техники.

Принимая во внимание, что основную часть парка техники ПСФ МЧС России составляют автомобили соответствующего назначения, а также образцы, смонтированные на автомобильном базовом шасси, то для оценки состояния парка специальной техники можно применить показатель КТГ, определяе-

мый отношением количества исправных и работоспособных мобильных технических средств к их списочному составу ($N_{сп}$) [7]:

$$КТГ = \frac{N_{испр}}{N_{сп}}, \quad (3)$$

где $N_{испр}$ – количество исправных и работоспособных образцов специальной техники, относящихся по своему техническому состоянию к I и II категориям.

Очевидно, обеспечение значения сводного по видам техники КТГ не менее 0,85 требует проведения работ по восстановлению работоспособного состояния образцов техники, относящихся по своему техническому состоянию прежде всего к III категории (техника неисправная, по своему техническому состоянию требующая текущего ремонта или среднего ремонта).

Рассмотрим готовность ПСФ к использованию по назначению на основе штатной структуры типового поисково-спасательного отряда (ПСО), оснащенность которого специальной техникой для проведения аварийно-спасательных работ по видам и качественному составу техники приведены на рисунках 1-4.

На основе изучения состава типового ПСО определено, что технические средства, смонтированные на автомобильной базе, составляют 145 единиц (78% от штатной численности).

Из них некомплект автомобильной техники составляет 17 ед., а укомплектованность техникой РХБЗ и средств инженерного вооружения составляет 50%.

Наглядное распределение специальной техники по видам представлено на рисунке 1.

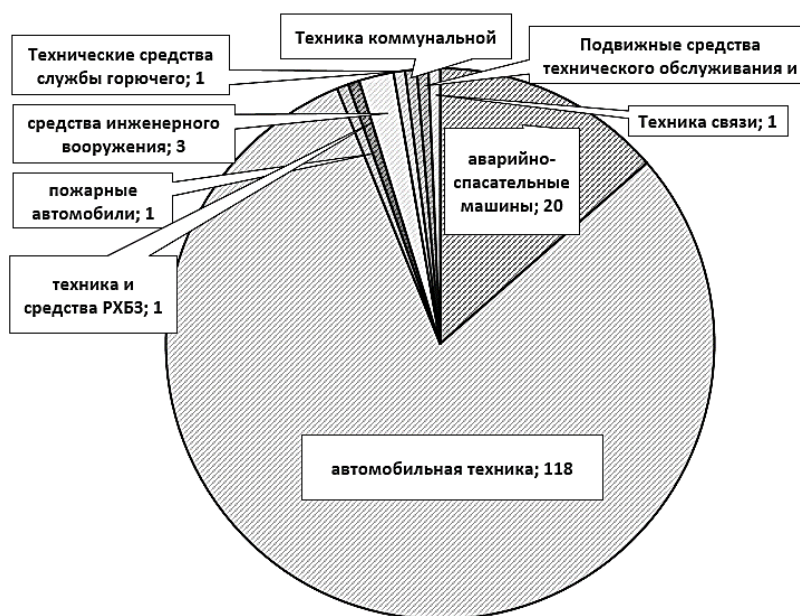


Рис. 1. Диаграмма распределения специальной техники по видам

Из диаграммы следует, что основную долю специальной техники ПСО составляют автомобильная техника – 81%, и аварийно-спасательные машины – 14%.

Результаты анализ распределения техники типового ПСО по срокам службы представленные в виде диаграммы (рисунок 2) показывают, что 54 % образцов специальной техники имеют сроки службы с даты выпуска (изготовления) до 5 лет, 30 % специальной техники имеют сроки службы от 6 до 11 лет, при этом 6 % находятся в эксплуатации свыше 21 года.

Анализ качественного состояния имеющейся на оснащении типового ПСО специальной техники показывает, что в зависимости от технического состояния, в соответствии с [5] ее образцы относятся к различным категориям по техническому состоянию, а именно:

92 % - относятся к I-II категориям, являются исправными (работоспособными);

1 % - относится к III категории, являются неисправными, требуют текущего или среднего ремонта;

3 % - относятся к IV категории, являются неисправными, требуют капитального ремонта;

4 % - относятся к V категории, требуют реализации или списания.

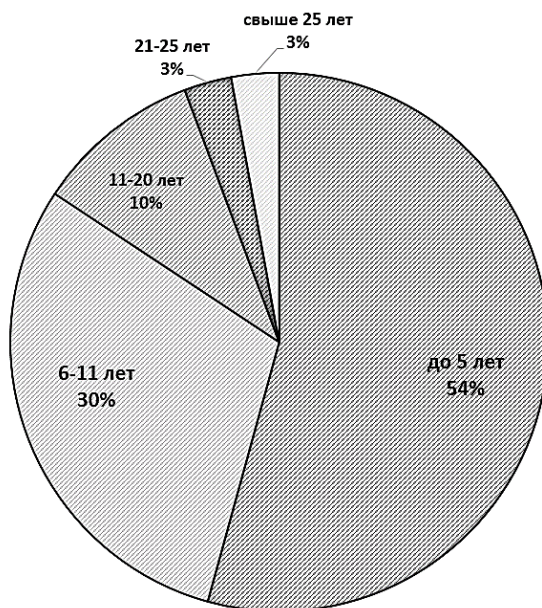


Рис. 2. Диаграмма распределения специальной техники по срокам службы

Распределение мобильных технических средств по категориям и техническому состоянию в зависимости от технического состояния представлено на рисунке 3.

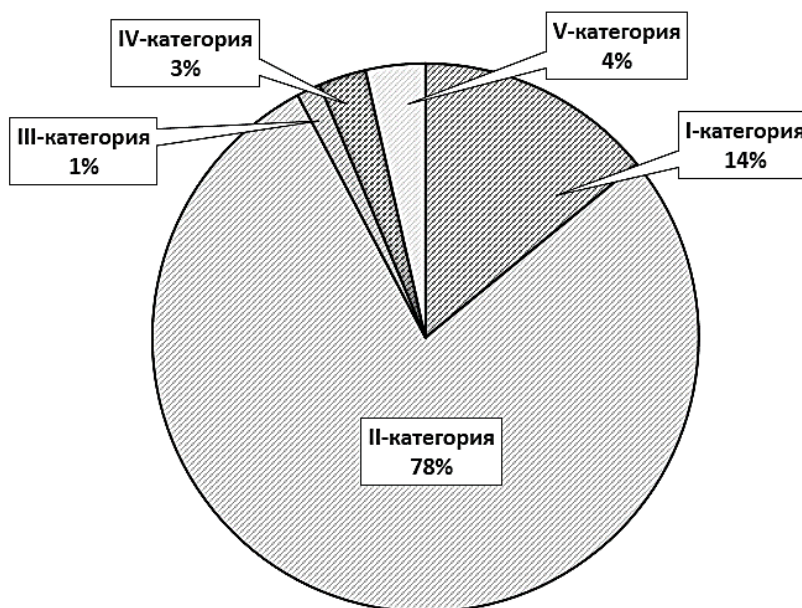


Рис. 3. Качественный состав специальной техники в зависимости от категории по техническому состоянию

Проведенный анализ сведений об обеспеченности типового ПСО специальной наземной техникой, предназначенной для проведения поисковых и аварийно-спасательных работ при чрезвычайных ситуациях, позволяет провести расчетные оценки обеспеченности ПСО рассматриваемыми видами специальной техникой и уровня ее технической готовности.

В соответствии с представленными данными к I и II категориям относится 133 единицы специальной техники.

Подставляя, имеющиеся данные в расчетную формулу получаем:

$$\text{КТГ} = \frac{133}{145} = 0,92;$$

При этом значение КТГ в соответствии [7] на оценку «удовлетворительно» установлено не менее 0,85.

Высокое значение КТГ специальной техники типового ПСО МЧС России объясняется преобладающим количеством в её составе автомобильной техники и аварийно-спасательных машин со сроком эксплуатации до 10 лет и относящихся к I – II категории по техническому состоянию. Однако, учитывая одно из основных требований к организации эксплуатации специальной техники ПСФ заключающееся в том, что техника может применяться только по своему функциональному назначению, оценку КТГ техники ПСО следует определять по формуле:

$$\text{КТГ} = \sum_{i=1}^M \frac{\text{КТГ}_{j\text{вид}}}{M} \quad (4)$$

где $KTT_{j\text{вид}}$ – коэффициент технической готовности специальной техники j-го вида;

M – общая численность видов техники в ПСФ МЧС России

Результаты определения КТГ с учетом функционального назначения специальной техники соответствующего вида приведены в таблице.

Таблица. Определение сводного по видам специальной техники КТГ

№ п/п	Вид техники	Ед. изм	Наличие техники		Значение КТГ
			Всего (списочный состав)	Исправная техника (I-II категории по техническому состоянию)	
1.	Аварийно-спасательные машины	шт	20	19	0,95
2.	Автомобильная техника	шт	118	109	0,92
3.	Пожарные автомобили	шт	1	1	1
4.	Техника РХБЗ	шт	1	-	0
5.	Средства инженерного вооружения	шт	3	2	0,67
6.	Технические средства службы горючего	шт	0	-	0
7.	Техника коммунальной службы	шт	1	1	1
8.	Подвижные средства технического обслуживания и ремонта	шт	0	-	0
9.	Техника связи	шт	1	1	1
Значение сводного значения КТГ по видам техники					0,62

Таким образом, для обеспечения значения сводного по видам техники КТГ не менее 0,85 требуется провести работы по восстановлению работоспособного состояния образцов техники РХБЗ и средств инженерного вооружения, а также обеспечить оснащение типового ПСО МЧС России исправными техническими средствами службы горючего и подвижными средствами технического обслуживания и ремонта.

Следует отметить, что во исполнение майских указов Президента Российской Федерации и поручений Правительства Российской Федерации в системе МЧС России ведется активная работа, направленная на планомерное оснащение реагирующих подразделений МЧС России современными высокоэффективными образцами вооружения, военной и специальной техники и поддержание их в постоянной готовности к применению по назначению.

На Коллегии МЧС в феврале 2022 года Президентом Российской Федерации была поставлена задача по повышению уровня реагирования и оснащение формирований МЧС России техникой, способной перемещаться в особо тяжелых дорожных и климатических условиях. Президент Российской Федерации потребовал сокращения сроков прибытия спасателей в зоны чрезвычайных ситуаций, в том числе и в труднодоступные места с преодолением водных преград и доведения количества новой техники в министерстве до 81% к 2030 году.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поисково-спасательные и аварийно-спасательные формирования. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/uchrezhdeniya-mchs-rossii/spasatelnye-podrazdeleniya/poiskovo-spasatelnye-i-avariyno-spasatelnye-formirovaniya/> (дата обращения 25.02.2022).
2. ГОСТ Р 22.9.22 – 2014. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Аварийно-спасательные средства. Классификация. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200110375/> (дата обращения 25.02.2022).
3. Приказ МЧС России от 17 июня 2020 г. № 444 «Об организации проведения оценки деятельности территориальных органов МЧС России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573038204> (дата обращения 25.02.2022).
4. Приказ МЧС России от 26 января 2021 г. № 30 «Об утверждении норм материально-технического обеспечения поисково-спасательных формирований Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573038204> (дата обращения 25.02.2022).
5. Приказ МЧС России от 01 октября 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]. – Режим доступа: <https://sudact.ru/law/prikaz-mchs-rossii-ot-01102020-n-737/> (дата обращения 25.02.2022).
6. Методика расчета оснащенности спасательных воинских формирований МЧС России современными образцами вооружения, военной и специальной техники, утвержденная Заместителем Министра МЧС Н.Н. Гречушкиным 18 января 2021г. № 2-4-71-1-7
7. Приказ МЧС России от 15 октября 1997 г. № 614 «Об утверждении Инструкции по проверке и оценке состояния вооружения и техники в соединениях, воинских частях гражданской обороны, подведомственных МЧС России учреждениях и предприятиях». – М., 1997. – 66 с.

УДК 62-762.89

А. М. Власов, Ю. Б. Казаков

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

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГЕРМЕТИЗАЦИИ ВЫХОДНОГО ВАЛА ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Аннотация: Повышение надежности герметизации валов электродвигателей, работающих в ненормальных и нестационарных режимах, при изменении частоты вращения и удерживаемого перепада давления может обеспечить электротехническая система регулируемого магнитожидкостного уплотнения.

Ключевые слова: электротехническая система, магнитная жидкость, регулируемое уплотнение вала.

A. M. Vlasov, Yu. B. Kazakov

IMPROVING THE RELIABILITY OF SEALING THE OUTPUT SHAFT OF FREQUENCY-CONTROLLED ELECTRIC MOTORS

Abstract: Improving the reliability of sealing the shafts of electric motors operating in nonnominal and nonstationary modes, when changing the frequency of rotation and held differential pressure can provide an electrical system of adjustable magneto-fluid seal.

Keywords: electrotechnical system, magnetic fluid, adjustable shaft seal.

При работе электродвигателей (ЭД) при повышенной влажности, запыленности, необходимости изолирования химически и биологически активных газов, паров, исключения загрязнения внутренних частей электродвигателя и/или окружающей среды, производственных помещений актуальна надежная герметизация (уплотнение) выходного вращающегося вала ЭД. Для этих условий эффективно применять магнитожидкостные уплотнения (МЖУ) [1]. Магнитная жидкость (МЖ) помещается в зазор между вращающимся валом ЭД и неподвижными полюсами МЖУ, смачивает их и удерживается магнитным полем. МЖУ эффективнее контактных уплотнений (манжетных, сальниковых, лабиринтных) так как обеспечивают абсолютную герметичность, низкие потери на трение, повышенную долговечность, отсутствие износа вала. МЖУ могут работать при знакопеременных давлениях и вибрационных воздействиях, способны выталкивать попадающие в МЖ немагнитные частицы пыли и влаги, самовосстанавливаться после пробоа.

В частотно-регулируемых электродвигателях в зависимости от изменения режима работы установки в целях согласования с нагрузочной характеристикой обеспечивается регулирование частоты вращения и вращающего момента электродвигателя [2], это позволяет добиваться повышения эффективности работы установок. При работе от преобразователя частоты эти двигатели могут рабо-

тать в двух диапазонах регулирования частоты вращения. Применяемые МЖУ в этих электродвигателях рассчитаны на работу в установившихся режимах, а работа уплотнения в ненормальных и нестационарных режимах ЭД (при изменении частоты вращения, останове, с изменяемым перепадом давления, в ненормальных температурных условиях) не учитывается.

Таким образом в частотно-регулируемых электродвигателях, для повышения надежности герметизации работающих в различных режимах и условиях, в широком диапазоне внешних воздействий при регулировании частоты вращения вала, изменяемом перепаде давления, повышенном температурном диапазоне целесообразны к применению герметизаторы с возможностью регулирования степени герметизации с изменением условий работы.

Настройка свойств МЖУ может выполняться регулированием магнитного потока (Φ) - чем больше перепад давления (Δp), тем больший должен быть Φ . При останове ЭД или отсутствии Δp целесообразно снижение Φ так, чтобы только обеспечивать удержание МЖ в МЖУ. При вращении вала на МЖ действуют центробежные силы, стремящиеся оторвать ее от вала, нарушить герметизацию. При увеличении частоты вращения (n) ЭД нужно увеличивать Φ для возрастания магнитной силы, удерживающей МЖ в зазоре МЖУ. В то же время возрастание Φ увеличивает вязкость МЖ, возрастание n увеличивает скорость сдвига слоев МЖ. Оба эти фактора повышают вязкостные (диссипационные) потери в МЖ и ее разогрев. При достижении предельной температуры (T) МЖ теряет свойства герметизации. С ростом T вязкость МЖ снижается, уменьшаются вязкостные потери и собственный момент трения (МТР). Поэтому на вязкость МЖ, МТР и T МЖ нелинейно влияют n , T окружающей среды и Φ . Так для одного из МЖГ [3] при увеличении n в 5,21 раза (с 556 до 2897 об/мин) температуры МЖ повысилась в 2 раза, а МТР в 2,2 раза. При повышении температуры на 50 °С МТР снижался до 3 раз.

С целью повышения надежности герметизации вала частотно-регулируемых ЭД при изменении n и Δp , недопущения предельной температуры МЖ разработана электротехническая система регулируемого МЖУ с изменяемым Φ (Рис 1) [4].

МЖГ содержит: корпус 1 из немагнитного материала; небольшой постоянный магнит 2, создающий магнитный поток Φ_1 необходимый только для удержания МЖ в условиях покоя; два полюсных наконечника 3 и 4 из магнитопроводящего материала, образующие с валом 6 уплотняемые зазоры 5, заполненные МЖ; датчик температуры 13 для контроля предельно допустимой T МЖ; две кольцевые обмотки возбуждения (каждая состоящая из двух катушек 7,8 и 9,10) в корпусах из магнитопроводящего материала 11 и 12, соединенные одна с датчиком давления, другая с датчиком частоты вращения вала, с изменяемыми токами и создающие магнитные потоки Φ_2 и Φ_3 для регулирования результирующего Φ в МЖУ в зависимости от n и требуемого Δp .

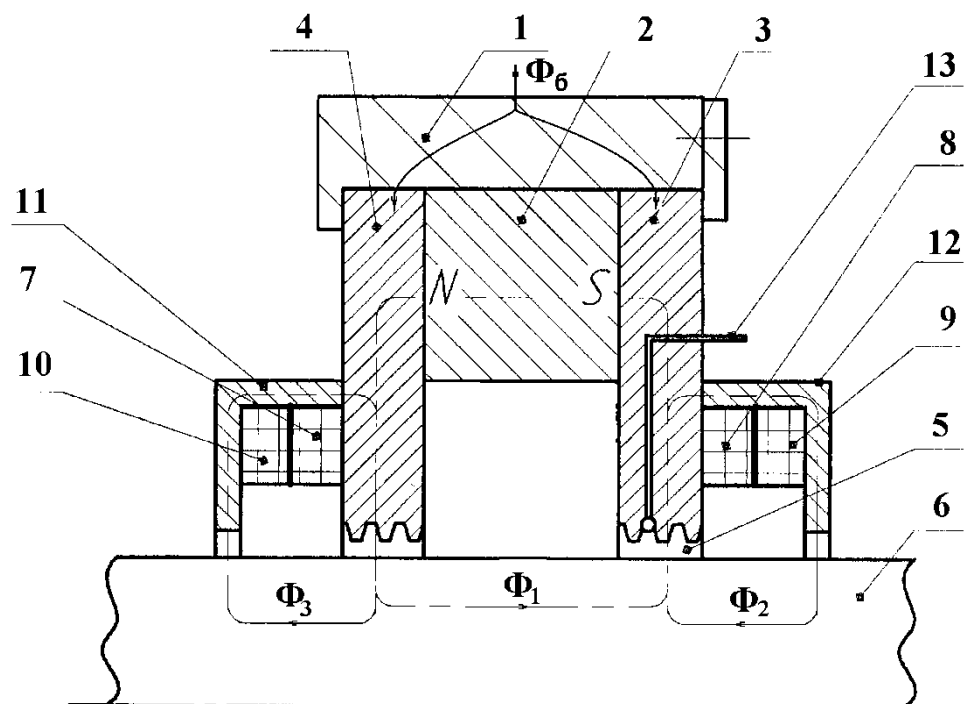


Рис. 1. МЖГ выходного вала электродвигателя

В электродвигателях с повышенной степенью герметизации, например взрывозащищенных, подшипниковые щиты в целях повышения прочности выполняют стальными, что сопровождается их хорошими магнитопроводящими свойствами. Торцевой магнитный поток рассеяния (Φ_6) от токов в лобовых частях обмоток статора и ротора ЭД будет замыкаться по подшипниковому щиту, валу, проникать в МЖУ и влиять на свойства МЖУ. Φ_6 зависит от нагрузки ЭД – чем больше нагрузка (ток) ЭД, тем больше Φ_6 и сильнее его влияние на свойства МЖУ. Кроме того, торцевой Φ_6 в ЭД переменного тока вращается с синхронной частотой и, проникая в МЖУ, воздействует на МЖ, увлекая ее за собой, что уменьшает МТР.

Разработана программа управления регулируемого МЖУ при изменении частоты вращения и перепада давления [5], которая в зависимости от сигналов, поступающих с датчиков n и Δp , через систему управления изменяет Φ в МЖУ путем регулирования токов в катушках 7,8 и 9,10. При увеличении частоты вращения программа увеличивает ток в катушках 7 и 8, возрастает Φ , увеличивается магнитная сила, удерживающая МЖ в МЖУ. При увеличении перепада давления программа увеличивает ток в катушках 9 и 10, возрастает Φ , увеличивается удерживающая способность МЖУ. И наоборот. Возрастание n и Φ приводит к повышению T МЖ. По сигналу с датчика 13 о предельной T МЖ программа выдает сообщение о недопустимости дальнейшей работы МЖУ. Это обеспечивает защиту МЖ от вскипания, расслоения, увеличивает ресурс работы МЖУ, исключает аварийные ситуации.

Применение такой системы обеспечивает плавное регулирование магнитной индукции в зазоре МЖГ и позволяет производить настройку МЖГ в зависимости от условий эксплуатации: для режимов останова, кратковременного или продолжительного режимов работы, с учетом критического удерживаемого перепада давления, предельной частоты вращения вала электродвигателя и температуры МЖ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герметизаторы на основе нанодисперсных магнитных жидкостей и их моделирование / Ю.Б. Казаков и др. // Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина – Иваново, 2010. – 184 с.
2. Анучин, А.С. Системы управления электроприводов. Учебник для вузов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 373 с.
3. Власов А.М., Казаков Ю.Б., Полетаев В.А. Влияние конструктивных и режимных параметров на эксплуатационные показатели магнитожидкостных герметизаторов валов электродвигателей // Вестник ИГЭУ. 2019. №5.- С.40-47.
4. Патент на изобретение RU №2721400 С1. Магнитожидкостное уплотнение вала электродвигателя / Власов А.М., Казаков Ю.Б., Полетаев В.А. / Заявка №2019133087 от 16.10.2019. Опубл. в Б.И. №14 от 19.05.2020.
5. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2020667630 «Программа управления магнитожидкостной герметизацией валов частотно-регулируемых электродвигателей с изменяемым удерживаемым перепадом давления» / Власов А.М., Казаков Ю.Б., Нестеров С.А. // ИГЭУ. - Зарегистрировано 25.12.2020 г. Бюл. № 1.

УДК 623.355.6

В. С. Воловиков, А. А. Бурлаков

ФГК ВОУ ВО «Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного» МО РФ

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИКИ СВЯЗИ И АСУ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ В ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация: Обеспечение требуемой надежности современных технических систем, эксплуатирующихся в особых условиях.

Ключевые слова: надежность техники связи и АСУ, мониторинг качества техники связи и АСУ, выполнение специальных задач.

V. S. Volovikov, A. A. Burlakov

ENSURING THE RELIABILITY OF COMMUNICATION EQUIPMENT AND SPECIAL PURPOSE AUTOMATED CONTROL SYSTEMS OPERATED IN SPECIAL CONDITIONS

Abstracts: Ensuring the required reliability of modern technical systems operating in special conditions.

Keywords: reliability of communication equipment and automated control systems, monitoring the quality of communication equipment and automated control systems, performing special tasks.

Обеспечение требуемой надежности современных технических систем, эксплуатирующихся в особых условиях, является сложной задачей. Трудности в реализации работы органов управления техническим обеспечением связи и АСУ (ТОС и АСУ) обусловлены:

регламентацией выполнения мероприятий ТОС и АСУ;

обеспечением постоянного мониторинга технического состояния техники связи и АСУ;

регламентацией взаимоотношений между органами ТОС и АСУ (исполнителями и лицами, принимающими решения);

своевременным получением информации о повреждениях, отказах, выявленном браке техники связи и АСУ, оперативном реагировании и планировании соответствующих мероприятий по обеспечению их качества;

применением техники связи и АСУ на разобщенных направлениях;

высокой динамикой решаемых задач;

частым развертыванием (свертыванием) и перемещением мобильных инфокоммуникационных комплексов (ИКК);

наличием большого количества образцов, круглосуточно задействованных для организации связи.

сложными физико-географическими и климатическими условиями;

превышением установленных годовых норм расхода ресурса.

Широкое использование ИКК и станций спутниковой связи (ССС) при решении специальных задач предопределило рассмотрение условий их эксплуатации.

Анализ статистических данных, опыт эксплуатации техники связи и АСУ позволяют сделать вывод, что образцы ИКК и станций спутниковой связи, применяемые по назначению более 5 лет, находятся в зоне риска – на интервале старения и износа, характеризующимися увеличенным параметром потока отказов.

Анализ документов учета эксплуатации техники связи и АСУ позволил определить наиболее часто выявляемые дефекты, фактически установленные дефекты, характер выявленных дефектов, установленные причины дефектов, условия эксплуатации техники связи и АСУ.

Надежность техники связи и АСУ неразрывно связана с эксплуатационными способами ее обеспечения и накладываемыми на них ограничениями, которые выражены требованиями [1]:

к системе технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) по видам, периодичности, объемам ТО и Р, основным способам восстановления работоспособности техники связи и АСУ;

к средствам материально-технического обеспечения ТО и Р по уровню стандартизации и унификации, по допустимым объёму и массе комплектов оборудования;

по составу, размещению, системе пополнения и расходования запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП);

по численности и квалификации персонала, обслуживающего и ремонтирующего изделия.

Сохраняя все свои задачи и виды, техническое обслуживание техники связи и АСУ в условиях решения специальных задач имеет следующие особенности:

значительно сокращается объём выполняемых работ в зависимости от имеющегося ресурса времени. Большинство образцов техники связи и АСУ работает непрерывно на длительном интервале времени (круглосуточно), техническое обслуживание изделий проводится с нарушением установленной периодичности и объема;

в местах применения техники связи и АСУ зачастую отсутствует эксплуатационная документация на образцы, что приводит к несоблюдению технологии проведения технического обслуживания;

недостаточно эффективное функционирование системы контроля и мониторинга технического состояния образцов.

Характеристики системы технического обслуживания:

метод технической эксплуатации – техническая эксплуатация по состоянию;

способ технической эксплуатации – техническая эксплуатация до отказа;

стратегия технического обслуживания – техническое обслуживание по наработке.

Ремонт вооружения и военной техники является основным источником восполнения потерь в ходе выполнения специальных задач. Особенности ремонта техники связи и АСУ являются:

в зоне выполнения специальных задач – ремонтными органами формирования связи, силами выездных ремонтных бригад (ВРБ) предприятий промышленности, а также личным составом экипажей станций, аппаратных, комплек-

сов связи в том числе с привлечением специалистов круглосуточной технической поддержки;

вне зоны выполнения специальных задач – предприятиями промышленности в рамках государственных контрактов и гарантийных обязательств; ремонт производится индивидуальным и агрегатным методами ремонта.

Организационные потери в процессе ремонта и технического обслуживания связаны с удаленностью образцов техники связи и АСУ от источников пополнения запасами, реализацией стратегии управления запасами с пополнением по нулевому уровню.

Характеристика системы снабжения ЗИП представлена на рисунке 1.

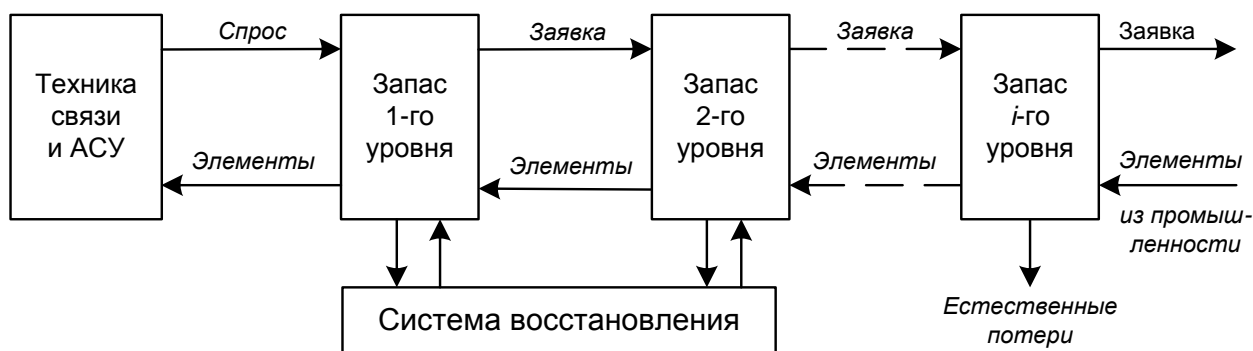


Рис. 1. Модель совмещённой системы снабжения ЗИП

Основными направлениями развития системы ТОС и АСУ в рамках обеспечения надежности техники связи и АСУ являются:

реализация принципов суточного планирования при организации соответствующих мероприятий;

совершенствование преемственности в работе должностных лиц (обобщение опыта работы, внедрение положительных результатов решения задач ТОС и АСУ в повседневной деятельности и в условиях выполнения специальных задач);

сосредоточение основных усилий – качественное выполнение технического обслуживания и ремонта мобильных ИКК и ССС. Практически каждый образец данных номенклатур имеет резерв, имеется возможность перераспределять ресурс между изделиями и переводить действующие связи на резервные комплекты;

реализация стратегии управления запасами с прогнозированием спроса;

реализация процесса постоянного контроля технического состояния техники связи и АСУ, выполнения мероприятий технического обслуживания и ремонта, а также полноценного обмена обобщенной и достоверной информацией;

организация органами управления ТОС и АСУ во взаимодействии с предприятиями промышленности, научно-исследовательскими организациями и эксплуатирующим персоналом экспериментальных испытаний на надёжность техники связи и АСУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чихачёв А.В., Заяц С.В., Дорошенко Г.П., Бурлаков А.А., Шашкина Н.Е. Система вооружения и военной техники: Учебник. – СПб.: ВАС, 2015. – 316 с.

УДК 621.926.8

С. В. Воробьев, В. Н. Блиничев

Ивановский государственный химико-технологический университет

РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ СТРУЙНОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ С ПСЕВДООЖИЖЕННЫМ СЛОЕМ ПРИ ИЗБИРАТЕЛЬНОМ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ ПОЛИКОМПОНЕНТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: Статья посвящена проблеме избирательного измельчения поликомпонентных материалов. Описан процесс избирательного измельчения в струйной мельнице с псевдоожигенным слоем. Представлен расчет производительности аппарата по тонкодисперсному продукту. Представлен состав продукта избирательного измельчения апатит-нефелиновой руды в струйном измельчителе с псевдоожигенным слоем.

Ключевые слова: избирательное измельчение, струйная мельница, поликомпонентный материал, рудоподготовка, сухое обогащение, апатит-нефелиновая руда.

S. V. Vorobev, V. N. Blinichev

CALCULATION OF THE PERFORMANCE OF A JET MILL WITH A FLUIDIZED BED IN SELECTIVE GRINDING OF POLYCOMPONENT MATERIALS

Abstracts: The article is devoted to the problem of selective grinding of polycomponent materials. The process of selective grinding in a jet wall with a fluidized bed is described. Proposal for calculating the productivity of the apparatus for a finely dispersed product. The composition of the product of selective grinding of apatite-nepheline ore in a jet grinder with a fluidized bed is presented.

Keywords: selective grinding, jet mill, polycomponent material, ore preparation, dry beneficiation, apatite-nepheline ore.

Введение

Отличительной особенностью сырьевой базы России является то, что главный источник фосфора в стране – это апатит-нефелиновые руды, 99,5 % которых добывается на территориях Кольского полуострова. Основными проблемами данных месторождений являются: сокращение запасов и переход на подземный способ отработки, что приводит к росту себестоимости добычи [1].

С целью оптимизации структуры отрасли в настоящее время к эксплуатации подготавливаются дополнительные месторождения, в том числе в районах с повышенными экологическими ограничениями, где невозможно использовать существующую технологию флотационного обогащения.

Таким образом, обеднение и ухудшение качества руд в совокупности с ростом потребления фосфорных удобрений стимулируют применение все более экологичных схем рудоподготовки и обогащения, разработку новых видов оборудования [2].

Целью данного исследования является разработка струйного измельчителя с псевдооживленным слоем, позволяющего проводить процесс избирательного измельчения наименее прочных целевых компонентов из смеси разнопрочных компонентов на примере апатит-нефелиновой руды Хибинского месторождения.

Методика эксперимента

Процесс избирательного измельчения многокомпонентной смеси на примере частиц апатит-нефелиновой руды Хибинского месторождения был апробирован в лабораториях Ивановского государственного химико-технологического университета.

С целью интенсификации разрушения поликомпонентной апатит-нефелиновой руды по границам связи отдельных компонентов в образцах размерами от 50 до 150 мм создавали термические напряжения растяжения [3]. Далее их ударно измельчали в лабораторной ударно-молотковой дробилке до размеров менее 12 мм и все продукты грубого измельчения направляли в струйный измельчитель с псевдооживленным слоем для получения тонкодисперсных продуктов с размерами менее 200 мкм.

При этом в струйном измельчителе устанавливали оптимальную скорость соударения частиц для измельчаемого наименее прочного целевого компонента (апатита), равную критической скорости его разрушения [4]. Достаточная критическая скорость столкновения частиц достигалась путем их разгона в потоке энергоносителя, истекающего из сопел. Скорость движения частиц в струйном потоке рассчитывалась по дискретной математической модели [5].

Результаты и их обсуждение

Измельчение частиц поликомпонентной смеси в струйном измельчителе с псевдооживленным слоем происходит за счет совмещения двух методов разрушения частиц. Первым из них является ударное разрушение частиц по-

ликомпонентной смеси в ядре столкновения (рис. 1, II) противоточных турбулентных струй (рис. 1, I), в ходе которого происходит «дораскрытие» поликомпонентных частиц по границам раздела и образование основной массы тонкодисперсного продукта. Вторым методом является истирания «раскрытых» компонентов в малоинтенсивном псевдооживленном слое (рис. 1, III). Измельченные тонкодисперсный продукт, содержащий преимущественно наименее прочный целевой компонент, увлекается потоком энергоносителя в зону классификации (рис. 1, IV), с последующим выносом продуктов измельчения заданной дисперсности в пылеуловитель. Наиболее прочные частицы, содержащие преимущественно пустую породу, выгружаются через штуцер, находящийся в нижней части аппарата.

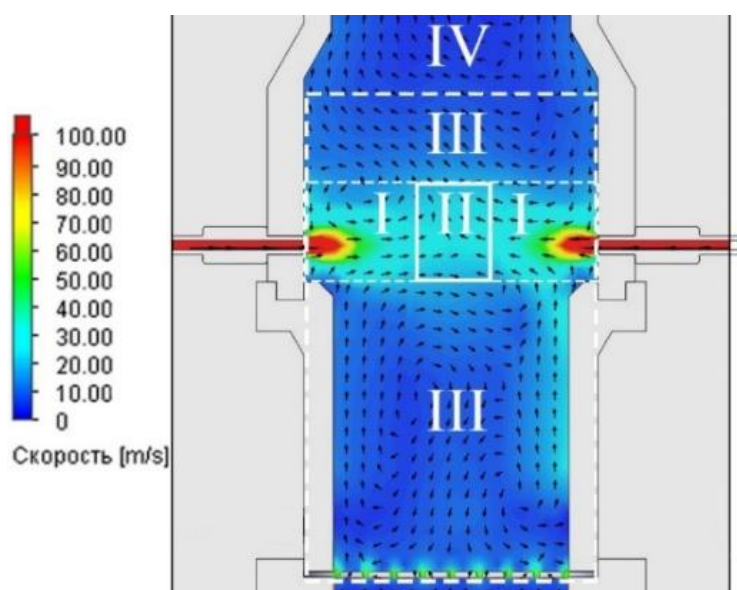


Рис. 1. Результаты виртуального моделирования распределения поля скоростей энергоносителя в струйном измельчителе с псевдооживленным слоем, полученные методом конечного объема (FVM) в программе Solidworks Flow Simulations:
 I - двухфазная струя, II - ядро столкновения, III - зона псевдооживленного слоя,
 IV - зона классификации

В общем виде производительность струйного измельчителя с псевдооживленным слоем по тонкодисперсному продукту $G_{т.п.}$ состоит из двух составляющих:

$$G_{т.п.} = G_{стр} + G_{п.с.} \quad (1)$$

где $G_{стр}$ - производительность аппарата по тонкодисперсному продукту, образовавшемуся при измельчении частиц в противоточных струях, кг/с; $G_{п.с.}$ - производительность аппарата по тонкодисперсному продукту, образовавшемуся при истирании частиц в псевдооживленном слое, кг/с.

Производительность аппарата по тонкодисперсному продукту, образовавшемуся при измельчении частиц в противоточных струях $G_{стр}$ зависит от числа циклов нагружения $n_{ц}$:

$$G_{стр} = G_{стр1} n_{ц}, \quad (2)$$

где $G_{стр1}$ - производительность аппарата по тонкодисперсному продукту, образовавшемуся при измельчении частиц в противоточных струях при однократном столкновении, кг/с; $n_{ц}$ – число циклов нагружения, б/р.

Производительность аппарата по тонкодисперсному продукту, образовавшемуся при измельчении частиц в противоточных струях при однократном столкновении $G_{стр1}$ при условии, что вероятность столкновения частиц приближается к 100% можно определить из уравнения [6]:

$$G_{стр1} = G_{эж} \varphi P C, \quad (3)$$

где $G_{эж}$ – производительность аппарата по эжекции частиц в зонах разряжения пары противоточных струй, кг/с; φ – весовое содержание целевого компонента, б/р; P – вероятность разрушения всех частиц целевого продукта, б/р; $C = f(d_i)$ – распределительная функция размеров частиц при однократном ударе.

Производительность аппарата по эжекции частиц в зонах разряжения пары противоточных струй $G_{эж}$ можно определить с помощью дискретной модели истечения двухфазной струи в псевдооживленный слой [5].

Стоит отметить, что распределительная функция $C = f(d_i)$ ограничена заданными размерами частиц с учетом разделения тонкодисперсного продукта в классификаторе:

$$C = f(d_i) = \frac{m_{ч}^i}{m_{ч}}, \quad (4)$$

где $m_{ч}^i$ – масса частиц с размерами менее заданного, кг; $m_{ч}$ – общая масса частиц, кг.

Производительность аппарата по тонкодисперсному продукту, образовавшемуся при истирании частиц в псевдооживленном слое $G_{п.с.}$ определяется из эмпирического уравнения, на основании проведенных исследований [7]:

$$\Delta G = \frac{90 G_{сл} v_{г}^{5,8} \rho_{г}^{2,6} 10^{\frac{0,21 d_{отв} - 18 \varphi}{d_{тв}}} \tau^{0,6}}{d_{тв}^{1,9} \sigma_{сж}^{1,3} \rho_{тв}^{1,3}}, \quad (5)$$

где ΔG – масса пылевидного продукта, кг; $G_{сл}$ - масса частиц слоя, кг; $v_{г}$ - средняя скорость оживающего агента по сечению измельчителя, м/с;

$\sigma_{сж}$ – прочность материала на сжатие, МПа; $\rho_{ТВ}$ и $\rho_{Г}$ – плотность твердого материала и плотность энергоносителя, кг/м³; $d_{отв}$ – диаметр отверстий газораспределительной решетки, м; φ – живое сечение газораспределительной решетки, %.

Исследования процесса измельчения частиц апатит-нефелиновой руды в лабораторном струйном измельчителе с псевдооживленным слоем показали, что в продуктах измельчения наибольшее массовое содержание имеет фторапатит. Это связано с тем, что фторапатит является наименее прочным компонентом поликомпонентной смеси, что способствует его быстрому измельчению и выходу из струйного измельчителя (см. табл).

Таблица. Минералогический состав продуктов измельчения апатит-нефелиновой руды в струйном измельчителе с п.с.

Компонент	Усредненное массовое содержание компонентов в тонкодисперсном продукте, %	Усредненное массовое содержание компонентов в исходном материале, %
Фторапатит (Ca ₅ (PO ₄) ₃ F)	59	36
Нефелин KNa ₃ (AlSiO ₄) ₄	23,5	36,2
Эгирин NaFe(Si ₂ O ₆)	8,0	12,1
Мусковит KAl ₂ (AlSi ₃ O ₁₀)(OH) ₂	4,0	7,4
Альбит Na(AlSi ₃ O ₈)	3,5	5,9
Титанит CaTiSiO ₅	2,0	2,4

Как следует из данных таблицы избирательное измельчение в струйном измельчителе с псевдооживленным слоем возможно при оптимально выбранных скоростях столкновения частиц в струях с целью выделения того или иного компонента из поликомпонентной смеси.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФ № 22-29-01368.

Вывод

Данные исследования показывают, что еще на стадии измельчения в струйном измельчителе с псевдооживленным слоем возможно обогащение целевых компонентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2020 году: Государственный доклад // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Федеральное агентство по недропользованию (РОСНЕДРА). — 2021. — с. 445-458.

2. Беляев И.А., Постникова И.В. Проблемы и перспективы применения технологий полусухих и сухих способов обогащения бедных фосфоритовых руд. / Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. — 2017. — №3 (51). — С. 67-74.

3. Блиничев В.Н., Постникова И.В., Воробьев С.В. [и др.]. Интенсификация процесса разрушения поликомпонентных материалов / Химия и химическая технология. — 2022. — № 65(1). — С. 109-115.

4. Воробьев С.В., Беляев И.А., Блиничев В.Н. Анализ расчетных зависимостей для определения критических скоростей ударного нагружения частиц / Международного научно-технического Форума «Первые международные Косыгинские чтения. — Москва: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2017. — С. 1736-1740.

5. Vorobev S.V., Postnikova I.V., Blinichev V.N. Determination of velocity and concentration of particles of a solid phase in a turbulent gas jet, immersed in a fluidized bed / Russian Journal of General Chemistry. — 2021. — № 91. — С. 1198–1204.

6. Воробьев С.В., Беляев И.А., Постникова И.В. Определение вероятности разрушения частиц при струйном измельчении / Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. № 4 (56) 2018 — Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т., 2018. — С. 15-19.

7. Воробьев С.В., Колобов М.Ю., Постникова И.В., Блиничев В.Н. Кинетика истирания зернистых материалов в псевдооживленном слое / Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение». — 2021. — №1 (65). — С. 72-77.

УДК 681.178 + 531.7.08

С. А. Гарелина, К. П. Латышенко

Академия гражданской защиты МЧС России

О МОНИТОРИНГЕ РАБОТЫ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Аннотация: В статье показана роль систем мониторинга и управления в обеспечении надежной и долговечной работы машины (механизма). Показано, что качество мониторинга и управления машиной зависит от погрешности используемых технических средств. Для увеличения надёжности и долговечности работы машины (механизма) необходимо уменьшить СКП измерений физических параметров, характеризующих функционирование машины.

Ключевые слова: надежность работы машины (механизма), управление, мониторинг, неопределенность измерений, среднеквадратическая погрешность,

S. A. Garelina, K. P. Latyshenko

ABOUT MONITORING THE OPERATION OF MACHINES AND MECHANISMS

Abstract: The article shows the role of monitoring and control systems in ensuring reliable and long-lasting operation of the machine (mechanism). It is shown that the quality of monitoring and control of the machine depends on the error of the technical means used. To increase the reliability and durability of the machine (mechanism), it is necessary to reduce the UPC of measurements of physical parameters characterizing the functioning of the machine.

Keywords: reliability of the machine (mechanism), control, monitoring, measurement uncertainty, standard error.

В общем виде управление работой машины или механизма осуществляют в соответствии с рис. 1.

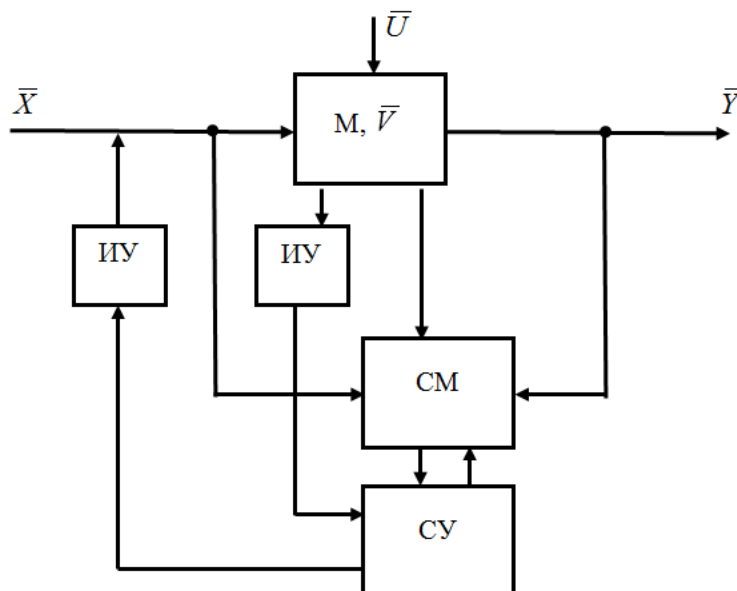


Рис. 1. Система управления машиной и механизмом:
 M – машина, механизм; СУ – система управления; СМ – система мониторинга; ИУ – исполнительное устройство

Пусть на вход машины (механизма) поступает (воздействует) входная величина \bar{X} , которая в общем виде представляет собой напряжение питания электродвигателя U , входной момент $M_{\text{вх}}$, скорость вращения $n_{\text{вх}}$ или $\omega_{\text{вх}}$ и т.д., т.е. $\bar{X} = f(U, M_{\text{вх}}, n_{\text{вх}}, \omega_{\text{вх}} \dots)$. Тогда машина (механизм) в соответствии со своим назначением и характеристиками $\bar{V} = f(\bar{S}, M_{\text{вх}}, n_{\text{вх}}, \omega_{\text{вх}} \dots)$ (где \bar{S} – структура машины; – материал; – смазка) с учётом внешних воздействий $\bar{U} = f(t, P, \psi \dots)$ (где t – температура окружающей среды; P – давление; ψ – влажность воздуха) выдаёт выходную величину $\bar{Y} = f(F, l, M_{\text{вых}}, n_{\text{вых}}, \omega_{\text{вых}}, \varepsilon \dots)$, где F – усилие на выходном органе; l – длина хода выходного органа; $M_{\text{вых}}$ – выходной момент;

$n_{\text{вых}}$, $\omega_{\text{вых}}$ – число оборотов и угловая скорость выходного органа; ε – угловое ускорение. При этом

$$\bar{Y} = f(\bar{X}, \bar{V}, \bar{U}). \quad (1)$$

В общем случае для контроля работы машины или механизма используют систему мониторинга СМ, которая с заданным периодом времени контролирует физические входные \bar{X} и выходные \bar{Y} величины, параметры внешних воздействий и состояния машины (механизма) \bar{V} . При этом также оценивает работу машины (механизма) и на основании измерения данных прогнозирует её работу на определённый отрезок в будущем.

Управляет работой машины (механизма) по заданной программе (алгоритму) система управления СУ с помощью данных СМ и исполнительных устройств ИУ, реализующих управляющие воздействия СУ.

Рассмотрим работу СУ более подробно. Результатом измерения физической величины, характеризующей то или иное состояние машины, является значение X , которое в соответствии с ГОСТ Р 8.736–2011 записывают в виде

$$X = \bar{X} \pm \Delta X \dots, P, \quad (2)$$

где X – результат измерения; \bar{X} – математическое ожидание результата измерений; $\Delta X = t_{\text{Ст}}\sigma$ – доверительный интервал; $t_{\text{Ст}}$ – коэффициент Стьюдента; σ – СКП результата измерения; \dots – размерность результата измерения; P – доверительная вероятность.

В процессе мониторинга результат измерения X сравнивают с заданным в нормативно-технической документации, ТЗ, ТУ и т.д., значением физической величины $[X]$ о состоянии машины (механизма), при этом

$$X \geq [X] \text{ или } X \leq [X]. \quad (3)$$

Например, если число оборотов рабочего органа машины (механизма) превышает заданное число ($n_{\text{вых}} \geq [n_{\text{вых}}]$), это является сигналом для СУ о снижении числа оборотов до безопасного или нужного. Или если мощность на валу становится меньше заданной ($M_{\text{вых}} \leq [M_{\text{вых}}]$), то СУ увеличивает выходной момент.

Как следует из формулы (2), результат измерения всегда имеет неопределённость измерений в виде доверительного интервала $\pm\Delta$, поэтому в неравенства (3) также входит неопределённость (см. рис. 2)

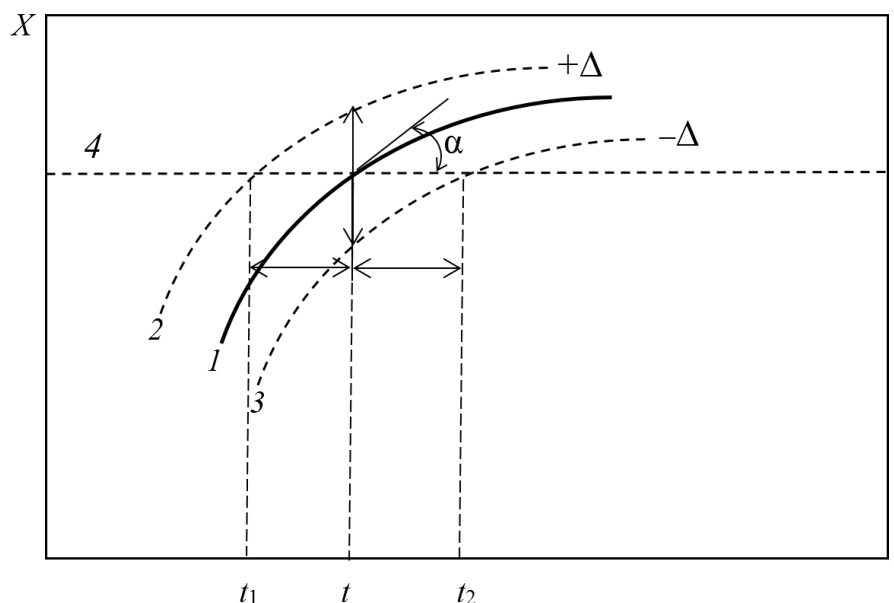


Рис. 2. Срабатывание системы управления при неопределенности измерений:
 1 – изменение величины X во времени; 2 – нижняя граница результата измерений;
 3 – нижняя граница результата измерений

При отсутствии погрешности измеряемый параметр X выйдет за заданную границу $[X]$ (прямая 4) в момент времени t . Рассмотрим два крайних случая. Если результат измерения оценён как $X + \Delta X$ (кривая 2), то в момент времени t_1 выдаст сигнал на управление, в то время как в действительности измеряемый параметр находится в норме. Если же результат измерения оценён как $X - \Delta X$ (кривая 3) сигнал управления будет выдан в момент времени t_2 , в то время как измеряемый параметр уже превысил установленный предел.

Отсюда следует, что время ошибочного срабатывания СУ равно $\Delta t = t_1 - t$, а время запаздывания срабатывания СУ $\Delta t = t_2 - t$, при этом время преждевременного и ошибочного срабатывания примерно равны друг другу. Очевидно, что в первом приближении

$$\Delta t = t_2 - t \approx t - t_1 = \Delta / \operatorname{tg} \alpha = \Delta / (dX/dt), \quad (4)$$

где $dX/dt = \operatorname{tg} \alpha$ в точке t .

Таким образом, время ошибочного срабатывания системы мониторинга будет тем меньше, чем меньше будет доверительный интервал Δ , прямо пропорциональный СКП σ , поскольку вид кривой $X = f(t)$ не зависит от наблюдателя и является функцией протекающих физических процессов. Такими же результатами будут, когда параметр X уменьшается. Ясно, что чем меньше будет величина Δt , тем больше времени машина (механизм) будет работать в заданном режиме работы и тем надежнее и долговечнее будет ее работа.

ВЫВОДЫ

Приведена в общем виде система управления и мониторинга работы машины или механизма.

Показана роль мониторинга в надёжной, долговечной работе машины (механизма).

Доказано, что качество управления и мониторинга напрямую зависит от погрешности технических средств, осуществляющих измерение той или иной физической величины, а точнее – от их среднеквадратической погрешности.

Показано, что неопределённость измерений, связанная с измерением физической величины, приводит к некачественной работе системы управления машиной. Для увеличения надёжности и долговечности работы машины (механизма) необходимо уменьшить СКП измерений системы мониторинга и управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 8.736–2011 ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.
2. ГОСТ Р 53480–2009 (IEC 60050 (191):1990-12) Надёжность в технике. Термины и определения.
3. Черкасов, В.А. Надёжность машин и механизмов / В.А. Черкасов, Б.А. Кайтуков, П.Д. Капырин, В.И. Скель, М.А. Степанов. – М.: МИСИ-МГСУ, 2017. 273 с.

УДК 614.84.41

В. Я. Гладченко, И. А. Ольховский, А. Н. Липатов

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ ГИБРИДНЫХ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В РОССИИ

Аннотация: В данной статье будет рассмотрена перспектива создания и дальнейшей эксплуатации гибридных пожарных автомобилей в России.

Ключевые слова: пожарная автоцистерна, гибридный автомобиль, насосно-рукавные системы, электропривод.

V. Ya. Gladchenko, I. A. Olkhovsky, A. N. Lipatov

THE PROSPECT OF USING HYBRID FIRE TRUCKS IN RUSSIA

Abstract: This article will consider the prospect of creating and further operating hybrid fire trucks in Russia.

Keywords: fire tanker truck, hybrid vehicle, pump-bag systems, electric drive.

Использование традиционных видов моторного топлива для двигателей внутреннего сгорания формирует ряд проблем таких как ограниченность имеющихся запасов углеводородного сырья; постоянный рост цен на все виды топлива; повсеместное ухудшение экологической обстановки. Проблема загрязнения воздушных бассейнов крупных городов с каждым годом становится всё более актуальной, при этом более 90% суммарного выброса загрязняющих веществ от всех источников приходится на автотранспорт. Основными факторами, влияющими на загрязнение атмосферного воздуха выбросами от автотранспорта, являются постоянный рост автомобильного парка, режим движения с постоянными разгонами и торможениями, при котором выбросы загрязняющих веществ возрастают в 2-3 раза, низкие экологические характеристики транспортных средств, в особенности автобусов и грузовых автомобилей [1].

Общее число автотранспортных средств в РФ составляет более 56 млн., при их ежегодном росте в 1,5 млн. В среднем на один автомобиль выбросы составляют, кг/год окиси углерода 135, оксидами азота NO_x (смесью оксидов азота NO и NO_2) 25, угарным газом (оксидом углерода (II), CO) 20, двуокиси серы 4, твердых частиц 1,2, бензпирена 7-10, содержащихся в выхлопных газах. Доля транспортного загрязнения воздуха составляет более 60% по CO и более 50% по NO_x от общего загрязнения атмосферы этими газами. Таким образом, следует внедрять альтернативные источники энергии в пожарной охране, так как специальная техника используется редко и относительно непродолжительно [3].

Данным вопросом занялась известная австрийская компания Rosenbauer, которая около пяти лет назад начала разработку первой гибридной пожарной машины. Автомобиль является техническим прототипом, который уже обладает всеми необходимыми характеристиками будущего конечного продукта. Это также потребовало изменения названия, чтобы отразить переход от концептуальной пожарной машины (CFT) к названию, представляющему независимый тип транспортного средства, который расширил ассортимент муниципальных транспортных средств наряду с Rosenbauer AT (Advanced Technology) и Rosenbauer ET (Efficient Technology). Общий вид автомобиля представлен на рисунке 1.

Производитель представил следующие характеристики автомобиля:

- Электрическая трансмиссия Volvo Penta (рисунок 2);
- Мощность обоих двигателей: не более 350 кВт;

- Удлинитель диапазона BMW с дизельным двигателем;
- Две высоковольтные батареи с доступной емкостью 100 кВт*ч;
- Постоянный полный привод;
- Электронная программа стабильности (ESP);
- Понижаемая ходовая часть (дорожный просвет 175-250-350 мм);
- Дополнительное рулевое управление задней оси (полное рулевое управление) для оптимизации маневренности.

Что же касается пожарного оборудования, представлена следующая информация:

- Насос NH35 (FPN 10-3000 и FPN 40-400, соответствующий DIN EN 1028);
- Привод насоса с генератором (электрический) или с дизельным двигателем (механический);
- Система дозирования пены: FIXMIX;
- Объем бака: 2000 л воды и 200 л пеноматериала (пенообразователя);
- Напорные патрубки расположены спереди и с обеих сторон.



Рис. 1. Гибридный пожарный автомобиль Rosenbauer CFT



Рис. 2. Электрическая трансмиссия Volvo Penta гибридного пожарного автомобиля Rosenbauer CFT

Специально для этого пожарного автомобиля электротрансмиссию разработала фирма Volvo Penta. О емкости используемых батарей данных нет, но разработчики утверждают, что ёмкости хватит на 30 минут боевой работы. У каждой оси свой электромотор. На случай непредвиденной ситуации предусмотрен резервный дизельный двигатель, но основной режим работы – 100% электрический [4].

Проблема заключается в том, что в условиях современной экологической обстановки наиболее актуальный стоит вопрос развития гибридного и электрического транспорта для повсеместного его внедрения во все отрасли жизнедеятельности человека. В России активно развивается отрасль грузовых автомобилей с гибридными и электрическими силовыми установками. Уже эксплуатируются новые электробусы на базовом шасси КАМАЗ 6282, также компании КАМАЗ и МАЗ анонсировали широкой публике свои электромобили КАМАЗ

53198 «Чистогор» и МАЗ-4381ЕЕ. Однако, к сожалению, специальных автомобилей для силовых ведомств пока не существует. Для реализации элементов концепции развития экологической безопасности необходимо разработать пожарный автомобиль с гибридной силовой установкой [2, 5].

При создании пожарной автоцистерны необходимо разработать систему кинематических связей трансмиссии и согласовать работу двигателя и пожарного насоса. Рассмотрим принципиальные схемы работы трансмиссии основного пожарного автомобиля с различными силовой установкой.

Принципиальная схема работы традиционной трансмиссии пожарного автомобиля показана на рисунке 3.

Принципиальная схема работы трансмиссии гибридного пожарного автомобиля показана на рисунке 4.

Принципиальная схема работы трансмиссии электромобиля показана на рисунке 5.

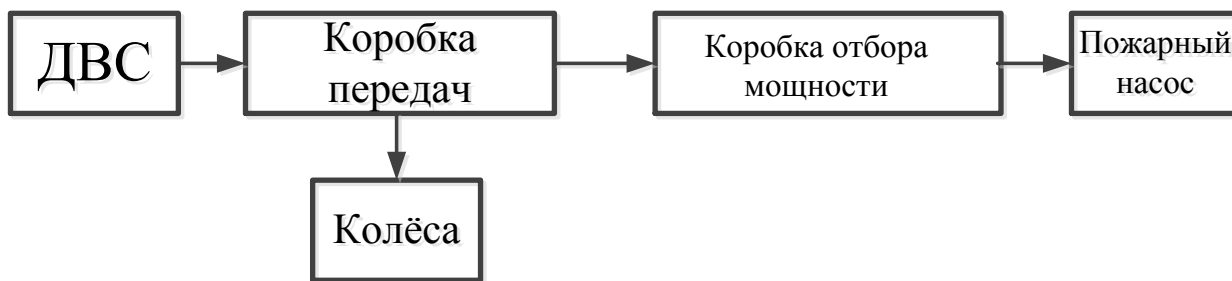


Рис. 3. Принципиальная схема работы традиционной трансмиссии пожарного автомобиля



Рис. 4. Принципиальная схема работы трансмиссии гибридного пожарного автомобиля

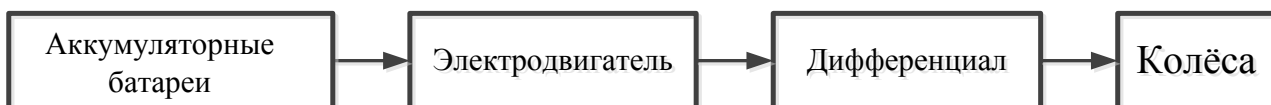


Рис. 5. Принципиальная схема работы трансмиссии электромобиля

В России прототипом пожарного автомобиля с гибридной силовой установкой может являться пожарная автоцистерна на базовом шасси КАМАЗ-53198 «Чистогор» с запасом хода порядка 100 км. При таком запасе заряда в условиях района выезда (6 км) прототип сможет успешно обеспечивать выполнение задач по предназначению, с минимальной нагрузкой на экологическую обстановку. Система подзарядки пожарного гибридного автомобиля должна быть расположена непосредственно в пожарном депо [5].

В случае если данный автомобиль после одного пожара сразу же следует к месту другого пожара и если аккумуляторные батареи разряжены, с помощью электронного блока управления происходит автоматическое переключение на двигатель внутреннего сгорания, который в свою очередь через генератор осуществляет подзарядку аккумуляторных батарей во время следования.

В дальнейших исследованиях перспективы применения пожарных автомобилей на альтернативных источниках энергии необходимо изучить проблемные вопросы согласования режимов работы силовой установки и основного агрегата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.П. Воинков Перспективы использования электромеханической трансмиссии при проектировании пожарных автоцистерн // ФГБОУ ВО «Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т.С. Мальцева», г. Курган, Россия с.1141-1144;
2. С.Г. Гарипов, А.В. Казаков Особенности конструкции электробуса КАМАЗ-6282 и условия его эксплуатации // Журнал «Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация» - №3(89) - 2021 год, с.51-57;
3. Е.Г.Нелюбина, Е.Н.Емельяненко Количественная характеристика выбросов вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу города Самары // Сборник материалов конференции «Эколого-географические проблемы регионов России», с.160-162.;
4. Rosenbauer – URL: <https://www.rosenbauer.com/en/at/rosenbauer-group/press/specialist-press/press-detail/nd/vorhang-auf-fuer-den-rt> (дата обращения 25.03.2022);
5. Официальный сайт ПАО «КАМАЗ» - URL: <https://kamaz.ru/> (дата обращения 27.03.2022).

УДК 621.3.019.3: 62-784.43: 537.523.9

А. Е. Ефимов¹, А. Г. Бубнов^{1,2}

¹Ивановский государственный химико-технологический университет

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ ПЛАЗМЕННО-ХИМИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА НА ПРИМЕРЕ РАБОТЫ РЕАКТОРА С ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИМ БАРЬЕРНЫМ РАЗРЯДОМ

Аннотация: Оценены показатели надёжности систем очистки воздуха с реакторами на диэлектрическом барьерном разряде. Показано, что при очистке воздуха от летучих органических соединений можно использовать только резервированные системы с реакторами такого типа, причём многократно должны быть прорезервированы и разрядные ячейки.

Ключевые слова: показатели надёжности, летучие органические соединения, диэлектрический барьерный разряда, муравьиная кислота, степень превращения.

A. E. Efimov, A. G. Bubnov

THE RELIABILITY INDICATORS ESTIMATES OF PLASMA-CHEMICAL AIR TREATMENT SYSTEMS ON THE INSTANCE OF OPERATION OF A REACTOR WITH A DIELECTRIC BARRIER DISCHARGE

Abstracts: The selection of operating characteristics is carried out, using the example of a reactor with a dielectric barrier discharge. Based on the selected characteristics of the reactor, an assessment of the reliability indicators of a system with a dielectric barrier discharge was performed. It is shown that reactors of this kind are recommended for air purification from low concentrations of volatile organic compounds.

Keywords: volatile organic compounds, dielectric barrier discharge, reliability indicators, formic acid, degree of conversion, reactor characteristics.

Среди всех возможных способов дезактивации отходящих газов, содержащие низкие концентрации летучих органических соединений (ЛОС), от стационарных и нестационарных источников, технологии, основанные на применении неравновесной плазмы, в частности, реакторы с диэлектрическим барьерным разрядом (ДБР), являются наиболее целесообразными, с точки зрения эколого-экономической эффективности. В последнем десятилетии предпринимались попытки применения систем с реакторами ДБР для очистки воздуха от различных загрязнителей [1] – [3]. Однако, из-за отсутствия данных по надёжностным характеристикам реакторов ДБР, невозможно их масштабное приме-

нение в промышленной деятельности, поэтому тема исследования является актуальной.

Кроме того, поскольку в нормативной документации и технической литературе отсутствуют сведения о подходе для оценки показателей надёжности плазменно-химических систем очистки воздуха, то целью работы количественная оценка стандартных показателей надёжности на основе подобранных рабочих характеристиках реактора с ДБР при очистке воздуха от паров, на примере, муравьиной кислоты (МК).

Эксперимент проводился на установке с плазменно-химическим реактором ДБР, в котором алюминиевые электроды (изолированный и неизолированный) располагались коаксиально. Диэлектрический промежуток был неоднородным и состоял из воздуха и молибденового стекла, которое являлось изолятором внешнего электрода. Разряд возбуждался от высоковольтного трансформатора, значение переменного тока разряда было не выше 75 мкА (частота 50 Гц), а напряжения между электродами было постоянным 13,5 кВ (удельная мощность составляла 0,04 Вт/см³).

В качестве ЛОС рассматривались пары МК, загрязняющие воздух (газ-носитель). Исходные концентрации паров МК без использования ДБР составляли 840 и 601 мг/м³, при этом, первое значение соответствовало средней концентрации МК в отходящих газах процессов производства полимерных изделий (плёнок, труб, тканей и т.д.), в соответствующих технических регламентах [4] или [5].

Параметрами, характеризующими условия проведения эксперимента и которые могут влиять на степень превращения удаляемого из воздуха поллютанта (α), были подобраны следующие:

- начальная концентрация МК (C_0);
- удельная мощность, вкладываемая в разряд, Вт/см³ (W);
- напряжение, поданное на электроды, кВ (U);
- сила тока, мкА (I);
- время контакта парогазовой смеси, с (τ).

На основе ГОСТ Р 27.013-2019 [6] был подобран набор оцениваемых показателей надёжности, включающих в себя две группы величин – экспериментальные и расчётные. К первой группе относились время наработки на отказ (T_o), время восстановления (T_e) и интенсивность отказов (λ). Вторая группа включала коэффициент готовности (K_g), вероятность безотказной работы (P), вероятность отказов (Q) и кратность резервирования (m). Важно то, что P и Q были теоретическими и рассчитывались для очистной установки, состоявшей из 4 элементов: системы подачи воздуха ($P_1 = 0.978$), системы питания (отказ трансформатора ($P_2 = 0.999$), внешней оболочки реактора ($P_3 = 0.990$), системы генерации активных частиц – собственно реактора с ДБР (P_4 определялась экспериментальным путём).

В первую очередь были подобраны такие условия, при которых α в парогазовой смеси была максимальной при заданных конфигурационных характеристиках реакторы.

На рис. 1 приведена зависимость степени α для МК от удельной мощности, вкладываемой в разряд. Данные Рис. 1 показывают, что оптимальным для удаления МК из воздуха под воздействием ДБР оказалось значение объёмного расхода газа-носителя, равного $1,9 \text{ см}^3/\text{с}$, которое соответствовало τ паров МК с разрядной зоной 13 с.

Интервал времени отбора между пробами для определения концентрации МК и выявления степени её превращения составлял от 30 до 45 мин.

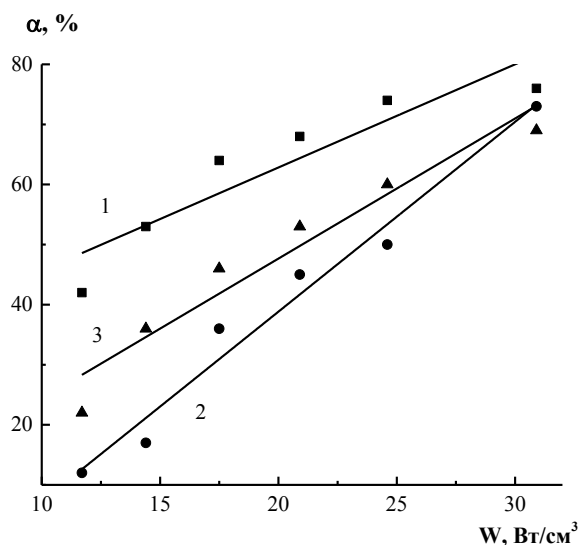


Рис. 1. Степень деструкции МК, при воздействии плазмы ДБР на паровоздушную смесь (воздух с парами МК) при различных W и τ смеси с зоной плазмы (с): $\tau_1 - 13$; $\tau_2 - 6$; $\tau_3 - 4$

Далее, при выше перечисленных условиях, определялось T_o и T_e , при этом, T_o наступало тогда, когда α на выходе из реактора достигало 90 %, а T_e определялось исходя из времени, затрачиваемого на восстановления реактора, т.е. на очистку электрода от образовавшегося под действием ДБР из МК конденсата на электроде из Al.

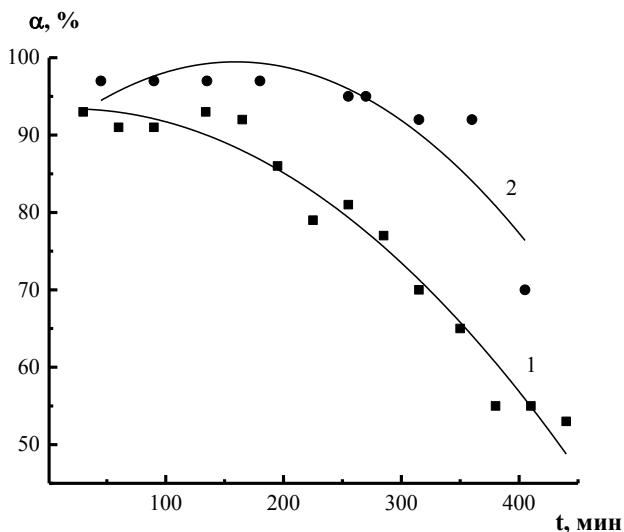


Рис. 2. Степень превращения муравьиной кислоты ($1 - C_{o1} = 834 \text{ мг}/\text{м}^3$; $2 - C_{o2} = 601 \text{ мг}/\text{м}^3$) от времени работы ячейки с ДБР при $\tau = 13 \text{ с}$ и $W = 0,04 \text{ Вт}/\text{см}^3$

Анализ рис. 1 и рис. 2 показывает, что подобранные нами ранее физико-химические характеристики реактора ДБР оказывают влияние на α , и, соответственно, на T_o . Поэтому, на основе полученных экспериментальных данных была проведена оценка показателей надёжности. Результаты сведены в табл.

Таблица. Надёжностные характеристики реактора ДБР

Показатели	C_o , мг/м ³	
	834	601
Наработка на отказ (T_o), мин	165	360
Время восстановления (T_6), мин	13	13
Коэффициент готовности (K_g)	0,96	0,95
Вероятность безотказной работы элемента системы (P_d)	0,054	0,27
Вероятность отказа (Q_d)	0,946	0,73
Количество ячеек с ДБР для резервирования, шт.	60	11

В первом опыте малая наработка на отказ была возможна из-за более эффективного при начальной концентрации кислоты 834 мг/м³ «отравления» внутреннего неизолированного электрода. Отметим, что снижение C_o в 1,38 раза до 601 мг/м³ приводило к увеличению T_o в 2,18 раза (см. Рис. 2 и табл.).

Поскольку вероятности безотказной работы реактора в двух случаях не удовлетворяли требованиям [6], а именно соответствию диапазону от 0,963 до 0,995, то необходимо прорезервировать систему до требуемого [6] значения.

Следовательно, систему, состоящую из 4 элементов, включая реактор ДБР, производящую очистку воздуха от МК с концентрациями 834 и 601 мг/м³, необходимо прорезервировать всего 1 раз ($m=1$) – для достижения $P = 0,963$. При этом, четвёртый элемент системы, а именно, система генерации активных частиц, должна быть прорезервирована 60 ($m=59$) и 11 раз ($m=10$), соответственно, для достижения требуемого значения P .

Таким образом, показано, что подобранные характеристики реактора ДБР могут быть использованы для оценки показателей надёжность плазменно-химических системы очистки, более того, расчёты демонстрируют, что системы с реакторами на ДБР действительно более целесообразно использовать при низких концентрациях ЛОС, с точки зрения и надёжностных, и экономических аспектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Takanori Mizushima. Tubular membrane-like catalysts for the oxidative decomposition of low-concentrated toluene in air by periodic short-term plasma discharge / Takanori Mizushima, Tran Thi Cam Thach, Woo Jie Wen, Hironobu Ohkita // Plasma Chemistry and Plasma Processing. 2021. № 41, P. 607 – 917.

2. Hongbo Zhang. Enhancement of styrene removal using a novel double-tube dielectric barrier discharge (DDBD) reactor / Hongbo Zhang, Kan Li, Chenhua Shu, Ziyang Lou, Tonghua Sun, Jinping Jia] // Chemical Engineering Journal. 2014. № 256. P. 107–118.

3. Karatum O.A. Comparative study of dilute VOCs treatment in a non-thermal plasma reactor / O.A. Karatum, M.A. Deshusses // Chemical Engineering Journal. 2016. № 294. P. 308–315.

4. Производство полиэтиленовых упаковочных материалов. URL: <https://polipak-ivanovo.ru> (дата обращения: 24.02.2021).

5. Производство материалов с ПВХ-покрытием. URL: <https://ivcore.ru> (дата обращения: 24.02.2021).

6. ГОСТ Р 27.013-2019 (МЭК 62308:2006) Надёжность в технике. Методы оценки показателей безотказности – Москва: Стандартинформ, 2019. – 46 с.

УДК 621.432

З. А. Жовниренко, В. В. Рябинин, В. В. Терентьев, И. А. Телегин
ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА имени Д.К. Беляева»

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТОРОВОГО ВАРИАТОРА В ПРИВОДЕ ВЕНТИЛЯТОРА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ЦЕЛЬЮ СОКРАЩЕНИЯ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ НА ЕГО ПРИВОД

Аннотация: в статье рассматривается способ регулирования производительности вентилятора системы охлаждения, в основу конструкции которого составляет торový вариатор с диаметрально расположенными роликами.

Ключевые слова: система охлаждения, привод вентилятора, снижение потерь на привод

Z. A. Zhovnireno, V. V. Ryabinin, V. V. Terentyev, I. A. Telegin

PROSPECTS FOR THE USE OF A TORUS VARIATOR IN THE FAN DRIVE OF THE COOLING SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE IN ORDER TO REDUCE POWER LOSSES ON ITS DRIVE

Abstract: the article discusses a method for controlling the performance of a cooling system fan, the design of which is based on a torus variator with diametrically located rollers.

Keywords: cooling system, fan drive, drive loss reduction.

Высокая экономичность и долговечность двигателя внутреннего сгорания возможна только при строго определенном тепловом состоянии его деталей. Поддержание требуемого температурного режима обеспечивается системой охлаждения двигателя, которая отводит тепло от нагретых деталей в окружающую среду. Излишний или недостаточный отвод тепла системой охлаждения двигателя приводит к ускоренным износам деталей двигателя, ухудшению эффективности использования топлива.

Для поддержания оптимального температурного режима работы двигателя используются регулируемые жидкостные система охлаждения с термостатом, который ограничивает поток жидкости из рубашки охлаждения двигателя в радиатор при его переохлаждении. Однако, тепло от двигателя отводится не только системой охлаждения, но системой смазки, а также на прямую, от стенок нагретого двигателя в воздушную среду. При низких температурах окружающей среды, наличие термостата, не гарантирует нужного теплового режима работы двигателя, обдуваемого холодным воздухом при движении автомобиля или вентилятором системы охлаждения с постоянным ременным или шестеренчатым приводом. При температурах охлаждающей жидкости свыше 85°C , когда клапан термостата полностью открыт, он перестает участвовать в регулировании температуры двигателя.

Для поддержания требуемого температурного режима работы двигателя необходимо регулирование потока воздуха через радиатор и подкапотное пространство. Для этой цели могут применяться шторки или жалюзи устанавливаемые перед решеткой радиатора с автоматически термостатическим устройством изменения их положения или дистанционным ручным управлением. Применение данных средств увеличивает аэродинамическое сопротивление и затраты мощности на постоянный привод вентилятора системы охлаждения.

Более эффективным, с точки зрения затрат на привод вентилятора системы охлаждения, способом поддержания требуемого температурного режима двигателя является регулирование производительности самого вентилятора. Для этой цели могут использоваться не удобные в эксплуатации сменные крыльчатки, содержащие меньшее количество лопастей в холодный период, или не получившие из-за низкой надежности устройства, изменения угла наклона лопастей.

Многие автотракторные двигатели комплектуются устройствами регулирования производительность вентилятора, работа которых построена на изменении частоты его вращения. Известно, что производительность вентилятора прямо пропорциональна его частоте вращения. Изменение производительности вентилятора не только обеспечивает требуемый температурный режим работы двигателя, но и является резервом для сокращения механических потерь и расходов топлива.

При использовании постоянного, клиноременного привода, вентилятор потребляет от 3 до 8% от мощности двигателя не зависимо от его температурного состояния. Это увеличивает время прогрева холодного двигателя, а при

работе на частичных нагрузках, к дополнительным механическим потерям на его привод, так как подача вентилятора излишняя. С учетом того, что двигатель автомобиля большую часть времени работает на частичных нагрузках, необходимость регулирования производительности вентилятора существенна.

В работе [1, с. 62] указывается, что при движении легкового автомобиля со скоростью 60 км/ч, на постоянный привод вентилятора системы охлаждения затрачивается до 7% от мощности двигателя. Внедрение автоматически отключаемого вентилятора экономит 3...5% топлива [1, с.63] и на столько же снижаются выбросы токсичных компонентов отработавших газов двигателя. В источнике [2, с. 162] указывается, что регулирование охлаждением двигателя можно снизить расход топлива в легковых автомобилях на 1 л/100 км.

На большинстве легковых автомобилей применяется автономный привод вентилятора от электродвигателя, включаемый при достижении высокой температуры охлаждающей (порядка 104°C) и отключаемый при ее падении на несколько градусов. Применение автономного электропривода удобно с точки зрения компоновки и эффективно с точки зрения затрат на привод вентилятора, особенно при совместном использовании с эффектом охлаждения скоростным напором воздуха при движении автомобиля. Из нежелательных последствий применения подобного привода следует отметить существенный уровень шума и высокую нагрузку на систему энергоснабжения. Применение подобного привода на двигателях средней и большой мощности привело бы к существенному усложнению бортовой системы энергоснабжения.

Для регулирования температурного режима работы двигателя за счет отключения вентилятора используется привод с электромагнитной фрикционной муфтой. Электромагнитные муфты могут использоваться на мощных двигателях, обладают простой конструкцией по сравнению с другими средствами регулирования производительности вентилятора. Из недостатков, следует отметить возможный перегрев обмотки электромагнита и выход ее из строя, при длительной работе вентилятора.

Существуют также узлы включения вентилятора с фрикционным приводом, в котором диски сжимаются давлением масла при высокой температуре охлаждающей жидкости и расходятся при ее падении, но вентилятор продолжает вращаться с частотой 200...500 мин⁻¹ за счет сил трения в подшипниках и сопрягаемых деталях фрикционной дисковой муфты. Подобными муфтами оснащаются по согласованию с заказчиками двигателя ЯМЗ-6561.10.

В работе [3, с.138] отмечается, что привод вентилятора фрикционной муфтой сопряжен с динамическими нагрузками и износом поверхностей трения дисков. Отмечается, что наименьшая частота вращения крыльчатки вентилятора составляет 50...60 % от частоты шкива, что снижает эффективности применения данного вида привода при отрицательных температурах окружающей среды.

У мощных двигателей привод вентилятора осуществляется через гидромуфту, объем поступающего масла в которую, регулируется термостатом в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. Однако, гидромуфты имеют низкий КПД, на уровне 75-85%. Часть мощности двигателя теряется на преодоление вязкостных трений в масле циркулирующем по муфте и на привод насоса.

В ряде случаев, компоновка автомобиля требует размещения радиатора в отрыве от двигателя. В этом случае используют гидрообъемную передачу. Количество масла поступившего от нагнетательного насоса в гидромотор привода вентилятора изменяется в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. Однако, гидрообъемные передачи всегда характеризовались низким КПД (менее 85%) и износостойкостью.

Разновидностью гидропривода вентилятора, является вязкостная муфта, которая устанавливается после радиатора и у которой чувствительный элемент (биметаллическая пластина) подвергается нагреву потоком воздуха через радиатор. При ее прогреве, она поворачивает лепестковый клапан и масло попадает в полость между ведущим диском и корпусом гидромуфты. За счет вязкостного трения, крыльчатка вентилятора приходит во вращение.

Вязкостные муфты находят широкое применение в приводе вентилятора двигателей малой и средней мощности. Они не считаются сложными по конструкции и обладают низкой стоимостью. Данных по КПД данного привода не приводятся в литературе, но потери в них велики. В [2, с. 160] Приводятся данные о том, что при передаче мощности к вентилятору равной 2 кВт, и 50% буксовании, в вязкостной муфте рассеивался 1 кВт. То есть КПД на некоторых режимах может быть менее 70%.

Ни один вид регулируемого привода вентилятора системы охлаждения по величине КПД не может конкурировать с постоянным шестеренчатым или ременным приводом и требует дальнейшего совершенствования. Однако, несмотря на высокие внутренние потери регулируемого привода, он является эффективным способом сокращения расходов топлива двигателями внутреннего сгорания, особенно автомобильными, которые редко работают в режимах полной мощности.

Перспективным может считаться использование фрикционного торового вариатора в приводе вентилятора системы охлаждения. Применение предлагаемой конструкции рационально при замене постоянного, клиноременного привода вентилятора системы охлаждения. Постоянный, клиноременный привод используется на широко распространенном автотракторном дизеле Д-245, поэтому ниже приводится описание конструкции торового вариатора позволяющего произвести модернизацию данных двигателей с внесения минимальных изменений в конструкцию.

Конструкция торового вариатора привода вентилятора (рисунок) разработанная для двигателей Д-243/245 включает в себя: шкив 7 со ступицей надетой на вал привода водяного насоса 11 и фиксированной сегментной шпонкой

4. На торце шкива привода вентилятора 7 формируется торовая поверхность ведущей чашки вариатора с диаметрально расположенными роликами.

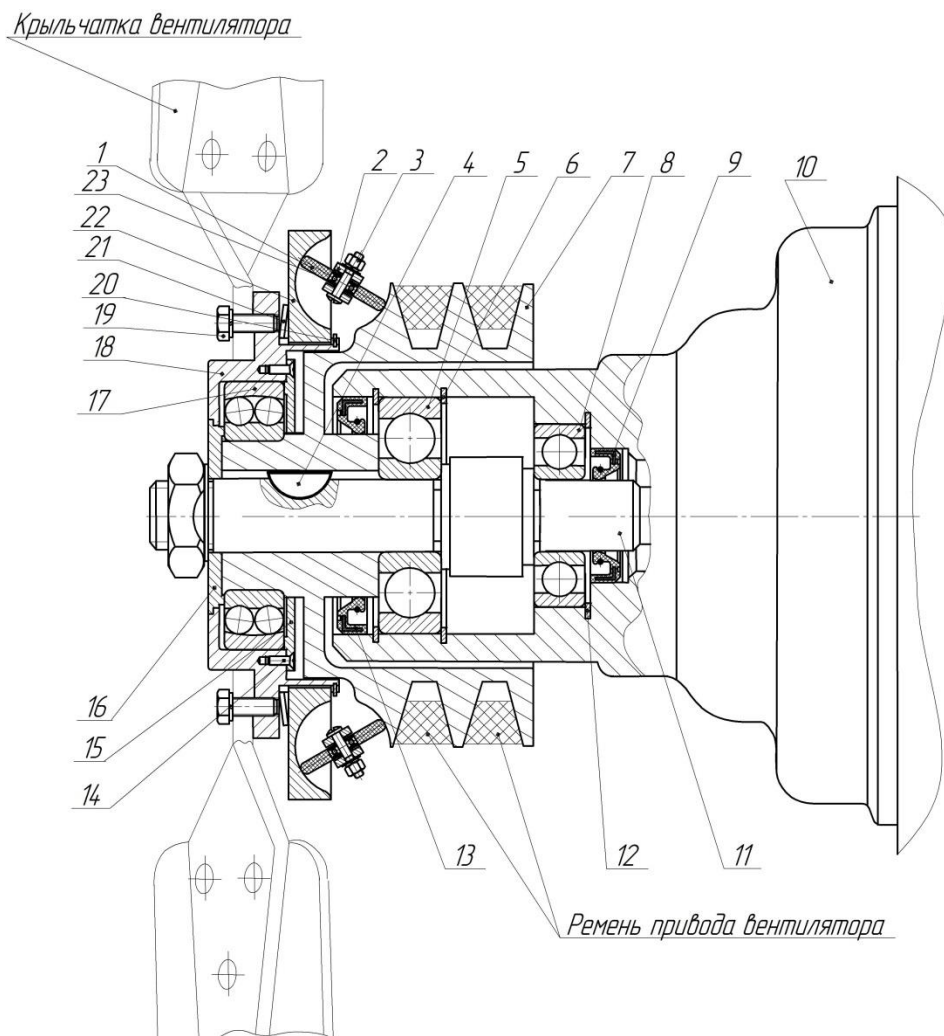


Рис. Привод вентилятора системы охлаждения двигателя с торовым вариатором:
 1–ролик; 2-поворотная вилка; 3-ось; 4-шпонка; 5-подшипник; 6-стопорное кольцо;
 7-шкив; 8-подшипник; 9-самоуплотняющаяся манжета; 10-корпус водяного насоса;
 11-вал; 12-стопорное кольцо; 13–самоуплотняющаяся манжета; 14-винт; 15-крышка;
 16-шайба; 17-сдвоенный шарикоподшипник; 18-ступица вентилятора; 19-болт;
 20-топорное кольцо; 21-тарельчатая пружина; 22-ведомая чашка;
 23-шарикоподшипник

Ступица вентилятора 18 свободно вращается на сдвоенном шарикоподшипнике 17. На ступице 18 с одной стороны болтами 19 прикреплена крыльчатка вентилятора, а с противоположной стороны винтами 14 прикреплена крышка 15 подшипника закрывающая его от пыли и грязи. Шайба 16, формирует лабиринтное уплотнение со ступицей 18 и также используется для предотвращения загрязнения подшипника 17.

Ступица 18 имеет шлицевой участок, на который одевается ведомая чашка вариатора 22, также имеющей шлицы по внутреннему диаметру. Для фиксации ведомой чашки на ступице используется стопорное кольцо 20. Тарельчатая пружина 21 стремится переместить ведомую чашку 22 в сторону ведущей чашки, созданной на торцевой поверхности шкива 7, тем самым обеспечивая необходимую силу прижатия роликов 1.

Четыре ролика 1, равномерно расположенных по окружности, выполнены из текстолита и установлены на малогабаритных шарикоподшипниках 23 на осях 3 пропущенных сквозь отверстия в поворотных вилках 2. Для снижения геометрического скольжения, торцевой поверхности роликов 1 придается выпуклая поверхность.

Все четыре ролика 1 поворачиваются вилками 2 на одинаковые углы. Предполагается, что поворот роликов будет производиться от пневмоцилиндра омываемого охлаждающей жидкостью. При низкой температуре охлаждающей жидкости ролики установятся в вертикальное (по рисунку) положение, тем самым разъединя крыльчатку вентилятора с клиноременным приводом. Крыльчатка вентилятора может вращаться лишь с небольшой частотой вслед за шкивом 7 из-за трения в подшипнике 17, но при этом, не создавая ощутимого потока воздуха. Практически полная остановка вентилятора сократит время прогрева двигателя.

По мере прогрева двигателя, газ заполняющий пневмоцилиндр расширяется и начинает через систему рычагов поворачивать вилки 2 с роликами 1. При температуре охлаждающей жидкости порядка 85°C ролики приходят в движение и за счет силы трения начинают передавать крутящий момент с ведущей на ведомую чашку 22, а с нее на крыльчатку вентилятора. Передача крутящего момента будет осуществляться с меньшего радиуса ведомой на больший радиус ведущей чашки, поэтому крыльчатка вентилятора будет вращаться с частотой примерно в 1,5 раза меньшей, чем частота вращения шкива 7. Пропорционально частоте снижается и поток воздуха через радиатор, а затраты мощности на его привод снижаются 3,3 раза, если не учитывать потери на трение в вариаторе.

При дальнейшем повышении температуры охлаждающей жидкости ролики продолжают поворачиваться от пневмоцилиндра, а частота вращения крыльчатки вентилятора расти, вплоть до частоты вращения шкива 7 (ролики займут горизонтальное, по рисунку, положение), выходя на максимальную подачу.

Предлагаемая конструкция привода вентилятором отличается простой конструкцией, способной в течение достаточно длительного периода эксплуатации сохранять работоспособное состояние, при условии, что будет соблюдаться требуемая технология изготовления.

Полагаем, что ее применение не только сократив время прогрева двигателя, но и способно в разы сократить потери мощности на привод вентилятора в системе охлаждения при работе в зимний или межсезонный период.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жегалин О.И., Лупачев П.Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. Монография. — М.: Транспорт, 1985. — 120 с.
2. Мацкерле Ю. Современный экономичный автомобиль/Пер. с чешск. В. Б. Иванова; Под ред. А. Р. Бенедиктова. - М.: Машиностроение, 1987. - 320 с.
3. Якубович, А.И. Системы охлаждения тракторных и автомобильных двигателей. Конструкция, теория, проектирование / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. - Минск: Новое знание; М.:ИНФРА-М, 2013. - 472с.

УДК 629.11

В. Е. Жуков, В. П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР УСТРОЙСТВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ, УЛУЧШАЮЩИХ УПРАВЛЯЕМОСТЬ И ПРОХОДИМОСТЬ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация: материал статьи посвящен актуальному вопросу управляемости пожарных автомобилей в тяжелых дорожных условиях; в статье рассмотрены особенности эксплуатации пожарных автомобилей на дорогах с твердым покрытием и в условиях бездорожья; рассмотрены различные способы и технические средства улучшения управляемости автомобилей и увеличения сцепления колес автомобилей с поверхностью.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, управляемость автомобиля, повышение проходимости автомобиля.

V. E. Zhukov, V. P. Zarubin

OVERVIEW OF DEVICES AND DEVICES THAT IMPROVE THE HANDLING AND PATENCY OF FIRE TRUCKS

Abstract: the material of the article is devoted to the topical issue of controllability of fire trucks in severe road conditions; the article discusses the features of operation of fire trucks on paved roads and off-road conditions; various methods and technical means of improving the controllability of cars and increasing the adhesion of car wheels to the surface are considered.

Keywords: fire truck, controllability of the car, increasing the cross-country ability of the car.

Один из основных принципов работы пожарных автомобилей (ПА) это готовность к выполнению боевых задач в любых условиях. Для этого техника должна быть исправна и надежна. Однако не всегда исправность техники полностью отражает ее готовность к выполнению боевых задач. На время реагирования и прибытие на место происшествия могут повлиять неблагоприятные погодные условия, состояние дорог и затрудненный проезд. Например, невозможность подъехать непосредственно к месту пожара требует от пожарных подразделений выполнения дополнительной работы. Возникает необходимость задействования большего количества техники и прокладки дополнительных магистралей из пожарных рукавов. В зависимости от района выезда пожарных автомобилей меняется и вопрос проходимости ПА. Если район выезда пожарной части не предполагает выезда за пределы городской черты, то вопрос проходимости ПА встает чаще всего в зимний и осенне-весенний период. Снежный накат и обледенение дорожного полотна снижают сцепление колес автомобиля с дорогой и ухудшают управляемость.

При использовании автомобилей в тяжелых дорожных условиях в горной, песчаной и болотистой местности, а также при преодолении траншей, канав и других препятствий возникает необходимость в применении специальных приспособлений - средств повышения проходимости, без которых движение становится затрудненным или вовсе невозможным.

Таким образом приспособления и устройства предназначенные для улучшения управляемости автомобиля в трудных дорожных условиях или приспособления повышающие проходимость автомобиля на бездорожье можно назвать средствами повышения проходимости. К ним можно отнести цепи противоскольжения, противобуксаторы, браслеты, лебедки, самовытаскиватели.

Одним из самых простых и эффективных способов улучшения сцепления колес автомобиля с дорогой в зимний период времени является ошиповка шин (рисунок 1).

Однако стоит отметить, что для грузовых автомобилей, в том числе и пожарных автомобилей, такой способ повышения проходимости автомобилей применяется достаточно редко. Постоянное использование ошипованной резины невозможно, а иметь два комплекта колес для зимнего и летнего периодов достаточно дорого. Поэтому рекомендовать к использованию ошипованные покрышки для применения на пожарных автомобилях не целесообразно.

Альтернативным предложением по улучшению сцепления колес автомобиля с дорожным полотном в условиях гололеда может быть применение цепей противоскольжения. По своему устройству цепи противоскольжения делятся на мелкозвенчатые, траковые и гусеничные.

Мелкозвенчатые цепи (рисунок 2) используются для повышения проходимости неполноприводных автомобилей по мягким грунтовым дорогам, снежной целине, скользким и обледенелым дорогам, а также при работе в горных условиях.



Рис. 1. Ошиповка покрышек грузовых автомобилей



Рис. 2. Мелкозвенные цепи повышения проходимости неполноприводных автомобилей



Комплект на автомобиле должен включать две цепи противоскольжения, каждая из которых состоит из продольных и поперечных цепей и замковых устройств для крепления их на колеса. Они изготавливаются для одинарных и для сдвоенных колес. Преимуществом таких цепей является их относительная компактность и простота в установке. Для перевозки цепей на автомобиле не требуется дополнительного места для хранения, а может быть задействован инструментальный ящик. Установка цепей на колеса не требует использования специального инструмента, и происходит следующим образом. Цепи располагают спереди или сзади ведущих колес автомобиля по колее, на низшей передаче наезжают на цепи до середины их длины, свободные концы цепей накидывают на колесо и соединяют замками. Необходимо проконтролировать степень натяжения цепей с допустимым перемещением середины поперечной цепи в пределах 10 – 20 мм. Время надевания цепей на колеса автомобиля составляет в среднем 15 мин, а снятия и укладки – 10 мин.

Применение мелкозвенных цепей противоскольжения можно рекомендовать для использования на пожарных автомобилях. Ориентируясь на погодные условия во время несения дежурства пожарный автомобиль за достаточно короткое время можно подготовить к возможному выезду во время гололеда или снежного наката.

Траковые цепи (рисунок 3) предназначены для повышения проходимости автомобилей со сдвоенными ведущими колесами в особо тяжелых дорожных условиях: при движении по грунтовой дороге в распутицу, по снежной целине, заболоченному лугу. Траковая цепь состоит из траков с гребнями либо звеньев с усиленными зацепами, межтраковых цепей, замков и крепежной цепи.

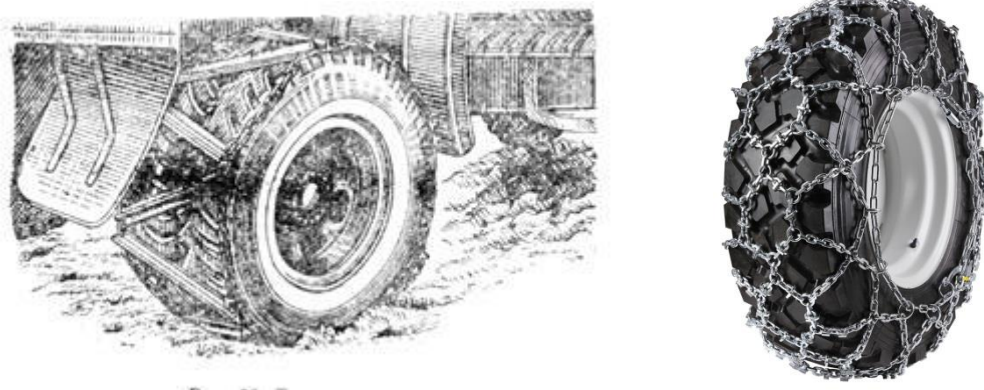


Рис. 3. Траковые цепи повышения проходимости автомобилей

Применение такого снаряжения пожарных автомобилей возможно при необходимости выполнения боевой задачи в тяжелых дорожных условиях, при тушении пожаров лесных массивов, торфяников, степей. Использование траковых цепей на дорогах с твердым покрытием приведет к разрушению полотна дороги и значительно увеличит нагрузку на подвеску и трансмиссию автомобиля. Кроме этого для перевозки таких цепей необходимо предусмотреть достаточное количество места на автомобиле либо использовать дополнительное транспортное средство. Однако при необходимости повысить проходимость пожарного автомобиля в тяжелых дорожных условиях применение траковых цепей относительно доступный и эффективный метод.

В случае необходимости выполнения боевых задач по тушению ландшафтных пожаров возникает необходимость применения специальной техники на базе вездеходов. Однако не все отряды имеют такую возможность. Приобретение специальной техники требует больших финансовых затрат. В качестве альтернативы специальным вездеходам могут являться пожарные автомобили повышенной проходимости с полным приводом. Но и они в некоторых случаях, в условиях бездорожья не могут добраться до места пожара. В этом случае возникает необходимость увеличения проходимости полно приводных авто. Для этих целей наилучшим образом подходят гусеничные цепи (рисунок 4).

Гусеничная цепь состоит из траков с гребнями и межтраковых цепей. Длина такой цепи дает возможность ее установки сразу на два ведущих колеса ведущих мостов. Таким образом получается вид полу гусеницы. При установке их на автомобиль значительно увеличивается площадь контакта ведущих колес с поверхностью земли и снижаются удельные давления на грунт. Проходимость автомобилей значительно повышается и выходит на уровень гусеничной техники. Это позволяет расширить возможности применения пожарного автомобиля и дает возможность его использования в условиях бездорожья.

Стоит отметить, что для установки такого приспособления требуется время и использование специального инструмента. Кроме этого перевозка полу гусениц требует отдельного места или их транспортировку на специальном транспорте.



Рис. 4. Гусеничные цепи повышения проходимости автомобилей

Таким образом, обзор приспособлений и устройств повышающих управляемость пожарных автомобилей в сложных дорожных условиях и проходимость автомобилей в условиях бездорожья показал, что в настоящее время можно подобрать приспособления подходящие для решения проблем управляемости автомобилей в каждом конкретном случае. Так например, пожарные автомобили пожарно-спасательных частей у которых район выезда охватывает в основном городскую черту и пригород передвигаются в основном по дорогам с твердым покрытием. При неблагоприятных погодных условиях в зимний период велика вероятность появления гололеда или снежного наката. В этом случае предлагается укомплектовать пожарные автомобили мелкозвенными цепями противоскольжения, которые обеспечат необходимое сцепление с дорожным полотном колес автомобилей для безопасного передвижения и маневрирования. Кратковременное использование таких приспособлений не окажет отрицательного влияния на трансмиссию автомобилей и дорожное покрытие.

В случае рассмотрения примера пожарно-спасательных частей в сельской местности и задействованных в тушении ландшафтных пожарах, стоит рассмотреть возможность укомплектования пожарных автомобилей полу гусеницами или траковыми цепями. Использование таких приспособлений значительно повысит проходимость автомобилей, и расширит их технические возможности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агейкин, Я.С. Проходимость автомобилей/ Я.С. Агейкин. - М.: Машиностроение, 1981. - 231 с.
2. Вольская Н.С. Оценка проходимости колесной машины при движении по неровной грунтовой поверхности: Монография. - М.: МГИУ, 2007.
3. Ларин В.В. Теория движения полноприводных колесных машин. Учебник для вузов. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 391 с.

УДК 629.3

Л. В. Жуков, И. И. Гребенюк

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

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ НАГРЕВАТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА ДИЗЕЛЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: В статье представлены результаты экспериментальных исследований работы нагревателя масла дизеля автомобильной техники, разработанного с целью повышения эффективности тепловой подготовки двигателя внутреннего сгорания.

Ключевые слова: Дизель, нагревательный элемент, моторное масло.

L. V. Zhukov, I. I. Grebenyuk

THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE HEATING ELEMENT OF THE DIESEL AUTOMOTIVE EQUIPMENT (continuation)

Abstracts: The article presents the results of experimental studies of the diesel oil heater of automotive equipment, designed to improve the efficiency of thermal preparation of the internal combustion engine.

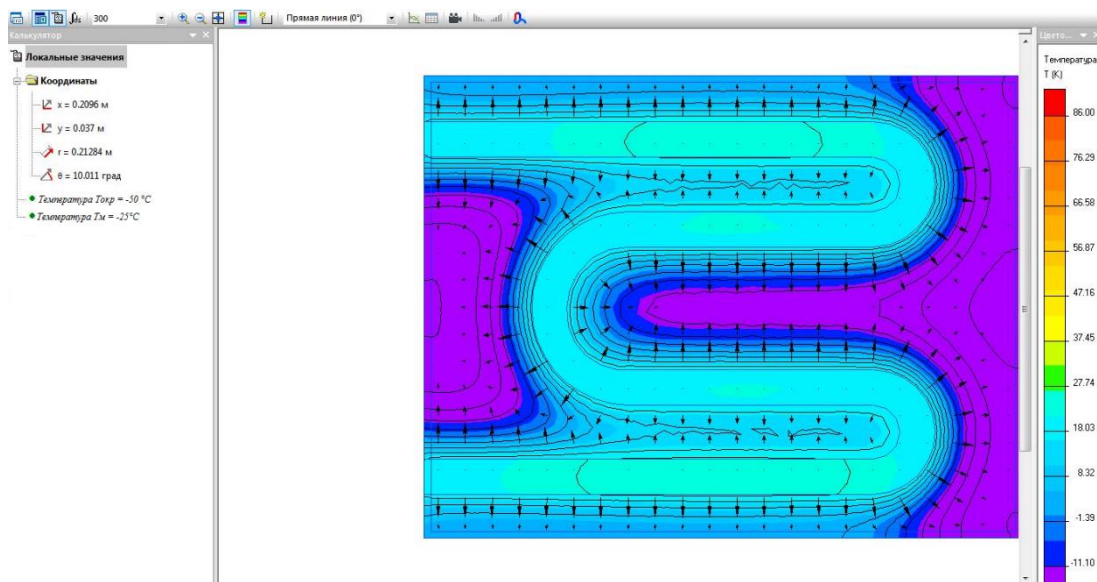
Keywords: Diesel, heating element, engine oil.

В данной статье продолжим рассмотрение результатов экспериментальных исследований по повышению пусковых качеств дизеля автомобильной техники начатое в одноимённой статье 2019 года сборника материалов X Всероссийской научно-практической конференции «Надежность и долговечность машин и механизмов».

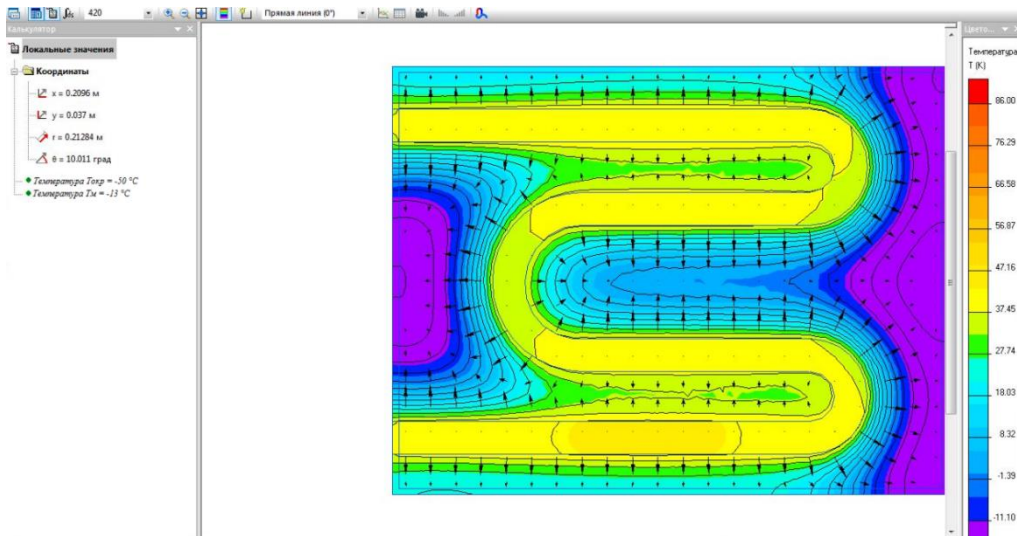
Реализованная в имитационной программе Elcut 6.1, доведенная до практического применения, уточненная математическая модель тепловой подготовки масла дизеля позволила при известных значениях теплофизических параметров масла (коэффициент теплопроводности λ , плотность ρ , удельная теплоемкость c и толщина слоя δ) определить температуру масла в любой точке смазочной емкости дизеля и выявить скорость развития процесса [1, 3].

Проведенные экспериментальные исследования позволили уточнить значения температуры масла в смазочной емкости при тепловой подготовке дизеля к пуску и необходимой силе тока, проходящей через нагревательный элемент масла в смазочной емкости. Средняя температура в зоне нагрева масла смазочной емкости составила 70°C . Температура масла в зоне нагрева изменяется по экспоненциальной зависимости со скоростью $5\dots 6^{\circ}\text{C}/\text{мин}$, а в районе стенок смазочной емкости температура изменяется линейно со скоростью нагрева $4\dots 5^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Погрешность в расчетах силы тока, проходящей через нагреватель, составила не более 7% [2].

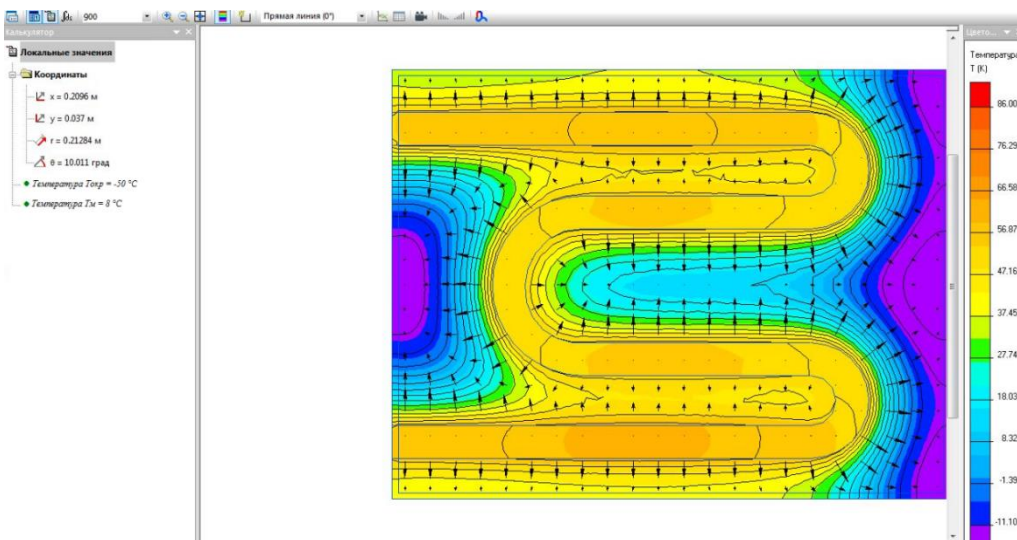
Реализуя полученные значения параметров прошлой статьи в имитационной программе Elcut 6.1 стало возможным воссоздать процесс нагревания моторного масла в смазочной емкости (поддон картера двигателя внутреннего сгорания) дизеля автомобильной техники при температуре окружающего воздуха минус 50°C (рисунок1).



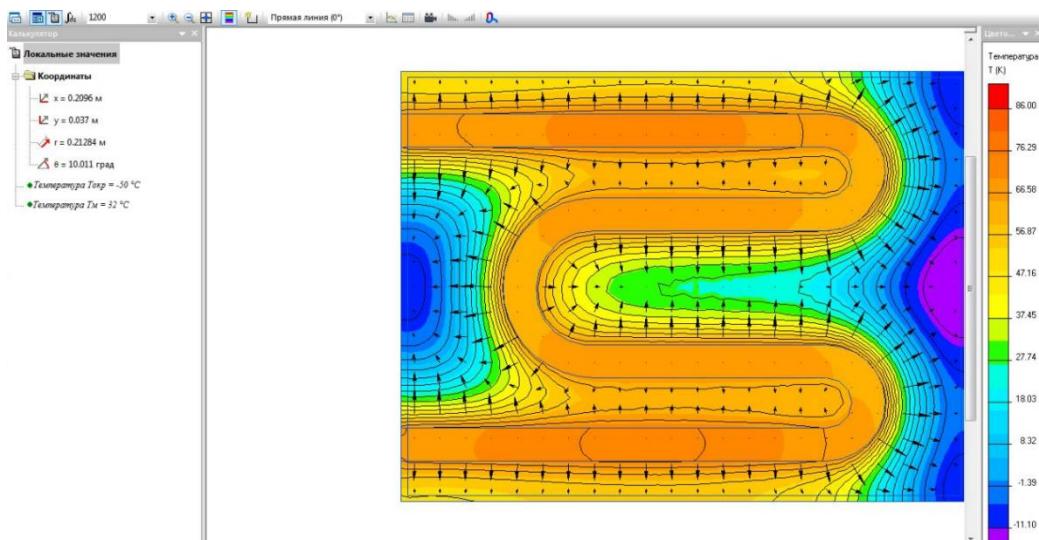
а) $\tau_{нд} = 5$ мин.



б) $\tau_{нд} = 7$ мин.



в) $\tau_{нд} = 15$ мин.



г) $\tau_{нд} = 20$ мин

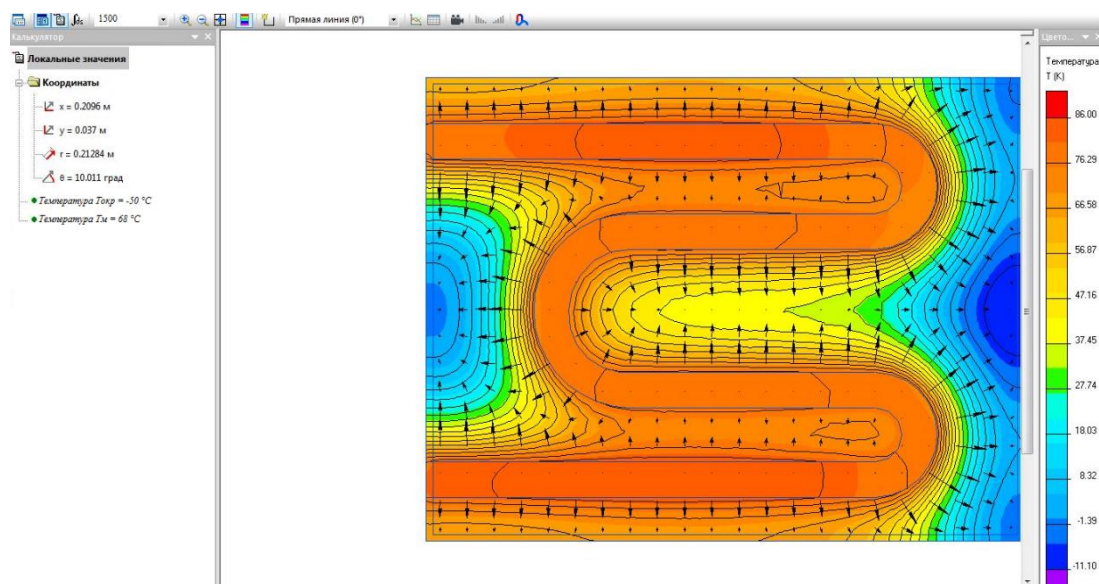
д) $\tau_{нд} = 25$ мин

Рис. 1. Результаты имитационного моделирования температурных полей в слое разогретого картерного масла дизеля при температуре окружающего воздуха $T_{возд} = -50^{\circ}\text{C}$

Таким образом, распределение тепловых полей, полученное с применением программы Elcut 6.1, наиболее полно отражает процесс подогрева масла, так как учитывается наличие «линзы холодного масла», образующейся, как правило, на уровне электронагревателя при лавинообразном разрушении пласта холодного масла. Как видно электронагреватель вышел на номинальный режим тепловой подготовки масла к 7 минуте, где температура в зоне нагрева составила 18°C , а на стенках смазочной емкости минус 25°C (см. рисунок 1(а)); процесс подогрева масла наиболее быстро протекает в зоне нагрева смазочной емкости (скорость нагрева $3...4^{\circ}\text{C}/\text{мин}$), чем пристеночном области, где скорость нагрева составляет $2...3^{\circ}\text{C}/\text{мин}$; к 20 минуте после начала тепловой подготовки температура масла в зоне нагрева составила 70°C смазочной емкости, а в пристеночном области составила 35°C , такое расхождение в показаниях температуры объясняется низкой конвекцией тепла в масле (рисунок 1(г)); средняя температура масла в смазочной емкости за время нагрева 25 минут составила $12,5...15^{\circ}\text{C}$, что при в условиях низких температур ($T_{окр} = \text{минус } 50^{\circ}\text{C}$) благоприятно влияет на прокачиваемость масла и способствует образованию масляной пленки на парах трения, при этом профицит времени составил 17%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Жуков Л.В., Герасимов И.А., Яковлев С.В. Экспериментальные исследования работы нагревательного элемента масла дизеля автомобильной техники. /Строительные и дорожные машины. – 2020. – №2. – С. 37-39.

2. Жуков Л.В., Гребенюк И.И., Бараш А.Л. Результаты экспериментальных исследований работы нагревательного элемента дизеля автомобильной техники. /Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. – 2019. – С. 76-81.

3. Жуков Л.В. Методика расчета нагревательного элемента устройства тепловой подготовки ДВС спецтехники. / Строительные и дорожные машины. – 2015. – №12. – С. 19-21.

УДК 621

Д. В. Иванов, В. В. Киселев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОПТИМИЗАЦИЯ РАСХОДОВАНИЯ РЕСУРСА ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ

Аннотация: в данной работе приводятся результаты анализа использования основных пожарных автомобилей на пожарах на примере одного из местных пожарно-спасательных гарнизонов. Выявлено неравномерное использование пожарных автомобилей в различных пожарно-спасательных частях. Проведен анализ материальных затрат на техническое обслуживание пожарных автомобилей. Даны рекомендации по оптимизации использования пожарных автомобилей на примере местного пожарно-спасательного гарнизона.

Ключевые слова: надежность, эффективность, пожарный автомобиль, материальные затраты.

D. V. Ivanov, V. V. Kiselev

OPTIMIZATION OF THE RESOURCE OF FIRE VEHICLES AS A FACTOR OF MAINTENANCE OF FIRE AND RESCUE UNITS COMBAT READINESS

Abstracts: this paper presents the results of an analysis of the use of the main fire trucks on fires using the example of one of the local fire and rescue garrisons. The uneven use of fire trucks in various fire and rescue units was revealed. The analysis of material costs for the maintenance of fire trucks was carried out. Recommendations are given for optimizing the use of fire trucks on the example of a local fire and rescue garrison.

Keywords: reliability, efficiency, fire truck, material costs.

Под повышением эффективности противопожарной защиты, понимается укомплектование подразделений пожарными автомобилями и использование современных технических средств при тушении пожаров с целью минимизации воздействия опасных факторов пожара на людей и имущество [1].

Пожарные подразделения могут характеризоваться различной интенсивностью использования основной и специальной пожарной техники, состоящей на их вооружении. Целью работы является проработка вопроса обеспечения пожарных подразделений, где техника эксплуатируется более интенсивно новыми техническими средствами. Для решения данной задачи возможно применить динамическую оптимизационную модель. В условиях ограниченных ресурсов на обновление, техническое обслуживание и ремонт техники в настоящее время крайне актуальна грамотная организация эксплуатации технических средств при обеспечении защиты от пожаров и чрезвычайных ситуаций. Существующие реалии, когда уровень ответственности руководителей пожарных подразделений стал выше, кроме пожаров, они отвечают еще за чрезвычайные ситуации и гражданскую оборону, большую роль играет организация правильной эксплуатации технических средств. Очень важно правильно организовать эксплуатацию технических средств и обеспечить максимальную готовность техники к тушению пожаров.

Применение описываемой в данной работе математической модели позволит выполнить оценку показателя эффективности применения пожарных автомобилей, состоящих на вооружении пожарно-спасательных частей, а также произвести перераспределение пожарных автомобилей между частями с различной интенсивностью выездов. Эти мероприятия должны способствовать повышению готовности пожарных подразделений к реагированию на чрезвычайные ситуации и повысить эффективность работы подразделений на месте вызова [2].

Для использования предлагаемых методик оценки остаточной стоимости целесообразно произвести оценку интенсивности эксплуатации пожарной техники в подразделении. Проводя анализ частоты выездов пожарной техники различных пожарно-спасательных частей на примере городского округа, пришли к выводу, что техника загружена не равномерно. Например, наибольшее количество выездов обслуживают две – три пожарно-спасательные части, тогда как другие части местного пожарно-спасательного гарнизона привлекаются реже [3]. В большинстве городов наблюдается именно такая ситуация. Иногда эта разница может достигать до 10 раз.

Из этого можем сделать очевидный вывод, что степень износа пожарной техники будет совсем не равномерной. В отдельных частях пожарные автомобили будут перегружены, и как следствие, вероятность их выхода из строя будет повышенной, в других частях ряд автомобильной техники задействован на тушение пожаров низко.

С учетом показателей, полученных в ходе анализа применения пожарной техники, следует принять для дальнейших исследований, как минимум, два подразделения, где нами будут зафиксированы экстремумы (минимум и максимум) интенсивности эксплуатации пожарных автоцистерн [4].

Для оптимизации общего пробега пожарных автоцистерн целесообразно промоделировать процесс передачи пожарной автоцистерны из пожарно-спасательной части с максимальным количеством выездов в пожарно-спасательную часть с минимальным количеством выездов. Для разработки динамической оптимизационной модели проведем исследование эксплуатационных затрат в пожарно-спасательных частях с минимальной и максимальной интенсивностью выездов пожарных автомобилей.

Затраты на содержание пожарной техники зависят от возраста техники, интенсивности ее эксплуатации, условий эксплуатации, времени работы на пожаре или ЧС, характеристик климатической зоны, плотности населения в населенном пункте, плотности застройки населенного пункта, состояния дорожного покрытия населенного пункта, развитости дорожной сети, своевременности и качества проведения технического обслуживания, подготовленности водительского состава, и т.д.

На вооружении пожарно-спасательных частей основным видом пожарного автомобиля является пожарная автоцистерна, поэтому применение динамической оптимизационной модели проводилось применительно к ним. Следует отметить, что 31% основных пожарных автомобилей эксплуатируется более 30 лет, а 24 % - от 20 до 30 лет, тем самым, в условиях увеличения количества выездов пожарных подразделений некоторые подразделения не в состоянии обеспечить требуемый уровень противопожарной защиты без обновления парка пожарной техники [5].

Среднегодовые затраты на содержание пожарной автоцистерны в подразделении с высокой интенсивностью составляют около 60 тыс. рублей в год в первые три года эксплуатации. На четвертом году требуется ремонт, замена автомобильных шин, аккумуляторных батарей и других дорогостоящих материалов стоимостью 500 тыс. руб., после которого на 5-м, 6-м и 7-м годах эксплуатации затраты составят 80 тыс. руб. в год, учитывая, что к концу 7-го года потребуется замена аккумуляторных батарей. Исходя из среднегодового расхода моторесурса предполагаем, что на восьмом году потребуется средний ремонт стоимостью 700 тыс. руб., после которого на 9-м, 10-м годах эксплуатационные затраты составят 90 тыс. руб. в год. На 11-м году для дальнейшей эксплуатации требуется капитальный ремонт стоимостью 2 млн. рублей, что нецелесообразно, принимаем решение о передаче автоцистерны в другое подразделение с меньшей интенсивностью использования пожарной техники, например, в подразделение добровольной пожарной охраны.

Минимальной остаточной стоимостью обладает пожарная автоцистерна с первого по пятый год эксплуатации, если производить расчет износа, отражающего влияние срока службы и пробега пожарного автомобиля. Среднее значе-

ние остаточной стоимости пожарной техники получается при использовании методики, которая учитывает единые нормы амортизационных отчислений на полное восстановление.

В связи с тем, что пожарная техника в подразделениях раньше установленного срока эксплуатации, как правило, не реализуется, через 11 лет эксплуатации наиболее предпочтительна остаточная стоимость, рассчитанная с учетом износа от общего пробега при передаче пожарной автоцистерны через три года эксплуатации в подразделении с меньшей интенсивностью выездов.

На основании анализа остаточной стоимости, предлагается принимать решения по организации эксплуатации пожарной техники. Первые три года эксплуатации пожарной техники предлагается не рассматривать для передачи, считать, что данная операция не целесообразна с учетом потребности в дополнительной подготовке водительского состава. Через 3 года эксплуатации пожарной автоцистерны в пожарно-спасательной части с максимальной интенсивностью использования, с 4 по 11 годы автоцистерну следует передавать в пожарно-спасательную часть с меньшей интенсивностью использования. Менее трех лет эксплуатации пожарной техники в одном подразделении предлагается не рассматривать, так как водительский состав, эксплуатирующий технику, должен раз в три года пройти переаттестацию с обучением на учебном пункте, что позволит поставлять в подразделение с высокой интенсивностью эксплуатации поставлять новые образцы пожарной техники и обучать водительский состав.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». М.: ФГУ ВНИИПО, 2008. – 156 с.
2. Оптимизационные методы управления ресурсами пожарных подразделений: Монография / А.П. Сатин. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 155 с.
3. Киселев В.В., Жуков Ю.А. Повышение износостойкости деталей трансмиссий пожарных автомобилей за счет применения высокоэффективных смазочных материалов. // В сборнике: Пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов XIV Международной научно-практической конференции, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охране России. – 2019. – С. 147-149.
4. Зарубин В.П., Топоров А.В., Киселев В.В., Яковенко Т.А. Разработка передвижной мастерской для проведения технического обслуживания пожарных автомобилей. // Техносферная безопасность. – 2017. № 4 (17). – С. 3-7.
5. Пономарев И.В., Киселев В.В. Анализ парка пожарной техники города Ульяновск и рекомендации по повышению ее надежности. // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России и 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов. Иваново. – 2020. – С. 285-288.

УДК 614.84:519

И. А. Кайбичев

Уральский институт ГПС МЧС России

ОЦЕНКА ВРЕМЕННОГО ИНТЕРВАЛА МЕЖДУ НЕШТАТНЫМИ СИТУАЦИЯМИ НА КОСМОДРОМАХ БАЙКОНУР И ВОСТОЧНЫЙ С ПОМОЩЬЮ ИНДИКАТОРА ЦЕНОВОГО КАНАЛА

Аннотация: Рассмотрены возможности применения индикатора ценового канала для оценки временного интервала между нештатными ситуациями на космодромах Байконур и Восточный.

Ключевые слова: индикатор ценового канала, нештатные ситуации, временной интервал, космодром.

I. A. Kaibichev

ESTIMATION OF THE TIME INTERVAL BETWEEN EMERGENCY SITUATIONS AT THE BAIKONUR AND VOSTOCHNY COSMODROMES USING THE PRICE CHANNEL INDICATOR

Abstract: The possibilities of using the price channel indicator to estimate the time interval between emergency situations at the Baikonur and Vostochny cosmodromes are considered.

Keywords: price channel indicator, emergency situations, time interval, cosmodrome.

Одной из проблем теории надежности является оценка временного интервала между ситуациями выхода оборудования из регламентного режима работы. Наибольшую актуальность эта проблема приобретает в процессе работы наиболее технически сложного оборудования. Рассмотрим возможный подход к решению этой проблемы. Даты нештатных ситуаций на космодромах Байконур и Восточный приведены в работе [1]. На основе этой информации рассчитаем временной интервал (количество дней) между нештатными ситуациями (Рис. 1).

Задача состоит в том, что на основе данной информации необходимо дать оценку временного интервала до следующей нештатной ситуации.

Одним из вариантов решения такой задачи является применение индикаторов фондового рынка [2,3]. Рассмотрим возможность применения индикатора ценового канала (Price Channel- PC) для решения этой проблемы.



Рис. 1. Временной интервал между нештатными ситуациями

Визуально индикатор ценового канала РС состоит из трех линий [2,3]. Верхняя линия определяет максимум цены за определенное количество периодов наблюдения, нижняя – ценовой минимум. Центральная линия дает среднее арифметическое значение.

Индикатор ценового канала РС позволяет определить тренд и подать сигнал о пересечении ценой акции или облигации нижней или верхней границ индикатора.

Заявку на покупку выставляют в случае пересечения ценой верхней границы индикатора, на продажу – при пересечении нижней границы (Рис. 2).

Восходящий тренд реализуется если пределы канала с момента начала роста еще ни разу не сужались. Когда пределы канала непрерывно сближаются, то тренд – нисходящий.

Рассматриваемый нами ряд временных интервалов между нештатными ситуациями состоит из 16 членов. Поэтому период наблюдения (расчета) индикатора принимаем равным $n = 13$. Расчет значений индикатора РС выполнен в программе Microsoft Excel (Рис. 3).



Рис. 2. Стратегии с индикатором РС

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	N	Y	S _H	S	S _B			
2		1	6					
3		2	76					
4		3	272					
5		4	330					
6		5	318					
7		6	347					
8		7	18					
9		8	301					
10		9	46					
11		10	218					
12		11	225					
13		12	137					
14		13	75					
15		14	242	6	177	347		
16		15	133	18	183	347		
17		16	184	18	183	347		
18		17	?	18	183	347		

Рис. 3. Расчет значений индикатора РС

Значение нижней границы индикатора S_H находили как минимум из 13 предшествующих значений. Величина верхней границы S_B определялась с помощью максимума из 13 предшествующих значений. Значение средней линии S рассчитывали путем усреднения показателей верхней и нижней границы. Временной интервал между нештатными ситуациями у нас задавался целым количеством дней. Поэтому полученные значения округлены до целых.

На основании графика индикатора РС для временного интервала между нештатными ситуациями (Рис. 4) можно сделать некоторые выводы.

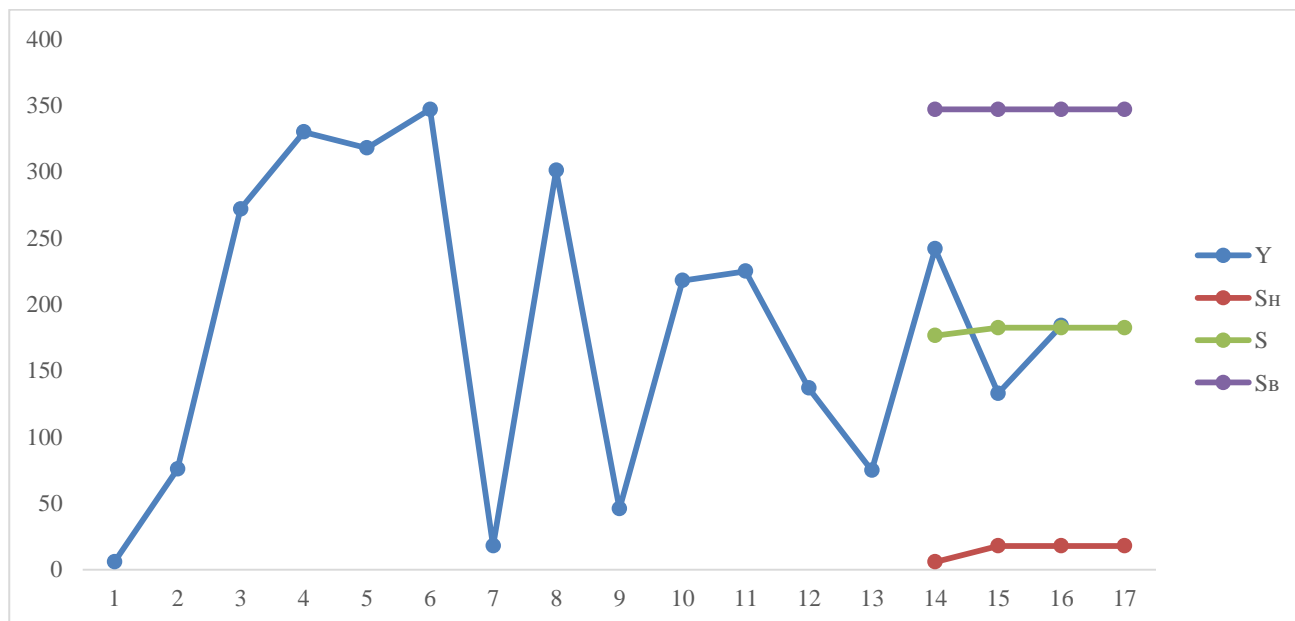


Рис. 4. График индикатора РС для временного интервала между нештатными ситуациями

Можно ожидать, что временной интервал до следующей нештатной ситуации составит от 18 до 347 дней.

Сужение канала незначительное, расширение отсутствует. Следовательно, тренда нет.

Последнее значение ряда равно 184, последнее значение для средней линии 183.

Пробоя верхней или нижней границы нет. Сигнал на рост или спад отсутствует.

В итоге можно ожидать колебания около средней линии, что в терминологии фондового рынка трейдеры описывают как «боковик».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кобелев, А.М. Анализ нештатных ситуаций на объектах наземной космической инфраструктуры космодромов Байконур и Восточный за период 2011-2020 гг / А.М. Кобелев, Н.М. Барбин, Д.И. Терентьев, С.А. Титов, В.В. Кокорин, Е.Н. Тужиков // Техносферная безопасность, 2021, № 3 (32). - с. 110-119.
2. Achelis, S.B. Technical analysis from A to Z / S.B. Achelis. – NY: McGraw-Hill, 2001. – 267 p.
3. Colby, R.W. The encyclopedia of technical market indicators / R.W. Colby. – NY: McGraw-Hill, 2003. – 177 p.

УДК 620.193.4+ УДК 621.7

З. С. Каргаев, П. В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

К ВОПРОСУ О ПРИЧИНАХ НИЗКОЙ НАДЕЖНОСТИ СТАЛЬНЫХ БАКОВ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ ПОЖАРНЫХ АВТОЦИСТЕРН

Аннотация: Пожарная и аварийно-спасательная техника должна находиться в постоянной боевой готовности. Обеспечить безотказную работу техники можно при условии регулярного осмотра технического состояния всех узлов и агрегатов, регулярного обслуживания, а также квалифицированного и своевременного ремонта. Одним из проблемных вопросов эксплуатации пожарных автоцистерн является периодическое образование течи в сварных швах баков пенообразователя. В данной статье рассмотрены причины коррозионного разрушения сварных швов баков пенообразователя.

Ключевые слова: пожарная техника, пенообразователь, бак пенообразователя, сталь, электрохимическая коррозия, электродный потенциал

Z. S. Kargaev, P. V. Puchkov

TO THE QUESTION OF THE REASONS FOR THE LOW RELIABILITY OF STEEL TANKS OF THE FOAMING AGENT OF FIRE TANKERS

Abstract: Fire and rescue equipment must be in constant combat readiness. It is possible to ensure the trouble-free operation of the equipment on condition of regular inspection of the technical condition of all components and assemblies, regular maintenance, as well as qualified and timely repairs. One of the problematic issues of the operation of fire tankers is the periodic formation of leaks in the welds of the foaming agent tanks. This article discusses the causes of corrosion destruction of the welds of the foaming agent tanks.

Keywords: fire fighting equipment, foaming agent, foaming agent tank, steel, electrochemical corrosion, electrode potential.

Сплавы на основе железа (углеродистые стали и чугуны) заняли лидирующие позиции в производстве деталей машин. Однако данные сплавы обладают относительно невысокой коррозионной стойкостью при контакте с агрессивными средами: морской водой, атмосферной влагой, растворами кислот, щелочей и солей. Причиной коррозии железоуглеродистых сплавов служит термодинамическая неустойчивость железа. В недрах Земли железо находится в ионном состоянии в виде окисей, гидратов окисей и углекислых солей закиси железа, а также в виде разнообразных рудных минералов: магнетита ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), гематита (Fe_2O_3), сидерита (FeCO_3) и др. Во всех перечисленных

соединениях (системах) железо находится в ионном состоянии (Fe^{2+} или Fe^{3+}). Такое состояние системы является наиболее устойчивым, которое характеризуется меньшей свободной энергией. То есть ионное состояние для металла более энергетически выгодно, нежели металлическое состояние. По этой причине железистые сплавы самопроизвольно разрушаются, переходя в ионное состояние в следствии химического или физико-химического воздействия окружающей средой.

В настоящее время большой перечень деталей современных пожарных автомобилей изготавливают из углеродистых и легированных сталей, основным компонентом в которых является железо (Fe). Этим обеспечивается необходимая прочность, долговечность, ударная вязкость деталей, высокие противозносные свойства. Однако у углеродистой конструкционной стали, имеется существенный недостаток, она обладает низкой коррозионной стойкостью.

Коррозии способствует соприкосновение деталей машин и механизмов с окружающей средой: с атмосферой, горюче смазочными материалами, специальными и охлаждающими жидкостями, огнетушащими средствами. По отношению к поверхностям металлических деталей они являются внешней коррозионно активной средой. Поэтому вопросы защиты деталей машин от коррозии на сегодняшний день весьма актуальны. Решение данных вопросов позволит сэкономить значительное количество материальных средств, трудовых ресурсов и дорогостоящих материалов.

В настоящее время существуют пожарные автомобили (автоцистерны) оснащенные баками пенообразователя, изготовленными из стеклопластика или из коррозионностойкой стали [7]. Баки пенообразователя из стеклопластика имеют ряд преимуществ перед стальными, а именно: не требуют защиты от коррозии, они имеют меньший вес и характеризуются хорошими теплоизолирующими свойствами. Но проблема заключается в том, что до сих пор еще достаточно много пожарных автоцистерн, стоящих на боевом дежурстве по всей нашей стране оснащены баками из коррозионностойкой стали. Однако сварные швы таких баков (для хранения и транспортировки) пенообразователя подвержены коррозионному разрушению (рис.1).

Так как пенообразователь может иметь щелочную или кислотную основу, то он является коррозионно-активной средой по отношению к корпусу металлического бака пенообразователя. По этой причине баки пенообразователя изготавливают из коррозионностойких сталей (нержавеющая сталь). Данный материал устойчив к коррозии при контакте с кислотами и щелочами.

Возникновение течи в сварных швах баков пенообразователя происходит по причинам, изложенным ниже. Технологически очень сложно изготовить бак из цельного листа нержавеющей стали, поэтому данные емкости изготавливаются из отдельных деталей с применением сборочных операций, а именно электродуговой сварки. При электродуговой сварке корпуса бака на сварной шов воздействует высокая температура факела, образующегося при горении электрической дуги ($T=2600 - 2900^{\circ}\text{C}$). При такой высокой температуре, воз-

действующей на область вокруг сварного шва и на сам сварной шов, происходит выгорание углерода и легирующих элементов с поверхности свариваемого металла.



Рис. 1. Коррозия сварных швов бака пенообразователя автоцистерны пожарной ЗИЛ АЦ 3.2-40

В результате выгорания легирующих элементов с поверхности сварного шва, его химический состав и механические свойства будут отличаться от химического состава стали из которой изготовлен корпус бака. Сварной шов будет обладать меньшей коррозионной стойкостью и более низкими механическими свойствами чем основной металл (рис.2).

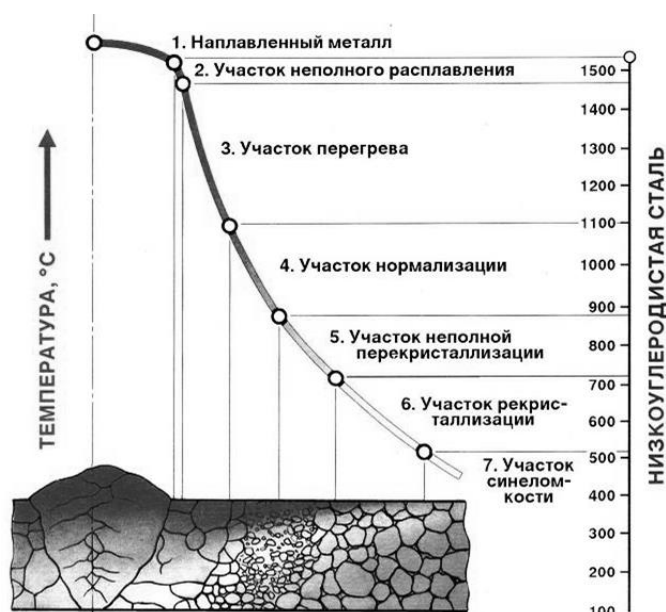


Рис. 2. Структура сварного шва с зонами термического воздействия: 1 – столбчатая литая с пониженными механическими свойствами; 2 – рост зерна, образование игольчатой структуры с повышенной хрупкостью; 3 – крупнозернистое строение с пониженной ударной вязкостью и пластичностью; 4 – измельчение зерна, повышение механических свойств; 5 – смешанное строение из мелких и крупных зерен с пониженными механическими свойствами; 6 – восстановление формы и размеров зерен металла; 7 – структура изменений не имеет

Также следует отметить, что сварной шов будет обладать большим количеством поверхностных и скрытых (внутренних) дефектов, чем свариваемые детали бака, что обуславливается сложностью технологического процесса сварки металлов. Такие поверхностные дефекты сварки как: подрез, ноздреватость поверхности шва, трещины, кратеры снижают его коррозионную стойкость. Кроме того, из-за разности химического состава основного металла и сварного шва их стандартные электродные потенциалы также будут отличаться. Пенообразователь, находящийся в баке является сильным электролитом – жидкостью, хорошо проводящей электрический ток, поэтому при контакте пенообразователя с металлом сварного шва и основного металла приводит к образованию микрогальванических элементов между ними (химической коррозии).

Коррозионное разрушение сварного шва можно объяснить протеканием следующих процессов: сталь является многофазным сплавом, каждая фаза обладает определенным электрохимическим потенциалом, поэтому при контакте с токопроводящей средой (пенообразователем) между фазами с различными электродными потенциалами образуется микрогальванический элемент. При этом катодом становится фаза с более электроположительным потенциалом, а анодом фаза с более электроотрицательным потенциалом. В нашем случае сварной шов становится анодом, а корпус бака пенообразователя – катодом. Сварной шов бака будет разрушаться (окисляться), железо, входящее в состав сварного шва будет переходить в ионное состояние, а высвободившиеся электроны будут перетекать на корпус бака и восстанавливать его.

В настоящее время проблема потери герметичности баков пожарных автоцистерн с металлическими баками пенообразователя полностью не решена. Поэтому вопрос повышения надежности баков пенообразователя является актуальным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков П.В., Масленников Р.А. Новые технические решения для заправки пожарных автомобилей пенообразователем Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. –С. 108-1112.

2. Пучков П.В., Кононов И.А. Коррозионное разрушение резьбовых соединений в водных растворах. ЭЛЕКТРОМЕХАНОТРОНИКА И УПРАВЛЕНИЕ// четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2019»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 4. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2019. – 87 с.

3. Пучков П.В., Иванов А.В., Тимофеева С.В. Опасности, возникающие при эксплуатации резервуаров, используемых для хранения нефти и нефтепродуктов // Проблемы безопасности. Технологии. Управление. Новые горизонты «Безопасность – 2012»: материалы XVII Всероссийской студенческой научно-практической конфе-

ренции с международным участием (Иркутск, 17-20 апреля, 2012 г.). –Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2012. С. 179-180.

4. Защита от коррозии, старения и биоповреждений машин, оборудования и сооружений. Справочник под редакцией А.А. Герасименко. Москва, «Машиностроение», 1987.

5. Н.П. Жук. Курс коррозии и защиты металлов. Москва, «Металлургия», 1968

6. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии / Под ред. И.В. Семеновой. – М.: Физматлит, 2002. – 336 с.

7. Пожарная техника: Учебник / Под ред. М.Д. Безбородько.-М.: Академия ГПС МЧС России, 2004.-550 с.

УДК 629.356

Н. Р. Кашапова¹, Е.А. Журнова¹, Л. Г. Малышевская²

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

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

НАДЕЖНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНЫХ ЦИСТЕРН ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Аннотация: исследуются требования, обеспечивающие надежность и безопасность автоцистерн для перевозки нефтепродуктов. Проведен анализ нормативно-технических требований и разработана древовидная диаграмма качества и безопасности автоцистерн для перевозки нефтепродуктов.

Ключевые слова: автомобильные цистерны, нефтепродукты, надежность, безопасность, транспортировка нефтепродуктов.

N. R. Kashapova, E. A. Zhirnova, L. G. Malyshevskay

RELIABILITY OF ROAD TANKERS FOR TRANSPORTATION OF PETROLEUM PRODUCTS

Abstracts: the requirements that ensure the reliability and safety of tankers for the transportation of petroleum products are investigated. The analysis of regulatory and technical requirements was carried out and a tree diagram of the quality and safety of tankers for the transportation of petroleum products was developed.

Keywords: tank cars, petroleum products, reliability, safety, transportation of petroleum products.

Несмотря на активное развитие альтернативной энергетики, нефть и продукты ее переработки продолжают оставаться основным мировым энергоносителем. Нефтепродукты (далее – НП) – это достаточно большая группа материалов, произведенных из сырой нефти. К ним относятся различные виды топлива, такие как бензин, керосин, дизельное топливо, а также масла, технологические консистентные смазки, твердые продукты, такие как битум и парафин.

Россия обладает одними из крупнейших запасов данного сырья, поэтому вопрос его быстрой, безопасной и экономически эффективной перевозки является очень актуальным для нашей страны.

Чаще всего для транспортировки НП используются следующие виды транспорта:

- автомобильный: отлично подходит для перевозки небольших партий нефтепродуктов на малые и средние расстояния. Важным преимуществом автотранспорта является возможность доставки материалов практически в любой населенный пункт;

- железнодорожный: позволяет доставлять жидкие углеводороды по суше на большие расстояния очень крупными партиями. Также он подходит для перевозки в удаленные населенные пункты крайнего севера, дальнего востока и Сибири, с которыми отсутствует нормальное автомобильное сообщение, но куда проложены железнодорожные магистрали;

- водный: для транспортировки очень больших объемов нефтепродуктов на дальние расстояния очень часто применяются морские и речные танкеры. Именно в них нефть обычно доставляется при ведении международной торговли;

- трубопроводный: самый дешевый и простой вариант доставки практически любых объемов нефти на дальние расстояния. Главным ограничением является слабая разветвленность трубопроводных сетей [1].

Автотранспорт практически всегда является обязательной составляющей цепочки при транспортировке НП. Именно он чаще всего используется при доставке груза до конечного потребителя. Поскольку транспортировка НП в этом случае осуществляется по дорогам общего пользования, она должна соответствовать целому ряду правил и требований, направленных на обеспечение безопасности.

Для перевозки НП используется большое количество автомобильных цистерн (далее – АЦ), которые одновременно играют роль транспорта и средства измерения (далее – СИ). Поскольку стоимость НП высока, а сами НП являются грузом повышенной опасности, к надежности АЦ предъявляются повышенные требования. В ходе исследования проведен анализ требований к безопасности и качеству АЦ, разработана диаграмма, которая представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Требования, обеспечивающие безопасность и качество АЦ

Большинство НП соответствует 3-му классу по Европейской классификации ADR (ДОПОГ). К этому классу относятся легковоспламеняющиеся жидкости, а также их смеси, температура вспышки которых не выше 60 °С [2]. Требования к использованию АЦ, их степени наполнения, эксплуатации и т.д. установлены в части 4 Европейского соглашения о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ/ADR) [3].

Опасность этих веществ заключается в том, что они обладают свойством давать пары, образующие с воздухом горючую смесь. Кроме того, многие продукты переработки нефти являются токсичными для человека и окружающей среды. Поэтому при транспортировке НП необходимо максимально снизить риск их разлива, чтобы исключить нанесение серьезного ущерба как здоровью людей, так и экологии. В связи с этим при перевозках используется специализированный транспорт, а также действуют очень жесткие правила безопасности.

Классификация АЦ, общие технические требования, а именно требования назначения, надежности, стойкости к внешним воздействующим факторам и живучести, эргономики, технологичности, комплектности, маркировки, безопасности, требования к конструкции, материалам и покупным изделиям устанавливаются ГОСТ 33666-2015 «Автомобильные транспортные средства для транспортирования и заправки нефтепродуктов. Технические требования» [4]. В ходе исследования разработана древовидная диаграмма, которая позволяет систематизировать показатели качества и безопасности АЦ, детализировать их содержание на различных уровнях. Показано, что требования к безопасности и качеству АЦ определяется конкретным назначением, дополнительной комплектацией и характером перевозки. Древовидная диаграмма представлена на

рисунке 2.



Рис. 2. Древоидная диаграмма качества и безопасности АЦ

Надежность перевозки НП в АЦ обеспечиваются следующими требованиями:

- значения показателей надежности АЦ должны быть не ниже значений соответствующих показателей шасси автотранспортных средств (далее – АТС), на базе которых они изготовлены. При этом номенклатура показателей надежности и их конкретные значения, а также критерии предельного состояния и

отказов устанавливаются в конструкторской документации (далее – КД);

- ресурс СИ, устанавливаемых на АЦ для контроля работы различных агрегатов, должен соответствовать ресурсу АЦ до капитального ремонта, если иное не предусмотрено в нормативной документации и КД на средства измерения [4].

От конкретного назначения АЦ будут зависеть следующие параметры АЦ:

- масса АЦ;
- объем АЦ;
- материалы, из которых изготовлена цистерна;
- форма транспортного средства;
- предельная скорость передвижения;
- диаметр трубопровода;
- число отсеков;
- размещение технического шкафа;
- и т.д.

АЦ, применяемые для транспортировки НП могут быть различной формы, но обычно они обладают корпусом именно овальной формы, так как такая форма является оптимальной с точки зрения аэродинамики и правильного распределения давления жидкости по внутренней поверхности. Они оборудуются задвижкой для слива продукта, указателем уровня, дыхательным клапаном, съемными волнорезами, которые минимизируют влияние ударной волны, возникающей при торможении или ускорении автомобиля. Также автоцистерны в обязательном порядке комплектуются огнетушителями и заземляющими устройствами, обеспечивающими отвод статического электричества в землю. Если же необходимо транспортировать НП в условиях бездорожья, то используются более мощные АТС, к которым присоединяют 3-осные прицепы. Такие транспортные средства оснащаются специальными шинами и дополнительными габаритными сигналами. Также обязательно имеются запасные колеса.

Таким образом, на качество и безопасность АЦ при перевозке НП влияет множество факторов, а из-за опасности и дороговизны НП, а также повсеместного использования АЦ для их транспортирования очень важно четкое выполнение всех установленных требований, как при производстве АЦ, так и при их дальнейшей эксплуатации, так как их несоблюдение может привести к серьезному ущербу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Транспортировка нефтепродуктов [Электронный ресурс]. URL: <https://postavcom.ru/info/articles/10542-transportirovka-nefteproduktov.html> (дата обращения: 21.03.2022).
2. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ/ADR). Том 1. М.: Copyright United Nations, 2020. 740 с.
3. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных

грузов (ДОПОГ/ADR). Том 2. М.: Copyright United Nations, 2020.724 с.

4. ГОСТ 33666-2015 Автомобильные транспортные средства для транспортирования и заправки нефтепродуктов. Технические требования М.: Стандартинформ, 2016. 27 с.

УДК 621.1

А. Д. Кашталап, И. И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

ТЕРМОВАКУУМНАЯ СУШКА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Ключевые слова: маслонаполненное электроэнергетическое оборудование, изоляция, термовакуумная сушка, трансформатор, влагосодержание.

Аннотация: рассматриваются современные способы сушки изоляции при изготовлении трансформаторов.

A. D. Kashtalap, I. I. Vedernikova

THERMAL VACUUM DRYING IN THE MANUFACTURE OF TRANSFORMERS

Keywords: oil-filled electric power equipment, insulation, thermal vacuum drying, transformer, moisture content.

Abstract: modern methods of drying insulation in the manufacture of transformers are considered.

Современная электроэнергетика широко применяет маслонаполненное электроэнергетическое оборудование (мнээо) – трансформаторы (реакторы) напряжением 35; 110; 150; 220; 330; 500; 750; и 1150 кВ, а также и другое оборудование мощностью 4000 и 6300 кВ•А класса напряжения 35 кВ. Мнээо применяются в производстве различной промышленности, в том числе и для линий электропередач напряжением переменного и постоянного тока.

В обеспечении надежности работ мнээо важную роль, если не одну из основных и играет система изоляции. Усовершенствованием изоляции высокого напряжения, вызванное качеством мнээо, определяется усовершенствованием технологии её сушки и дегазации, при необходимости, регенерации. Основными вопросами качества обработки изоляции являются вопросы связанные с удалением воды, газов и др. вредных примесей, присутствующих, как в твердой так и в жидкой фазах.

В заводских условиях важно знать пределы количественных значений влагогазосодержания, к которым следует стремиться при сушке и дегазации изоляции на заводе. Трудной задачей является сохранение первоначального (заводского) состояния изоляции в течение всего срока эксплуатации мнээо.

В связи с повышением мощностей мнээо термовакуумная обработка изоляции и способы её поддержания в пределах первоначального (заводского) состояния в эксплуатации приобретают все большие значения.

В работе мнээо особое внимание уделяют качеству изоляции, которое бы обеспечивало необходимую его надежность.

В результате длительной эксплуатации мнээо электрическая прочность изоляции ухудшается. Для поддержания её на должном уровне использовался ранее метод замены масла на новое, а масло, бывшее в эксплуатации, отправлялось на маслостанции или на другие хозяйственные нужды. Такой подход по использованию масел, бывших в эксплуатации, не эффективен.

Все эти факторы привели к более эффективному использованию свежих и эксплуатационных масел методом термовакуумной обработки трансформаторных масел и их восстановления посредством регенерации. Так, например, жидкая изоляция перед заливкой в мнээо напряжением 750 и 1150 кВ должна содержать влаги около 5г/т (масс.), газа менее 0,1 % (об) и механических примесей менее 5 г/т (масс.). Обеспечить такие требования, можно применив технологический метод термовакуумной обработки изоляции, используя вакуум-дегазационные установки и установки по регенерации, т.е. восстановлению и сушки всей системы изоляции.

Улучшение качества изоляции снижает материальные и трудовые затраты на изделия, увеличивает межремонтные периоды, следовательно, снижает ресурсную стоимость изделия.

Сроком эксплуатации мнээо считается срок жизни всей системы изоляции, которая эксплуатируется более 10 лет. Наиболее широко используемая система изоляции является жидкая и твердая изоляция.

Причина пробивного напряжения в мнээо – старение системы изоляции, которое достигает свыше 70 % по сравнению с другими причинами выхода из строя высоковольтного маслонаполненного оборудования (ввмно), и свыше 80 % происходит из-за повреждения системы изоляции.

Трансформаторные масла являются хорошей изоляцией; пропитанная им твердая изоляция (бумага, картон и др. материалы) обеспечивает электрическую прочность ввмно. Низкая вязкость трансформаторного масла обладает достаточно хорошей проницаемостью в материал твердой изоляции, а также способностью отводить тепло в систему охлаждения. Стабильность масел от окисления позволяет работать ввмно при высоких температурных режимах. И тем самым защищать систему изоляции от преждевременного повреждения.

Старение жидкой изоляции обычно связано с его окислением. При появлении в масле воды и кислорода, масло окисляется даже, при встроенных в трансформатор воздухоосушителях (силикагелевые патроны).

На его состояние также влияют загрязнения на основе твердых материалов и сред, которые растворяются в масле. Реакция, проходящая в масле между нестабильными гидрокарбонатами, кислородом и другими катализаторами, таким как влажность, тепловая и электротермодинамическая нагрузка, приводят к окислению (старению) масла.

Термодинамические процессы и влажность вместе с окислением, которые действуют как катализатор, являются главной причиной старения твердой изоляции.

Для обеспечения высокой электрической прочности изоляции вопрос очистки трансформаторных масел с последующей заливкой в ввмно приобрел актуальное значение. Очистка жидкой изоляции основана на технологии термовакуумной сушки и дегазации. Увеличение срока службы ввмно, в частности трансформаторов, выдвигает повышенные требования к обработке масел, что и вызвало создание устройств, которые бы обеспечивали качественную обработку масел, удовлетворяющие требованиям современного ввмно (трансформаторостроения и др. электрооборудования).

Повышение качества, надежности и долговечности маслonaполненного электроэнергетического оборудования(мнээо) являются актуальными проблемами научно-технического прогресса.

Выполнение высоких требований, предъявляемых к производству высоковольтного оборудования: силовых и измерительных трансформаторов, высоковольтных вводов, конденсаторов и др. могут быть достигнуто за счет хорошей технологической базы производства.

Процесс термовакуумной сушки и пропитки является одним из ответственных и продолжительных этапов технологии производства высоковольтного оборудования. От степени совершенства технологического процесса зависит не только качество системы изоляции (а, следовательно, надежность и экономичность работы оборудования в эксплуатации), но технико-экономические показатели электротехнического производства, что становится особенно актуальным в условиях общего дефицита материальных и энергетических ресурсов.

В связи с этим выбор оптимальных вариантов тепломассообмена за счет вакуумных откачных средств, как для сушки, так и термовакуумной обработки изоляции становится основной задачей.

Следует отметить, что процесс сушки и пропитки высоковольтного оборудования (вво) является энергоемким технологическим процессом.

Высокие требования, предъявляемые к степени удаления влаги и глубокой дегазации системы изоляции высоковольтного оборудования перед пропиткой, наряду с высокой термочувствительностью целлюлозной изоляции обуславливает необходимость сушки в условиях относительно высокого вакуума, когда величина остаточного давления на конечной стадии сушки и перед пропиткой не должна превышать величины 0,1 мм рт.ст.

Под термовакуумной сушкой понимается – тепло-массообменные процессы, которые происходят в изоляции под действием изменения температуры и давления. Термовакуумная сушка необходима для получения качества системы изоляции в соответствии эксплуатационными требованиями мнээо.

Использование термовакуумной технологии сушки при изготовлении высоковольтного оборудования связано с применением сложных дорогостоящих вакуум-сушильных и вакуумных установок.

Разнообразие конструкций вакуум-сушильных установок, методов сушки определяется оптимальным режимом для конкретного материала, применяемого в изделии. Нельзя подходить с одной и той же технологией для сушки изделий, выполненных из целлюлозных материалов с разными их плотностями. Выбор метода и режима сушки изделий (вакуумная, токами пониженной частоты, парами теплоносителя, циркуляция горячего масла и т.п.) определяется типом и его размерами.

Методы и режимы сушки близки между собой, если материалы одной группы имеют одинаковую дисперсность или одинаковую форму тел. При таком подходе можно наиболее рационально подойти к выбору оптимального режима сушки и конструкции сушильного устройства. Однако, оптимальный режим сушки определяется путем более тщательных исследований и глубоких знаний по переносу тепла и влаги внутри высушиваемого материала.

Пренебрежение основными законами переноса влаги внутри материала могут привести к ряду практических ошибок, а именно: большим затратам на проектирование сушильных установок, их испытания и, в результате, неэффективном технологическом процессе в производстве высоковольтного оборудования.

Таким образом, знание теории тепломассообмена позволяет создавать эффективную технологию сушки, экономично используя затраты электроэнергии, сокращая время сушки и качества выпускаемой продукции.

Установлено, что процесс увлажнения, пропитанной изоляции с последующей вакуумировкой, больше сказывается на электрокартоне, чем на кабельной бумаге. Учитывая, что в силовых трансформаторах электрокартон составляет 90 % всей изоляции, он был взят за основу при анализе результатов испытаний.

При вакуумировании увлажненной изоляции в течении первых двух часов происходит заметное снижение влагосодержания изоляции, в процессе дальнейшего вакуумирования влагосодержание снижается очень медленно.

По результатам проведенных исследований рекомендовано производить сборку активных частей трансформаторов после сушки и пропитки при относительной влажности воздуха до 55 % в течение не более 16 часов; вакуумировку увлажненной изоляции производить в течение двух часов. Допустимое время пребывания на воздухе активных высушенных непропитанных частей трансформаторов при относительной влажности воздуха 55 % рекомендуется не более 3-х часов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куц, П.С. Теплофизические и технологические основы сушки высоковольтной изоляции [Текст] / Под ред. Р.И. Солоухина. - Минск: Наука и техника, 1979. - 294 с., 1 отд. л. карт.: ил.; 22
2. Сергеенков Б.Н., Киселев В.М., Акимова Н.А. Электрические машины. Трансформаторы: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1989.
3. Электротехнический справочник. Т.2. Электротехнические изделия и устройства. М.: Издательство МЭИ, 1998.

УДК 614.84

М. В. Квасов, И. А. Легкова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ДВЕРЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ОГНЕСТОЙКОСТИ

Аннотация: В статье рассмотрен вопрос о повышении огнестойкости офисных дверей. Предложена конструкция двери с повышенным уровнем огнестойкости, особенность предлагаемой разработки заключается в создании системы подачи углекислого газа по всей площади двери с целью охлаждения конструкции.

Ключевые слова: пожар, пожарная безопасность, степень огнестойкости, углекислый газ, офисные двери.

M. V. Kvasov, I. A. Legkova

MODERNIZATION OF THE DOOR DESIGN TO INCREASE THEIR FIRE RESISTANCE

Abstracts: The article considers the issue of increasing the fire resistance of office doors. A door design with an increased level of fire resistance is proposed, the peculiarity of the proposed development is to create a carbon dioxide supply system over the entire area of the door in order to cool the structure.

Keywords: fire, fire safety, degree of fire resistance, carbon dioxide, office doors.

Пожар – это страшное явление, с которым человечество борется на протяжении всего своего существования. У огня нет морали, он не смотрит на пол и возраст, ни жалеет ни женщин, ни детей, ни стариков. Он вездесущ и повсеместен.

За многие столетия поведение огня при его неконтролируемом горении стало наукой. За последние 200 лет пожарная охрана шла в ногу с техническим прогрессом и до сих пор не стоит на месте. Чем тушить? Как тушить? Когда? Все эти вопросы давно изучены, а ответы на них находят эффективное отражение в деятельности пожарных по всему миру ежедневно. Казалось бы, все исследовано до мелочей, но несмотря на это люди все равно продолжают гибнуть на пожарах. Причин материального и физического ущерба сотни, начиная от безответственности самих граждан, заканчивая неисправностью техники и оборудования.

Специалисты пожарной охраны четко отдают себе отчет в том, что полностью защитить населения от пожаров невозможно, однако можно минимизировать их количество, а в крайнем случае и потери. Данная работа посвящена разработке, способной повлиять на распространение огня в помещении через дверные проемы.

Поскольку одними из основных факторов пожара является тепловой поток и повышенная температура окружающей среды, распространение огня происходит преимущественно через дверные проемы [1]. Не сложно представить поведение деревянной межкомнатной двери при температуре в 300 °С. Даже в закрытом состоянии дверь вряд ли будет являться серьезной преградой для распространения пламени.

Тем временем сохранение целостности дверного полотна необходима не только для ограничения развития пожара, но и для безопасной эвакуации людей, а иногда и для спасения их жизней.

Проанализировав данную проблему, можно прийти к выводу, что необходимо найти новый способ повышения уровня огнестойкости обычных офисных дверей, сделанных из древесно-стружечной плиты (ДСП). Эту проблему можно решить с помощью разработки специального наполнителя, который будет мешать распространению огня в случае возникновения пожара [2]. Отличительной особенностью предлагаемой конструкции двери является более высокое время прогорания по сравнению с обычными офисными дверями за счет использования гидрофильного наполнителя. Но при этом они более экономически выгодны по сравнению со специализированными огнеупорными дверями.

В результате были сделаны следующие выводы:

1. Наполнитель должен быть легким, дешевым и при горении не выделять токсичных веществ.
2. Помимо наполнителя в дверь необходимо поместить специальные капсулы с жидкостью, которые будут лопаться при достижении предельной температуры (мини противопожарные капсулы) и впитываться в наполнитель.
3. Наполнитель должен легко впитывать влагу, тем самым создавая естественную преграду распространению пламени.

Результатом разработки стала конструкция состоящая из древесных паллет с капсулами жидкости запечатанные в теле дверного полотна. Опытным путем была доказана эффективность данного метода огнезащиты, поскольку время сквозного прожога было увеличено более чем в 4 раза [3].

Другая, не менее важная проблема, заключается в реализации быстрой и безопасной эвакуации людей во время пожара. Зачастую двери запасных выходов закрыты на механические замки или обычные засовы. Для решения этой проблемы были разработаны специальные петли с пиропатронами [4]. Конструкция предполагает установку специального пиротехнического патрона в основание петель с механическим байком, который будет приводится в действие посредством пружины. После срабатывания устройства дверь слетает с петель, открывая доступ к путям эвакуации. Система отличается своей автономностью и независимостью от наличия электричества и ключей отпирающих данную дверь.

В приказе МЧС России № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ» сказано, что одним из способов прекращения горения является «охлаждение зоны горения огнетушащими веществами или посредством перемешивания горючего» [5]. Опираясь на это утверждение, можно сделать вывод, что в случае охлаждения любой конструкции, время, которое потребуется пожару для преодоления этой самой конструкции, будет увеличено.

Особенность предлагаемой разработки заключается в создании системы подачи CO_2 по всей площади двери с целью криогенного охлаждения конструкции.

Углекислый газ широко распространён в природе, очень дешев, нетоксичен, негорюч, безопасен для окружающей среды. Диоксид углерода, как природное вещество, не влияет на озоновый слой Земли и создаёт минимальный парниковый эффект – в тысячи раз меньший, чем у распространённых сегодня ГФУ-хладагентов. Уникальный комплекс характеристик, таких, как низкая вязкость, высокие плотность и теплоотдача, позволяют повысить энергоэффективность использования CO_2 .

Одно из ключевых требований – это безопасность процессов в используемой технологии. Поскольку в условиях повышенных температур различные газы будут вести себя по-разному, предпочтительно использование негорючих рабочих веществ. Взрывобезопасность и относительная не токсичность диоксида углерода особенно привлекательны в предлагаемой разработке.

По мимо всего прочего, используя углекислоту как охлаждающее вещество, физико-химические свойства газа позволяют нам не просто снизить температуру двери, но и ликвидировать горение самого полотна и прилегающей территории возле дверного косяка.

По своему строению конструкция будет представлять из себя силиконовую систему трубопровода по которым будет распространяться углекислый газ по всей площади дверного полотна. В теле самой двери будет сделано несколько полостей для установки баллончиков с CO₂ с термозамком, который будет срабатывать на пробой пломбы баллончика в случаях достижения критической температуры. Конструкция рассматривается с возможностью дальнейшей замены использованных газовых баллончиков на новые.

Данная разработка преследует следующие цели:

- ограничение распространения огня во время пожара;
- сохранение имущества;
- создание безопасной зоны в квартире для пребывания людей.

Таким образом можно сделать вывод, что еще на стадии разработки предлагаемая система отличается своей практичностью и эффективностью. Конечно предлагаемая конструкция будет стоить дороже обычных фанерных дверей из ДСП, а шанс на коммерциализацию, без поддержки соответствующих нормативных документов, обязующих их установку, и вовсе близок к нулю. Однако в случае пожаров в детских садах, больницах, общежитиях, данная разработка не просто позволит ограничить распространение огня, но и спасет сотни жизней.

Так же установка данной системы возможна и в специализированные огнеупорные двери, что выведет пожарную безопасность объектов на новый уровень, без особых финансовых затрат.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
2. Квасов М.В., Легкова И.А. Пути повышения уровня огнестойкости сооружения / Современные пожаробезопасные материалы и технологии: материалы Международной научно-практической конференции. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2021. – С. 271-275.
3. Квасов М.В., Легкова И.А. Пути повышения огнестойкости дверей / Надежность и долговечность машин и механизмов: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2021. – С.231-236.
4. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 (ред. от 28.02.2020) «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».

УДК 630.43

Ю. Н. Коваль

ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТУШЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

Аннотация: В статье рассмотрены основные технические средства, используемые для тушения лесных пожаров. Для борьбы с лесными пожарами существуют пожарные и специальные вспомогательные машины. Современное развитие техники позволяет тушить лесные пожары достаточно эффективно в любой точке на ранней стадии.

Ключевые слова: лесные пожары, технические средства, огонь, тушение, борьба с пожаром.

Yu. N. Koval

TECHNICAL MEANS FOR EXTINGUISHING FOREST FIRES

Abstracts: The article discusses the main technical means used to extinguish forest fires. To fight forest fires, there are fire engines and special auxiliary vehicles. The modern development of technology makes it possible to extinguish forest fires quite effectively at an early stage at any point.

Keywords: forest fires, technical means, fire, extinguishing, fire fighting.

Во всем мире лесные пожары наносят непоправимый ущерб экономике и экологии. Противопожарная защита лесов - одна из главных задач обеспечения безопасности природных ресурсов. На возникновение и распространение пожара в лесу влияет множество факторов. Газодинамические параметры лесного пожара могут экстремально быстро меняться от условий окружающей среды. Особенно в ветреную погоду необходимо оперативно маневрировать силами и средствами пожаротушения, обращая внимание на специфику ландшафта. К тушению лесных пожаров привлекаются работники лесного хозяйства, силы и средства подразделений пожарной охраны, поисково-спасательные и аварийно-спасательные формирования [1].

Цель исследования: рассмотреть различные технические средства используемые для тушения лесных пожаров.

Задачи исследований: выбрать технические средства, применение которых позволяет локализовать и потушить лесной пожар с максимальной эффективностью.

В случае обнаружения лесного пожара первая задача – остановить или замедлить скорость распространения огня, вторая задача это его потушить. При этом необходимо предусмотреть минимизацию ущерба при рациональных затратах. Для борьбы с лесными пожарами существует пожарная и специальная вспомогательная техника, к которой относят: трактора, гусеничные вездеходы, фрезерные полосопрокладыватели и траншеекопатели. Применение навесного оборудования на тракторах позволяет прокладывать минерализованные полосы, которые являются препятствием для передвижения фронта огня. Часто применяется лесной плуг: ПКЛ-70, ПЛ-1, ПКЛН-500А. Лесной плуг может создавать защищенную полосу шириной 1-3 метра, что иногда является недостаточно. Одно из условий при прокладывании минерализованной полосы это сравнительно небольшой объем наземного слоя сухой травы и кустов.

В настоящее время в лесном хозяйстве для противопожарных работ используют специализированную технику следующего типа: грунто-сдиратель модели ПДН-1, фрезерный грунтопрокладыватель модели АЛФ-10 и ПФ-1, грунтометательную машину.

Наиболее распространены беглые низовые пожары – когда горит лесная подстилка и сухая трава [4]. Первыми на ликвидацию низовых пожаров направляются работники лесного хозяйства - лесные пожарные. В настоящее время существуют различные методы и технические средства для тушения низовых лесных пожаров. Наземные средства обнаружения пожаров представлены сетью пожарно-наблюдательных вышек и наблюдательных пунктов. Также в распоряжении лесных рабочих находятся технические средства: бульдозеры, пожарные автоцистерны, пожарные вездеходы, высоконапорные огнетушители, мотопомпы, ручной инструмент. Данная техника имеет свои плюсы и минусы. Основное оборудование, имеющееся у лесных пожарных - это ранцевые лесные огнетушители (РЛО), а также универсальные топоры и лопаты. РЛО как средство пожаротушения прекрасно справляется с низовыми беглыми лесными пожарами. Один из недостатков РЛО, это малый радиус действия и непродолжительное воздействие на очаг пожара, вследствие того, что в лесу тяжело найти источник воды.

Существуют комбинированная техника для тушения лесных пожаров при помощи грунта. Например, грунтомет ГТ-3, который навешивается на заднюю навеску трактора, типа Т-150. Данное оборудование может продуктивно работать на песчаных и супесчаных почвах. Конструктивные особенности не позволяют его использовать в лесных массивах, где имеется большое количество препятствий [2].

От наличия качественного и современного инвентаря и оборудования зависит исход борьбы с лесным пожаром [5]. Однако современное оборудование не всегда отвечает предъявляемым требованиям и не всегда является эффективным. Информация об основных характеристиках лесного пожара имеет решающее значение для создания мер по борьбе с огнем. Многие крупные пожары, возможно, тушить только с помощью авиации [3].

Вывод: Ведется активный поиск технических решений для тушения лесных пожаров. В то же время современные разработки ученых слабо используются на практике. Это может быть связано с высокой стоимостью, правовыми ограничениями и эксплуатационными трудностями [6].

Несмотря на интенсивное развитие противопожарной техники, уменьшение количества лесных пожаров не наблюдается, а лишь варьируется с незначительными изменениями в разные годы. Однако современное развитие структуры управления и противопожарной техники позволяет тушить пожары достаточно эффективно на ранней стадии в любой точке.

Все охранные мероприятия по защите лесов должны строиться на ликвидации первопричины пожаров, а не на борьбе с ними.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атаманкин Е.М., Островский И.В. Организация тушения и средства борьбы с лесными пожарами. Охрана лесов от пожаров в современных условиях: Матер. междунар. науч.-практ. конф., Хабаровск, 27-29 марта, 2002. - Хабаровск: Изд-во Краев. психиатр. больницы, 2002. - С. 131-138.

2. Гнусов, М. А. Обоснование параметров комбинированных рабочих органов грунтомета для прокладки минерализованных полос в лесу : специальность 05.21.01 «Технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гнусов Максим Александрович ; Воронежская государственная лесотехническая академия. – Воронеж, 2014. – 140 с. 3 Гнусов, М. А. Почвообрабатывающие орудия для прокладки минерализованных полос, канав, противопожарных дорог и разрывов / М. А. Гнусов, М. В. Драпалюк / Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика: сборник научных трудов по материалам международной заочной научно-практической конференции. – Воронеж, 2013. – № 4 (4). – С. 272-276.

3. Дубинин, Ю. В. Методические рекомендации «Организация тушения лесных пожаров» (пособие для руководителя тушения пожара) / Ю. В. Дубинин, А. В. Тютин, В. В. Кузьмин, А. М. Краснощеков, Д. М. Фролов, В. В. Масян, Д. А. Соловьев, М. А. Козаченко; под ред. М. В. Лихачева. – Саратов: Главное управление МЧС России по Саратовской области, 2011. – 235 с.

4. Коваль Ю.Н., Бояринова С.П. Проблемы противопожарного обустройства лесных массивов // 9-я Международная научно-практическая конференция «Экологические проблемы промышленных городов». - Саратов, 10-12 апреля 2019 г. : Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2019. - С. 45-47.

5. Лугинин В.Р. Пути решения возгораний лесных массивов примыкающих к жилой застройки ул. Верхняя Саянская / В.Р. Лугинин, М.С. Плотников, А.А. Сергеев, Ю.Н. Коваль // Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций». - Железногорск, 26 апреля 2019 г.: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирская пожарно-спасательная академия» Государственной противопожарной службы Министерства

Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации стихийных бедствий», 2019. - С. 119-123.

6. Работкина О.Е., Хаустов С.Н. Проблемы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации. Материалы статьи журнала «Вестник», Воронежского института ГПС МЧС России. Вып. № 1 (1). 2011

УДК 534.2:621.37/39 (075)

А. Б. Колобов, Ф. Б. Огурцов

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

ОЦЕНКА СТАТИСТИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ РАСЧЕТНЫХ ГРАНИЦ ЗОН ТЕХНИЧЕСКИХ СОСТОЯНИЙ ПРИ ВИБРОМОНИТОРИНГЕ РОТОРНЫХ МАШИН

Аннотация: приведена оценка статистической достоверности разработанной методики выбора индивидуальных границ зон технических состояний при вибромониторинге на основе контроля широкополосной вибрации роторных машин.

Ключевые слова: вибрационный мониторинг, техническое состояние, контроль, вибрация, роторные машины.

A. B. Kolobov, F. B. Ogurtsov

EVALUATION OF THE STATISTICAL SIGNIFICANCE OF THE CALCULATED BOUNDARIES ZONES OF TECHNICAL CONDITIONS DURING VIBRATION MONITORING ROTARY MACHINES

Abstract: an assessment of the statistical reliability of the developed methodology for the selection of individual boundaries of zones of technical conditions during vibration monitoring based on the control of broadband vibration of rotary machines is given.

Keywords: vibration monitoring, technical condition, control, vibration, rotary machines.

Работа является завершением одного из разделов разрабатываемой технологии оценки технического состояния (ТС) роторных машин (РМ) по параметрам широкополосной вибрации, дополняющей рекомендации серии ГОСТ ИСО 10816. В [1–3] изложены основные положения технологии вибромониторинга, приведена методика установки границ зон состояний и ограничительных уровней эксплуатации, основанная на статистическом анализе результатов измерений вибрации РМ. Базовые методические вопросы оценки ТС отражены в [4].

Апробация технологии вибромониторинга на насосной группе и тягодутьевых механизмах газовой котельной ФГБОУ ВО ИГЭУ показала эффективность предложенной технологии, обеспечивающую высокую эксплуатационную надежность РМ.

Разработанный метод выбора индивидуальных границ зон ТС, учитывающий режимные факторы работы и уровень технического обслуживания (ТО), позволяет установить на их основе ограничительные уровни ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ и ОСТАНОВ по методике [2, 3], дополняющей положения ГОСТ ИСО 10816. Расчетные уровни ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ и ОСТАНОВ без учета и с учетом индивидуальных границ зон ТС, определенных в [3] для сетевых насосов СН1 – СН4, приведены в табл. 1.

Расчетные уровни ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, установленные с учетом индивидуальных границ зон ТС, естественно меньше (максимум на 36%), чем уровни, установленные по ГОСТ. Это позволяет на раннем этапе фиксировать тенденцию ухудшения ТС, организовывать техобслуживание по фактическому состоянию и оптимально использовать резервные мощности.

Таблица 1. Расчетные уровни ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ и ОСТАНОВ (СКЗ виброскорости) для сетевых насосов СН1 – СН4 без учета и с учетом индивидуальных границ зон ТС

Насос	Точка контроля	Направление измерения	Уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, мм/с		Уровень ОСТАНОВ с учетом индивидуальных границ зон состояний, мм/с	
			Без учета индивидуальных границ зон состояний	С учетом индивидуальных границ зон состояний	Мягкий	Жесткий
СН1	1	в	2,041	1,92	3,15	4,38
		г	3,5	3,5	4,05	5,63
		о	2,137	1,97	3,15	4,38
	2	в	1,639	1,47	2,07	2,875
		г	1,83	1,58	2,52	3,5
		о	1,4	0,98	1,62	2,25
	3	г	1,819	1,57	2,52	3,5
		о	1,4	0,9	1,62	2,25
	СН2	1	в	2,771	2,77	4,05
г			2,862	2,86	4,05	5,63
о			3	3	4,05	5,63
2		в	1,811	1,56	2,52	3,5
		г	2,242	2,12	3,15	4,38
		о	1,815	1,56	2,52	3,5
3		г	1,911	1,66	2,52	3,5
		о	1,852	1,6	2,52	3,5
СН3		1	в	3,032	3,03	4,05
	г		3,5	3,5	4,05	5,63
	о		2,316	2,19	3,15	4,375

Насос	Точка контроля	Направление измерения	Уровень ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, мм/с		Уровень ОСТАНОВ с учетом индивидуальных границ зон состояний, мм/с	
			Без учета индивидуальных границ зон состояний	С учетом индивидуальных границ зон состояний	Мягкий	Жесткий
	2	в	1,676	1,42	2,52	3,5
		г	1,985	1,862	3,15	4,38
		о	1,555	1,14	2,52	3,5
	3	г	1,599	1,8	2,07	2,875
		о	1,598	1,35	2,52	3,5
	СН4	1	в	2,319	2,19	3,15
г			2,178	2,05	3,15	4,38
о			1,667	1,42	2,52	3,5
2		в	1,901	1,65	2,52	3,5
		г	1,815	1,56	2,52	3,5
		о	1,738	1,49	2,52	3,5
3		г	1,641	1,51	2,07	2,875
		о	1,611	1,44	2,07	2,875

Определение индивидуальных границ зон ТС и ограничительных уровней подразумевало некую субъективность в экспертной оценке работоспособного состояния. Зависимость вибрации от нагрузки и нестационарности гидродинамических процессов показывает существенный разброс значений измеряемой вибрации, которая, в значительной степени, определяет расчетные значения границ зон ТС и ограничительного уровня ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Поэтому целесообразно произвести оценку значимости и корректности выбора расчетных индивидуальных границ зон ТС с помощью метода статистических решений [5].

Влияние режимных факторов на величину вибрации удобнее всего оценить, рассматривая усредненную контурную характеристику распределения (КХР) вибрации каждого насоса, построенную по оценкам среднего значения СКЗ виброскорости.

Усредненная КХР вибрации представляет на данный момент времени индивидуальную эталонную «маску» каждого из насосов, находящихся в работоспособном состоянии, но отличающихся запасом работоспособности. Безусловно «маска» будет «подвижна» во времени – при учете результатов новых измерений она может, пусть и не принципиально, но изменять свой вид. Поэтому эталонная «маска» должна дополняться границами доверительного интервала.

Для примера на рис. 1 приведена «маска» (усредненная КХР вибрации) насоса СН3 с границами доверительного интервала для вероятности $P = 0,95$ (по данным [3]). Ширина доверительного интервала в разных точках контроля и направлениях измерения будет отличаться, что, в первую очередь, вызвано величиной дисперсии измеренных значений СКЗ виброскорости.

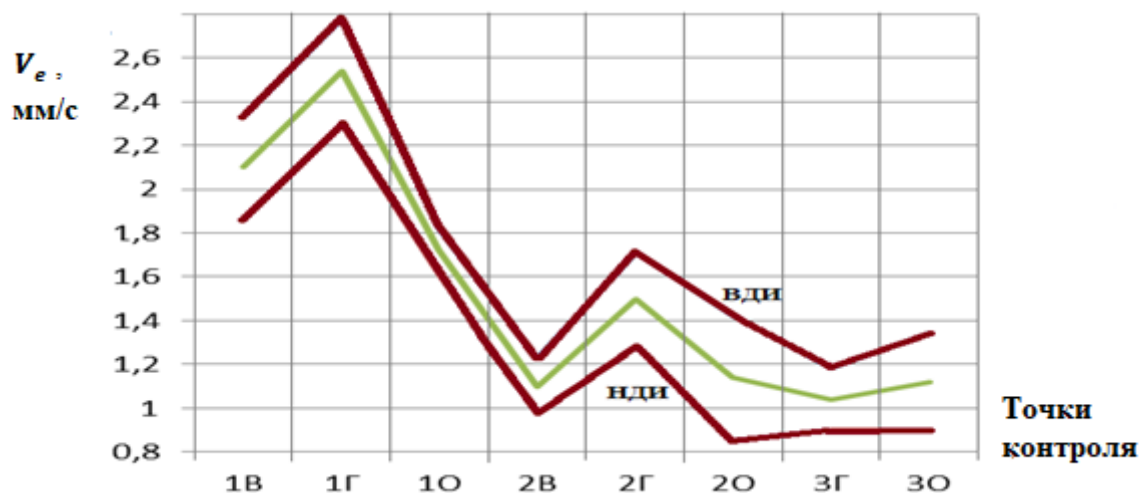


Рис. 1. Эталонная «маска» сетевого насоса СНЗ с границами доверительных интервалов (ВДИ – верхняя и НДИ – нижняя границы доверительного интервала)

При одинаковой технологии измерения вибрации больший разброс значений будет вызван зависимостью вибрации от режимов работы и процессов гидродинамики в насосах. Для точек контроля с большой дисперсией величины вибрации необходимо произвести обоснование выбранных индивидуальных границ зон ТС, что особенно важно для границы зон состояний В/С. Граница зон А/В не обосновывается, поскольку практически нет данных о вибрации в момент ввода новой РМ в эксплуатацию. Границу зон С/Д обосновать также проблематично из-за отсутствия вибрационных характеристик РМ, находящейся в предельном состоянии.

Поскольку вибрация лишь с определенной вероятностью характеризует ТС, то имеется случайный разброс значения параметра вибрации V_e в пределах каждого из состояний В и С, который характеризуется плотностями распределения $f(V_e|B)$ и $f(V_e|C)$. Поскольку плотности распределения пересекаются, то принципиально невозможно выбрать то единственное значение границы зон $V_e^{B/C}$, которое позволяло бы получить минимальное количество ошибок при определении ТС.

Целевая функция среднего риска ошибочного решения зависит как от вероятностей ошибок, так и от условных цен ошибок при неправильном диагнозе. Применяются различные критерии оптимизации функции среднего риска – в работе использован метод минимального риска, т.е. решение о выборе величины $V_e^{B/C}$ принимается из условия минимума среднего риска. Опуская математические подробности оптимизации функции среднего риска, которые подробно описаны в [5], исходное условие минимума среднего риска имеет вид:

$$\frac{f(V_e^{B/C}|B)}{f(V_e^{B/C}|C)} = \frac{C_{12}P(C)}{C_{21}P(B)} \quad (1)$$

Левая часть (1) представляет отношение правдоподобия, а правая содержит C_{21} и C_{12} – цены ошибок (принимается, что $C_{21} \gg C_{12}$, т.е. «пропуск дефекта» гораздо дороже, чем «ложная тревога» по материальным и организационным затратам); $P(B)$ и $P(C)$ – априорные вероятности нахождения РМ в состоянии, соответственно, **В** или **С**.

В работе предложен синтез решающего правила выбора граничного значения $V_e^{B/C}$, величина которого позволит установить состояния **В** и **С** с минимальным риском ошибки. Пониженная, относительно ГОСТ ИСО 10816, индивидуальная граница зон состояний **В** и **С** предполагает минимизацию риска ошибки при определении состояния **В**, поэтому отношение правдоподобия (1) должно быть

$$\frac{f(V_e^{B/C}|B)}{f(V_e^{B/C}|C)} > 1. \quad (2)$$

Если при выполнении (2) будет выполняться и условие

$$\frac{f(V_e^{B/C}|B)}{f(V_e^{B/C}|C)} > \frac{C_{12}P(C)}{C_{21}P(B)}, \quad (3)$$

то при измеренной величине $V_e < V_e^{B/C}$, с минимальным риском ошибиться, можно утверждать, что РМ, имеющая на момент измерения СКЗ виброскорости V_e , находится в состоянии **В**. Данное условие предложено в качестве решающего правила.

При нормальном законе распределения вибрации в пределах зон состояний **В** и **С** плотности распределения СКЗ виброскорости имеют вид:

- зона **В**
$$f(V_e|B) = \frac{1}{S_{V_{eB}}\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(V_e - \bar{V}_{eB})^2}{2S_{V_{eB}}^2}\right);$$

- зона **С**
$$f(V_e|C) = \frac{1}{S_{V_{eC}}\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(V_e - \bar{V}_{eC})^2}{2S_{V_{eC}}^2}\right);$$

где \bar{V}_{eB} , \bar{V}_{eC} – средние значения СКЗ виброскорости, соответственно, в зонах **В** и **С**; $S_{V_{eB}}$, $S_{V_{eC}}$ – СКО значений СКЗ виброскорости, соответственно, в зонах **В** и **С**.

Считаем, что средние значения СКЗ виброскорости в зонах **В** и **С** определяются с использованием границ зон состояний по ГОСТ ИСО 10816-3-2002 и принимаются равными средним значениям в границах зон **В** и **С**:

- зона **В** $\bar{V}_{eB} = 2,1 \text{ мм/с}$, при $V_e^{A/B} = 1,4 \text{ мм/с}$, $V_e^{B/C} = 2,8 \text{ мм/с}$;

- зона **С** $\bar{V}_{eC} = 3,65 \text{ мм/с}$, при $V_e^{B/C} = 2,8 \text{ мм/с}$, $V_e^{C/D} = 4,5 \text{ мм/с}$.

Оценка значимости индивидуальных значений границы зон **B** и **C** производится для тех контрольных точек, у которых вариация СКЗ виброскорости превышает 10%. Если граница зон состояний принята по ГОСТ, то оценка значимости не производится.

Поскольку выбранная [3] индивидуальная граница зон состояний **B/C** (2,3 мм/с) в рассматриваемых точках ниже устанавливаемой по ГОСТ ИСО 10816-3-2000 (2,8 мм/с) рассмотрено изменение отношения правдоподобия при различных параметрах рассеяния величины СКЗ виброскорости в пределах зон состояний **B** и **C**. Приняты показатели случайного разброса, т.е. СКО значений вибрации в зонах **B** и **C** в пределах вариаций 10 – 30% величины СКЗ виброскорости, которые составляют:

- для зоны **B** 0,21; 0,42 и 0,63 мм/с (для вариаций соответственно 10, 20 и 30%);
- для зоны **C** 0,37; 0,73 и 1,1 мм/с (для вариаций соответственно 10, 20 и 30%).

Подтверждением корректности предложенного подхода к выбору индивидуальных границ зон состояний **B** и **C** и, тем самым состоятельности границы, является то, что отношение правдоподобия должно удовлетворять условию (3).

Достоверные данные соотношения цен ошибок C_{21} , C_{12} и вероятностей $P(B)$, $P(C)$ недоступны, что связано с малой статистикой повреждений и отсутствием экономического анализа последствий отказов. Тем не менее, необходимо установить минимальное значение отношения правдоподобия для оценки предложенной модели.

Ориентируясь на данные [6] минимальное соотношение цен ошибок составляет $C_{12}/C_{21} = 20$, а вероятности нахождения большинства парка промышленных РМ в состояниях **B** и **C** составляют $P(B) = 0,9$ и $P(C) = 0,1$ (данные по СССР до 1990 г.), поэтому пороговое минимальное значение отношения правдоподобия должно составлять не менее 2,2.

Учитывая старение машинного парка, снижение уровня эксплуатации и качества ремонтов, рост издержек при ликвидации последствий отказов, а также инфляционные процессы, реальное соотношение цен ошибок C_{12}/C_{21} в настоящее время существенно превышает 20. Вероятность нахождения РМ в состоянии **C** также повысилась.

Изменение величины отношения правдоподобия при различных соотношениях цен ошибок C_{12}/C_{21} в зависимости от вероятности нахождения РМ в зоне **B** приведено на рис. 2.

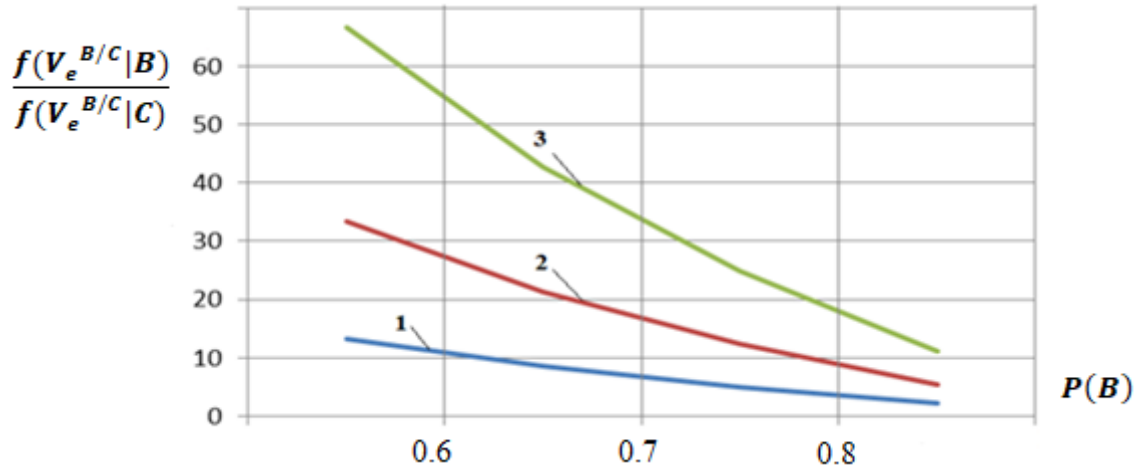


Рис. 2. Изменение величины отношения правдоподобия при соотношениях C_{12}/C_{21} :
1 – $C_{12}/C_{21} = 20$; 2 – $C_{12}/C_{21} = 50$; 3 – $C_{12}/C_{21} = 100$

Результаты расчета отношения правдоподобия при различных сочетаниях в пределах указанных вариаций СКЗ виброскорости приведены на рис. 3.

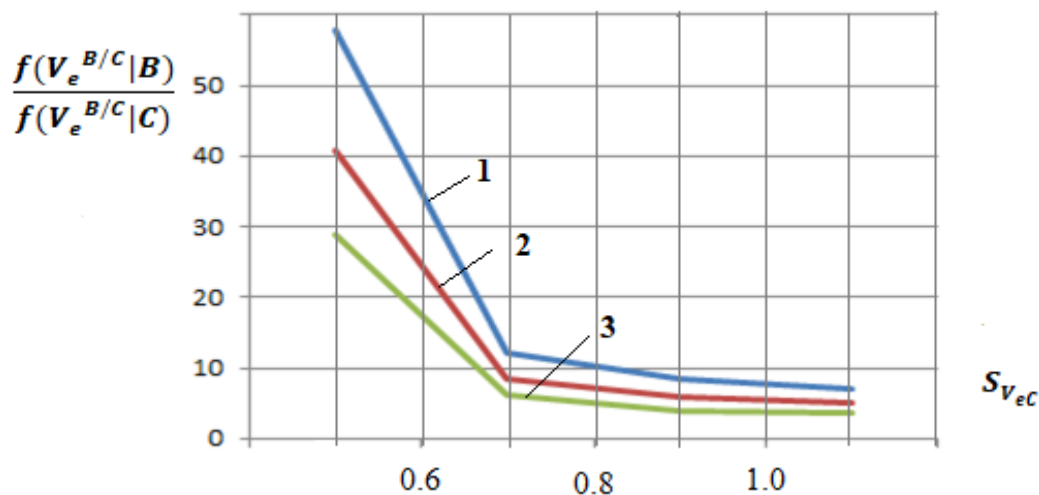


Рис. 3. Изменение отношения правдоподобия при различных вариациях СКЗ виброскорости в пределах зон состояний **B** и **C**:
1 – при $S_{VeB} = 0,21$ мм/с; 2 – при $S_{VeB} = 0,42$ мм/с; 3 – при $S_{VeB} = 0,63$ мм/с

Расчеты показывают, что в пределах технической вариации 20 – 30%, обеспечивается техническая и экономическая состоятельность предложенного в работе метода выбора индивидуальных границ зон состояний в условиях реальных соотношений цен ошибок C_{12}/C_{21} от 20 до 60 (100) и, к сожалению, пониженной вероятности нахождения машины в зоне **B**.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Колобов А.Б. Технология вибромониторинга промышленных роторных машин / А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов // 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. 97 – 101.

2. Колобов А.Б. Анализ результатов и опыт реализации вибромониторинга роторных машин / А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов // 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. 199 – 204.

3. Колобов А.Б. Развитие и совершенствование технология вибромониторинга роторных машин / А.Б. Колобов, Ф.Б. Огурцов // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021, С. 247 – 252.

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

5. Колобов А.Б. Вибродиагностика: теория и практика: учебное пособие / А.Б.Колобов. – Москва: Инфра-Инженерия, 2019. – 252 с.

6. Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А.Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

УДК 534.2:621.37/39 (075)

А. Б. Колобов, Ф. Б. Огурцов

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

ВИБРОМОНИТОРИНГ И ВИБРОДИАГНОСТИКА РЕЦИРКУЛЯЦИОННОГО НАСОСА

Аннотация: приведены основные результаты вибромониторинга и вибродиагностики центробежного насоса по общим параметрам вибрации и спектрам виброскорости и виброускорения, произведен анализ результатов.

Ключевые слова: вибрационная диагностика, виброскорость, виброускорение, спектр, техническое состояние, подшипник, дефекты.

A. B. Kolobov, F. B. Ogurtsov

VIBRATION MONITORING AND VIBRATION DIAGNOSTICS OF THE RECIRCULATION PUMP

Abstract: the main results of vibration monitoring and vibration diagnostics of a centrifugal pump on general vibration parameters and spectra of vibration velocity and vibration acceleration are presented, the results are analyzed.

Keywords: vibration diagnostics, vibration velocity, vibration acceleration, spectrum, technical condition, bearing, defects.

В отопительном сезоне 2020/21 г.г. на фоне надежной работы большинства электромеханических агрегатов газовой котельной ФГБОУ ВО ИГЭУ, возникла проблема с высокой вибрацией одного из рециркуляционных насосов (РН) водогрейного котла. Ситуация была непонятна тем, что пуско-наладочные работы нового центробежного насоса (номер РН1) NK80-160/161 (Grundfos) с приводом – электродвигатель GMC2-160L-2B3 (Китай) мощность 18,5 кВт и номинальной частотой вращения 2940 мин^{-1} были произведены несколько месяцев назад. Вибрация практически аналогичных по конструкции агрегатов с номерами РН2 и РН3 (насос АК 80-160/16/-22,0/2, электродвигатель АИР180S2У3) других котлов была в пределах установленных нормативных значений, хотя ресурсные показатели этих агрегатов близки к своей выработке.

Целью данной работы являлся анализ вибрационного состояния и выполнение вибродиагностики для определения причин высокой вибрации насоса РН1. Для наглядности производился сравнительный анализ вибрационных характеристик насосов РН1 и РН3.

Вибромониторинг [2] насосов РН1 и РН3 газовой котельной проводился по величине СКЗ виброскорости измеренной в т. 1 и 2 (маршрутная карта – рис. 1).

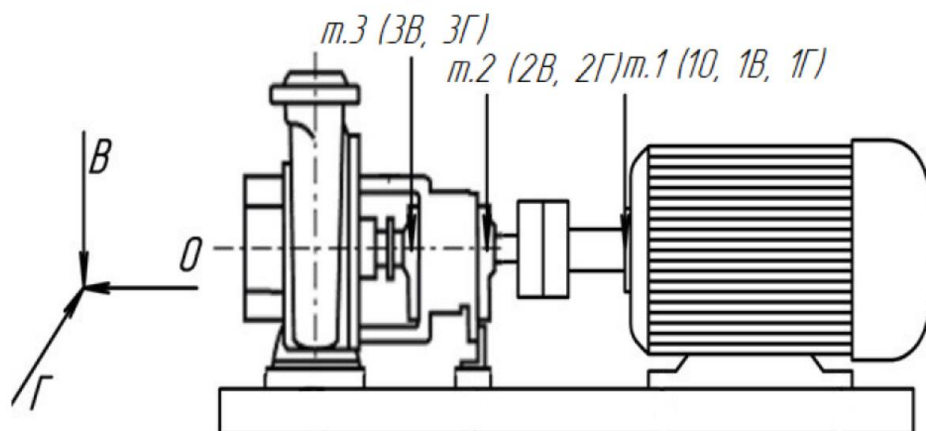


Рис. 1. Маршрутная карта контроля вибрации рециркуляционного насоса: 1, 2, 3 – номера точек контроля; В, Г, О – направления измерения вибрации

Оценка технического состояния производилась по ГОСТ ИСО 10816-3-2002 по критерию 1 [1]. Результаты измерений и оценка технического состояния приведены в табл. 1.

Таблица 1. Оценка технического состояния рециркуляционных насосов РН1 и РН3

Насос	Точки и направления измерения	Результаты, мм/с	Граница зон состояний по ГОСТ ИСО 10816-3, мм/с			Состояние на момент измерения
			А/В	В/С	С/Д	
РН1	1В	15,15	3,5	7,1	11,0	Зона D
	1Г	1,98				
	1О	21,51				
	2В	6,51				
	2Г	2,45				
РН3	1В	2,03	3,5	7,1	11,0	Зона B
	1Г	3,06				
	1О	0,04				
	2В	1,96				
	2Г	4,89				

По результатам вибромониторинга насос РН1 находится в состоянии **D** не допускающем эксплуатацию и требующем проведения диагностики [2]. В течение предшествующего времени вибрация (на подшипнике электродвигателя – т. 1) РН1 монотонно росла и резко повысилась до недопустимых значений в течение месяца.

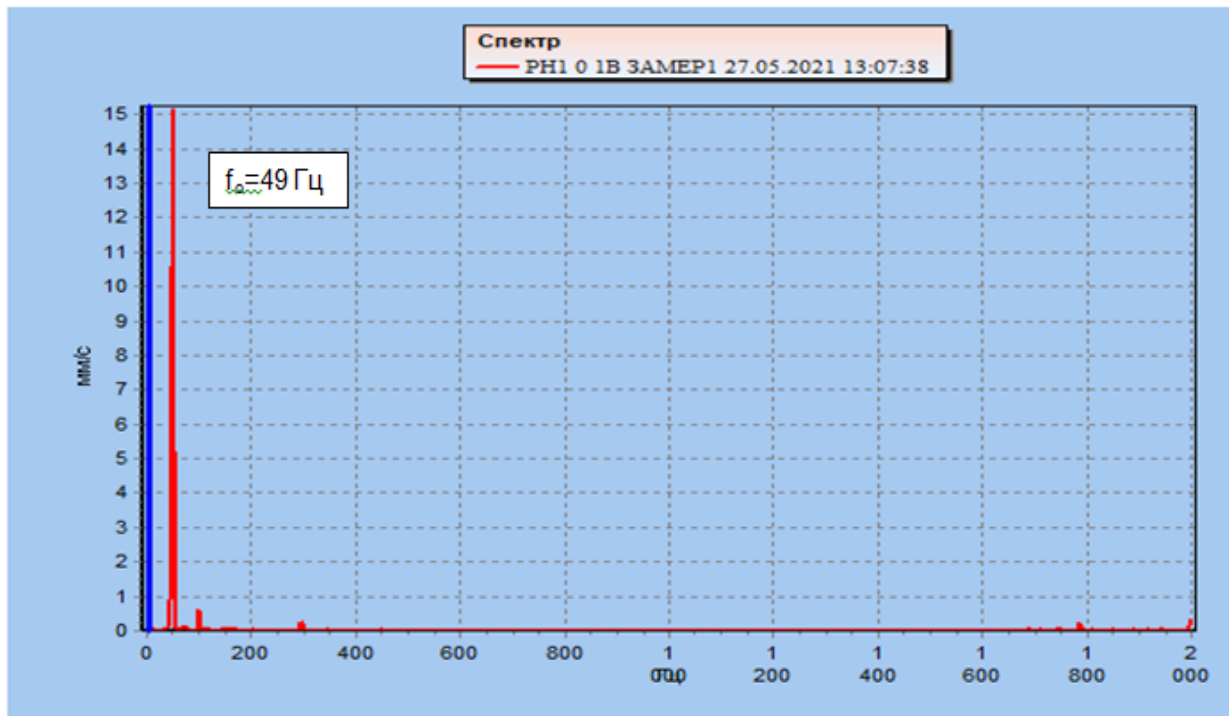
Диагностика насоса производилась по прямым спектрам вибрации с помощью вибрoанализатора АГАТ (ООО «Диамех 2000»).

Спектры виброскорости насоса РН1 в диапазоне частот 0 – 2000 Гц и виброускорения в диапазоне частот 0 – 10000 Гц в т. 1 в вертикальном (В) и осевом направлениях (О) измерения приведены на рис. 2 и 3.

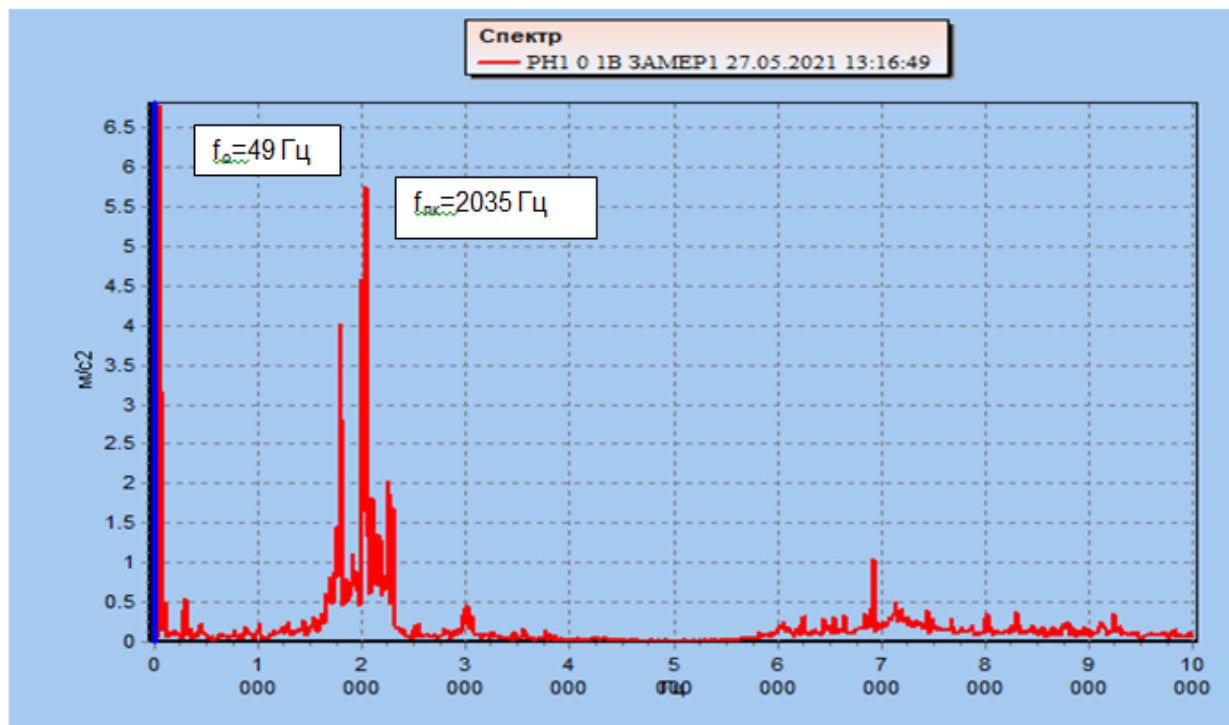
Спектры виброскорости и виброускорения показывают доминирующую первую гармонику (оборотную частоту $f_0 = 2940/60 = 49$ Гц), синхронные гармоники (цело численно кратные оборотной) практически не представлены. Спектры виброускорения отражают примерно такую же ситуацию с синхронным гармоническим рядом, но содержат значительный энергетический горб в области несинхронных («подшипниковых») частот (область 1600 – 2500 Гц) и выше (вторые горбы).

На момент измерения основная энергия вибрации проявляется на оборотной частоте. Считать это дисбалансом нельзя, поскольку присутствует большая осевая и малая горизонтальная составляющие, причем в последнем случае,

именно горизонтальное направление из-за конструкции опорной рамы РН, является наименее жестким.

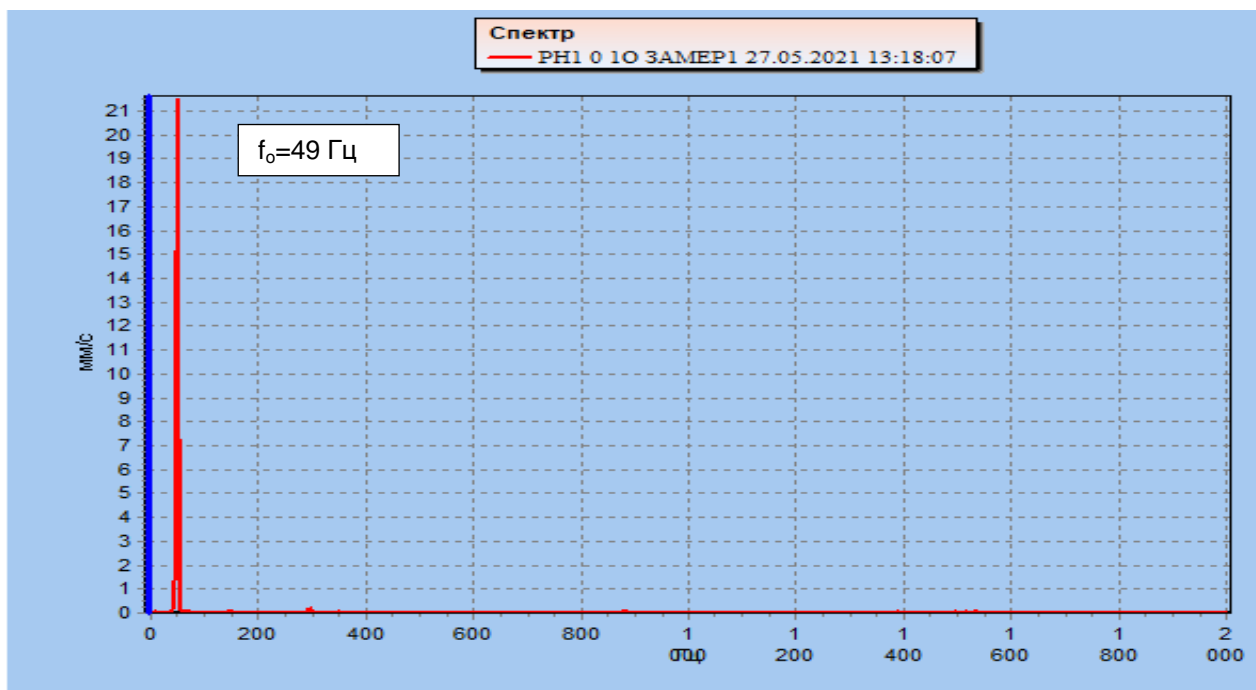


а)

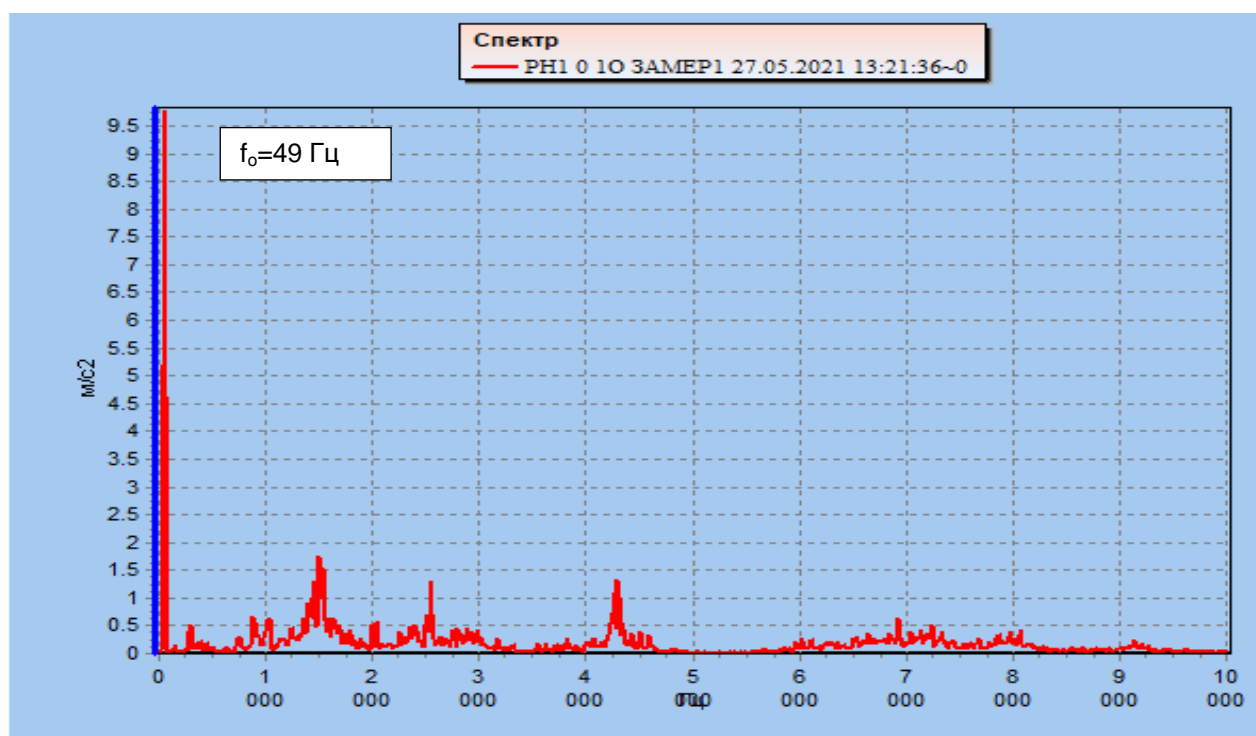


б)

Рис. 2. Спектры вибрации насоса РН1 в вертикальном направлении измерения в т. 1:
а – виброскорость; б – виброускорение



а)



б)

Рис. 3. Спектры вибрации насоса РН1 в осевом направлении измерения в т. 1:
а – виброскорость; б – виброускорение

Плотность мощности в области подшипниковых частот, ширина которой увеличилась за счет модуляции, практически совпадает с мощностью вибрации оборотной частоты, что говорит о серьезном дефекте подшипника в виде повышенных зазоров и осевого люфта, плохой посадки на валу (возможен перекос плоскости посадки) [3].

Указанный выше предположительный набор дефектов уже поспособствовал большому износу подшипника, что в дальнейшем приведет не только к его разрушению, как к финишному этапу, но еще перед этим будет изменять линию оси вращения, что вызовет разбалансированность ротора электродвигателя и расцентровку валов насоса – от чего пострадают все остальные подшипники [4].

О дефекте подшипника и критической фазе развития дефекта говорит также появление второго энергетического горба в спектрах [3, 4].

Для сравнения степени развития дефекта на рис. 4 показаны спектры виброускорения (расположены каскадом) в т. 1 в вертикальном направлении измерения насоса РН1 с дефектом подшипника электродвигателя и бездефектного насоса РН3. У бездефектного насоса РН3 спектры практически идентичны по форме спектрам насоса РН1, при этом также имеется зона «подшипниковых» частот, но энергия колебаний в этой зоне значительно меньше. Кроме того, присутствуют синхронные гармоники, которые являются естественным следствием работы роторного механизма.

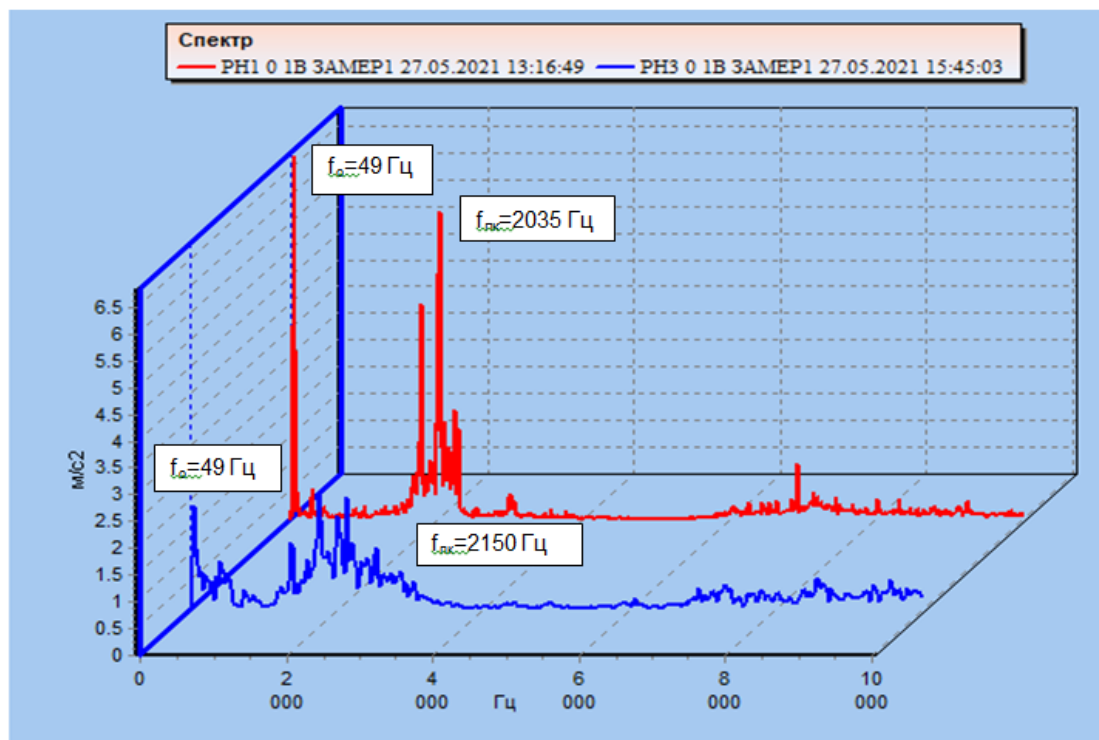


Рис. 4. Каскад спектров виброускорения насоса РН1 (красный) и РН3 (синий) в вертикальном направлении измерения в т. 1

По результатам вибромониторинга и вибродиагностики установлено, что рециркуляционный насос РН1 находится в аварийном состоянии из-за дефекта подшипника электродвигателя. Предполагаемый дефект – большой осевой люфт системы качения, вызванный, в виду малой фактической наработки (несколько месяцев работы), дефектами монтажа и, в немалой степени, дефектами изготовления самого подшипника. Рекомендовано проведение ремонтных работ с заменой подшипника.

Визуальный осмотр и инструментальный контроль параметров подшипника перед выполнением ремонта подтвердил поставленный диагноз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ ИСО 10816-3-2002. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Часть 3. Промышленные машины номинальной мощностью более 15 кВт и номинальной скоростью от 120 до 15000 мин⁻¹. – М.: Стандартиформ, 2007. – 16 с.
2. Колобов А.Б. Вибромониторинг промышленных машин: учебное пособие / А.Б.Колобов. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2021. – 256 с.
3. Колобов А.Б. Вибродиагностика: теория и практика: учебное пособие / А.Б.Колобов. – Москва: Инфра-Инженерия, 2019. – 252 с.
4. Ширман А.Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А.Р.Ширман, А.Б.Соловьев. – М.: ИД «Спектр», 1996. – 276 с.

УДК 669.295

А. Б. Коломенский, С. В. Шахов, Б. А. Коломенский
Филиал ПАО «Ил» - ВАСО, г. Воронеж

ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУР ОТЖИГА СВАРНЫХ ЛИСТОВЫХ ТИТАНОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация: Исследовали влияние температуры отжига на повторно-статическую долговечность сварных листовых соединений из титановых сплавов, в том числе после операции деформирования. Установлено, что максимумы долговечности во всех случаях достигаются при низкотемпературном отжиге, что связано с эффектом дорекристаллизационного упрочнения.

Ключевые слова: титановые сплавы, сварка, отжиг, повторно-статическая долговечность

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

ON OPTIMIZATION OF ANNEALING TEMPERATURES OF WELDED SHEET TITANIUM STRUCTURES

Abstracts. The effect of the annealing temperature on the re-static durability of welded sheet joints made of titanium alloys, including after the deformation operation, was investigated. It is established that the maxima of cyclic durability in all cases are achieved with low-temperature annealing, which is associated with the effect of pre-crystallization hardening.

Keywords: titanium alloys, welding, annealing, re-static durability.

В работе [1] показана целесообразность неполного отжига сварных титановых конструкций в сравнении с полным, что делает актуальным уточнение оптимальных режимов термообработки. При этом необходимо учитывать, что в ряде случаев возникает необходимость деформирования элементов конструкций со сварными швами (рихтовки), что может повлиять на работоспособность сварного соединения.

Данные вопросы рассматриваются в настоящей работе.

В работе образцы после сварки и отжига при 350-850 °С в течение 1 часа подвергали облагораживающему травлению для исключения влияния формирующегося газонасыщенного слоя на результаты испытаний.

Проводили испытания на повторно-статическое растяжение при $R=+0,1$ и $f = 0,6 \dots 0,8$ Гц.

Видно, что при $T = 350-450$ °С наблюдается максимум долговечности для всех исследованных сплавов - ВТ1-0, ОТ4 и ВТ6ч. С повышением температуры отжига происходит монотонное снижение долговечности (см. рис.1).

Следует отметить, что максимумы циклической долговечности имеют место при частичном снятии остаточных сварочных напряжений - не более 30...40%. Полное снятие напряжений сопровождается существенным падением долговечности. Данное снижение работоспособности сварного соединения можно связать со значительным разупрочнением при высокотемпературном отжиге зоны термического влияния, в которой при сварке протекает пластическая деформация, повышающая предел текучести металла.

Металлографический анализ показывает некоторую коагуляцию пластинчатой α' - фазы отжига при $T \geq 650$ °С.

Выявленные максимумы при температурах 350-450 °С, видимо, связаны с эффектом дорекристаллизационного упрочнения [2]. Авторы объясняют его закреплением подвижных дислокаций в исходном деформированном металле атомами растворённых примесей и легирующих элементов.

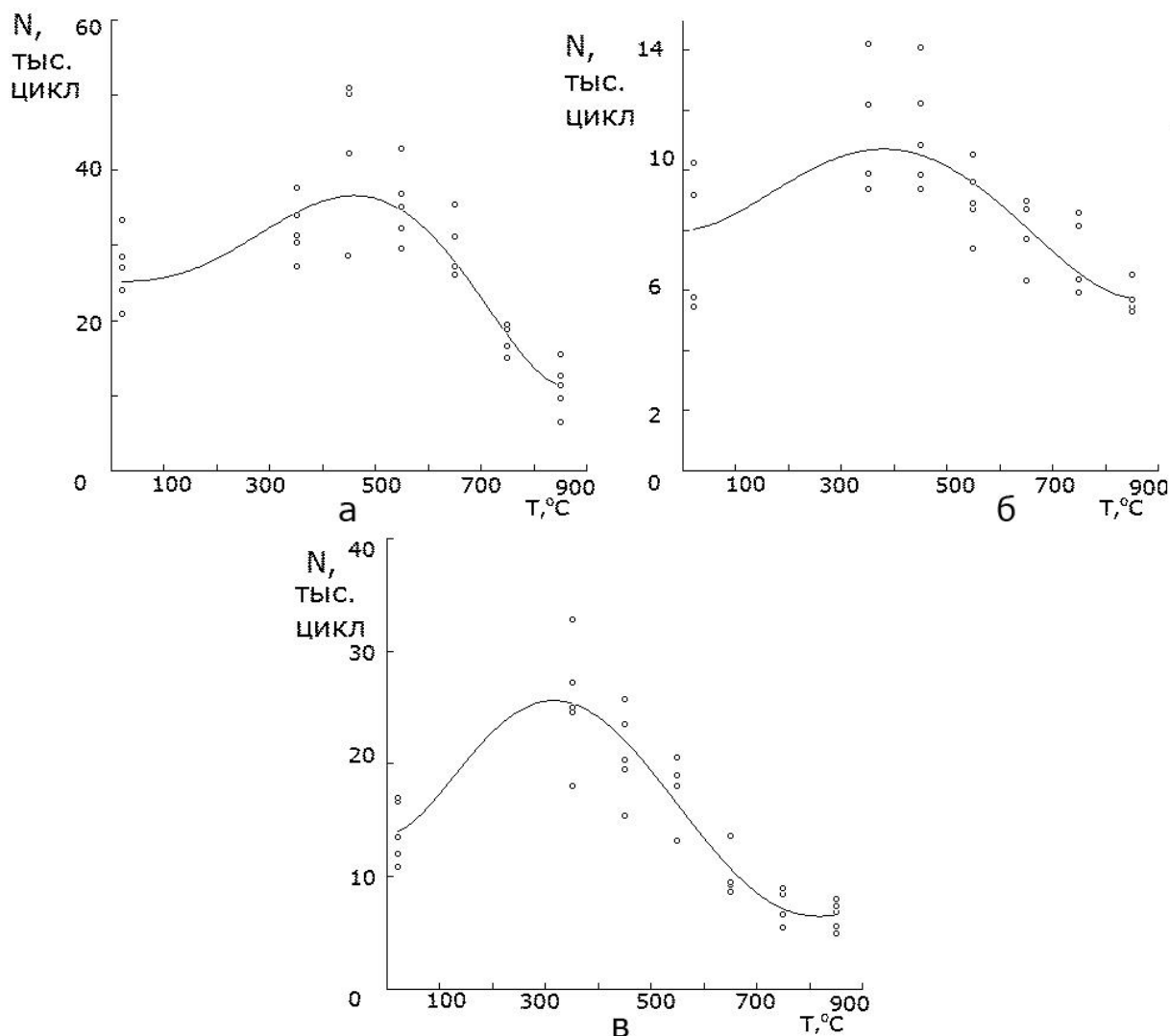


Рис. 1. Зависимость повторно-статической долговечности от температуры отжига сварных соединений с поперечными швами технического титана VT1-0 (а) и сплавов OT4 (б) и VT6ч (в)

Как и в случае с плоскими образцами, наилучшие результаты (см. рис.2) получены после отжига при 430-450°C. Полный отжиг приводит к падению долговечности ~ в 1,5 раза.

Дополнительно проводили натурные испытания сварных труб Ø80 мм из технического титана VT1-0 и сплава OT4 толщиной 0,8 мм циклическим внутренним давлением с $f = 0,25$ Гц, $P_{max} = 5$ МПа и $R = 0$ (см. рис.2). В данных испытаниях имело место двухосное напряженное состояние сварных швов.

Исследовали также влияние режимов отжига на циклическую долговечность сварных соединений после деформаций изгиба, имитирующих операцию рихтовки.

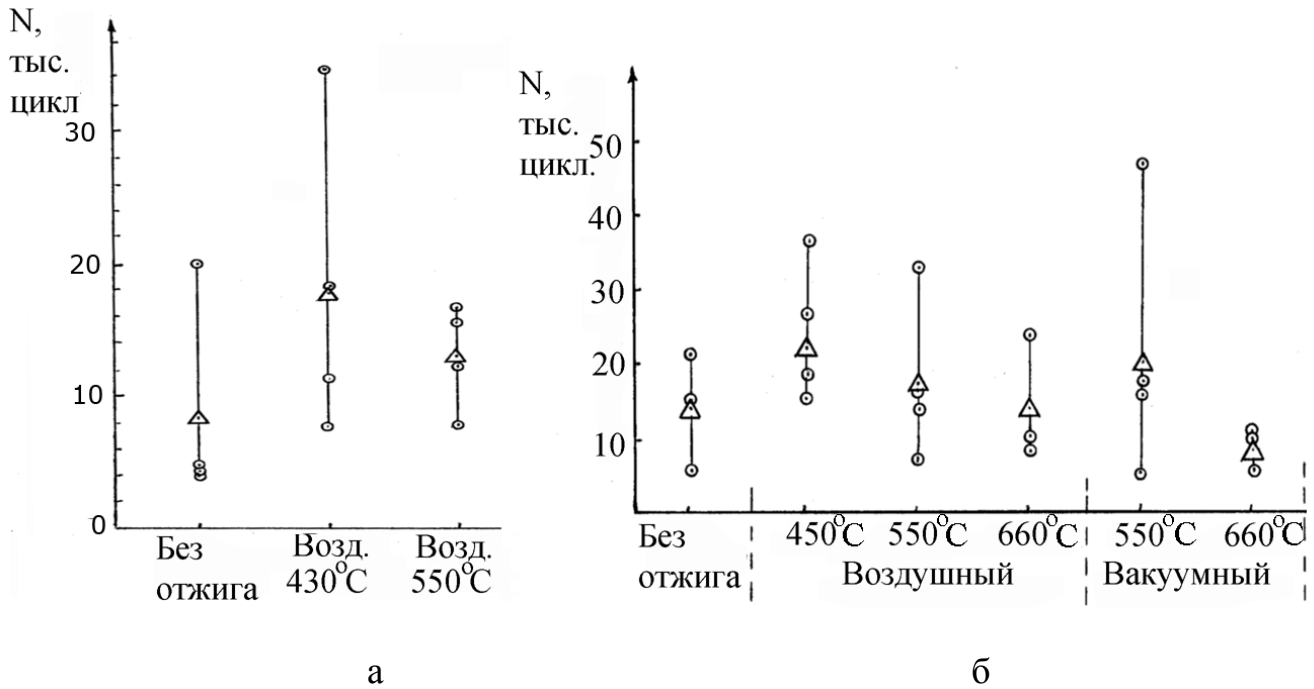


Рис. 2. Зависимость циклической долговечности сварных труб из титана ВТ1-0 (а) и из сплава ОТ4 (б) от температуры отжига

Образцы (см. рис.3) предварительно отжигали, подвергали деформации изгиба (см. рис.4), затем производили их полный отжиг для снятия напряжений, облагораживали, распрямляли (вносили напряжения от деформации изгиба) и подвергали финишному отжигу. Центральное отверстие-концентратор $\varnothing 2,5$ мм (коэффициент по Нейберу 2,6) выполняли непосредственно перед испытанием.

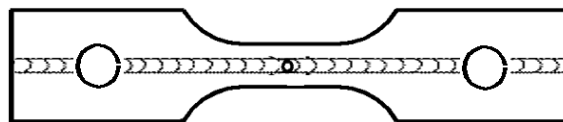


Рис. 3. Сварной образец с продольным швом



Рис. 4. Схема изготовления образцов с деформацией изгиба

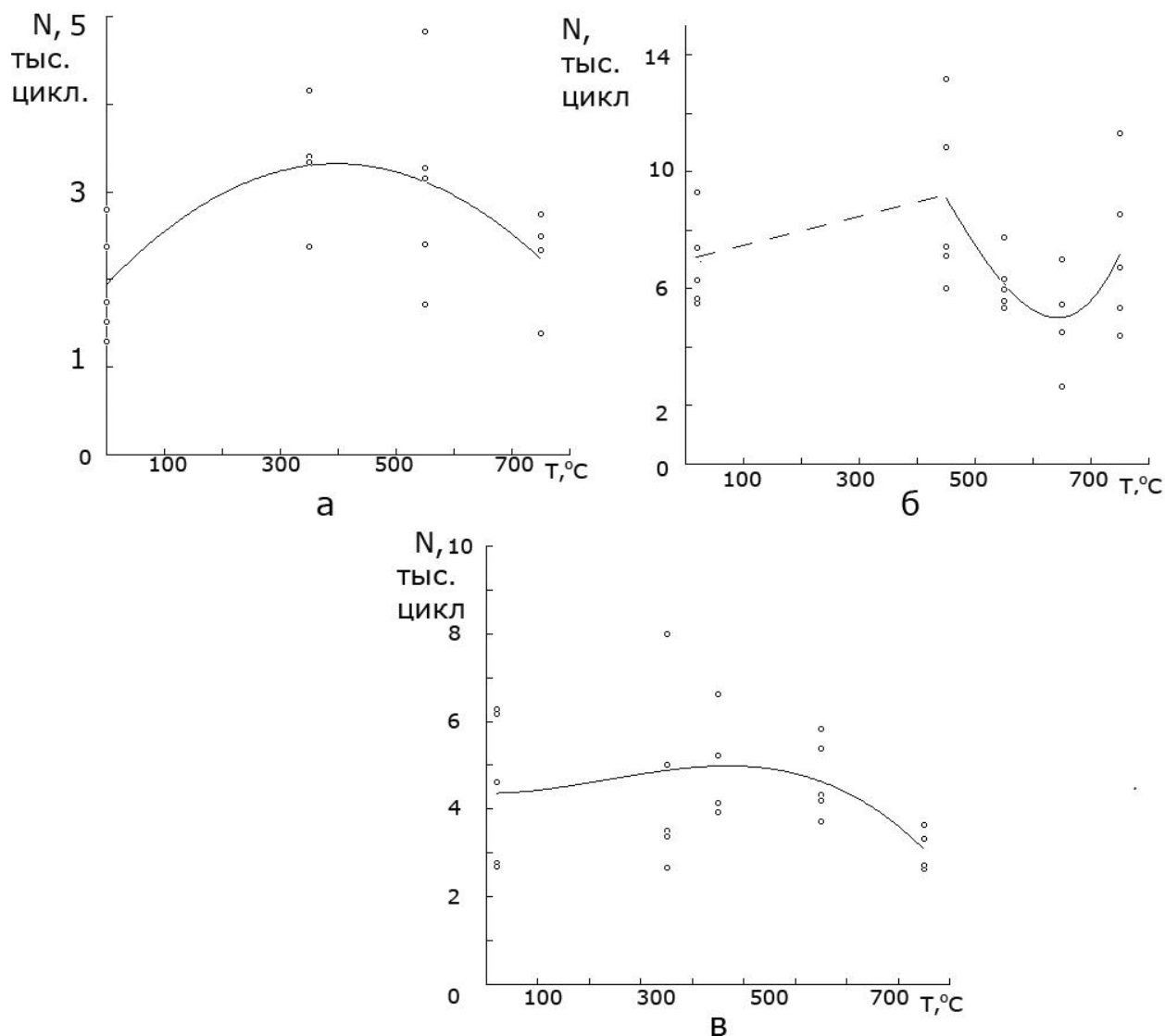


Рис. 5. Зависимость долговечности при повторно-статическом растяжении сварных соединений толщиной 0,8 мм с предварительной деформацией изгиба от температуры часового отжига: а - титана ВТ1-0 ($\epsilon = 13,3-15,0\%$), б – сплава ОТ4 ($\epsilon = 5,0\%$), в – сплава ВТ6ч ($\epsilon = 2,0\%$)

Показано (см. рис. 5), что отжиг с температурами 350-550 °С обеспечивает максимальную повторно-статическую выносливость деформированных сварных соединений.

ВЫВОДЫ.

Наибольшие показатели повторно-статической выносливости листовых сварных соединений из титановых сплавов, в том числе и после операций формообразования, достигаются после отжига при 350-550 °С.

Разупрочнение при высоких температурах отжига во всех случаях оказывает негативное влияние на циклическую прочность сварных соединений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шушпанов М.Н., Коломенский Б.А., Зубарев В.Ю., Коломенский А.Б Влияние режимов отжига на характеристики работоспособности зоны термического влияния сварных соединений сплава ОТ4 // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2009. № 4 (646). С. 39-41.
2. И.И.Новиков Теория термической обработки металлов / М.: *Металлургия*, 1986. 480 с.

УДК 621.9.06

В. Н. Копосов, И. Э. Куликов

ФГБОУВО Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

ОБОСНОВАНИЕ И ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ

Аннотация: в работе изложена методика принятия решений в условиях многокритериальной оптимизации на примере обоснования и выбора метода упрочнения поверхностей вала-шестерни.

Ключевые слова: выбор технических решений, многокритериальная оптимизация, экспертная оценка, Парето-эффективные решения, интегральный аддитивный критерий.

V. N. Korosov, I. E. Kulikov

JUSTIFICATION AND SELECTION OF TECHNICAL SOLUTIONS IN MULTICRITERIALITY CONDITIONS

Abstracts: The paper presents the decision-making methodology under conditions of multi-criteria optimization on the example of the rationale and the choice of methods of hardening the surfaces of the shaft gear.

Keywords: selection of technical solutions, multi-criteria optimization, expert evaluation, pass-effective solutions, an integral additive criterion.

При проектировании технических систем, технологических процессов возникает задача выбора технических (технологических) решений из множества альтернативных вариантов. В конечном итоге должен быть выбран один вариант.

Оценивать варианты с помощью одного показателя их эффективности (одного критерия) некорректно, да и не всегда представляется возможным. Поэтому естественным образом приходится решать задачу выбора вариантов (оптимизации) в условиях многокритериальности.

Для решения однокритериальных задач оптимизации в разделе математики «Исследование операций» предлагается множество различных методов: равномерного перебора, «золотого сечения», покоординатного спуска, сопряженных направлений, барьерных функций, штрафных функций и др. Для решения многокритериальных задач оптимизации методов известно значительно меньше. Среди них можно выделить следующие: метод выбора Парето-эффективных решений, метод решения многокритериальных задач с использованием обобщенного (интегрального) критерия (аддитивного, мультипликативного, максиминного или минимаксного), парно-доминантный метод выбора решений.

Универсального метода решения как однокритериальных, так и многокритериальных задач оптимизации нет. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Выбор наиболее эффективного метода оптимизации обуславливается спецификой конкретной решаемой задачи.

Но в методах решения многокритериальных задач оптимизации есть еще одна особенность. Если методы решения однокритериальных задач оптимизации при использовании корректно разработанной математической модели проектируемой технической системы (проектируемого технологического процесса) дают однозначное математически объективное решение. В предлагаемых же методах многокритериальной оптимизации, во-первых, однозначное решение получается редко и, во-вторых, оно принимается чаще всего на основании субъективных решений.

В этой ситуации для решения многокритериальных задач оптимизации выходом из положения может быть применение разумного сочетания известных методов с постепенным переходом от математически объективных к методам, в которых приходится вносить субъективизм (участие человека) в принятии решений.

Ниже приведены процесс оценки и результаты выбора методов упрочнения поверхностей вала-шестерни в условиях многокритериальной оптимизации при разработке технологического процесса ее изготовления.

На первом этапе производилась экспертная оценка методов упрочнения поверхностей вала-шестерни по двум показателям (критериям): качеству и экономичности. Оценивание каждого варианта производилось по 11-бальной шкале (от 0 до 10) (рис.1).

	Качество	Экономичность
Алмазное выглаживание	8	4
Дорнование	6	3
Дробеструйная обработка	8	5
Обработка роликами	6	7
Иглофрезерование	9	3

Рис. 1. Результаты экспертных оценок методов упрочнения поверхностей вала-шестерни

Далее осуществлялся выбор Парето-эффективных решений (множества Парето), представляющий собой отбор перспективных альтернатив, из которых затем отбирается одна (лучшая) альтернатива. Множество Парето представляет собой множество альтернатив, обладающих следующим свойством: любая из альтернатив, входящих во множество Парето, хотя бы по одному критерию лучше любой другой альтернативы, входящей в это множество.

Выбор множества Парето производится следующим образом. Все альтернативы попарно сравниваются друг с другом по всем критериям. Если при сравнении каких-либо альтернатив оказывается, что одна из них не лучше другой ни по одному критерию, то ее можно исключить из рассмотрения. Исключенную альтернативу не требуется сравнивать с другими альтернативами, так как она явно неперспективна.

Как правило, во множество Парето входит несколько альтернатив. Поэтому выбор множества Парето не обеспечивает принятия окончательного решения (выбора одной лучшей альтернативы), однако позволяет сократить количество рассматриваемых альтернатив, т. е. упрощает принятие решения.

Схема процесса выбора Парето-эффективных решений (методов упрочнения поверхностей вала-шестерни) показана на рис. 2.

Так как, в результате выбора Парето-эффективных решений (альтернатив, вариантов) осталось более одного варианта, то для принятия окончательного решения необходимо применить метод решения многокритериальных задач оптимизации с использованием обобщенного (интегрального) критерия. В качестве интегрального критерия выбран аддитивный критерий.

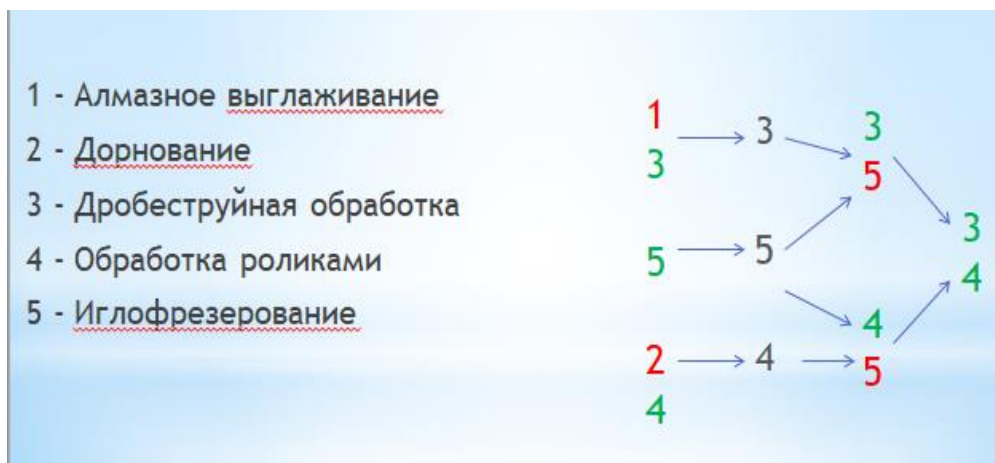


Рис. 2. Схема выбора Парето-эффективных решений (альтернатив, вариантов)

Ввиду того, что оба критерия «работают» на максимум, искомым является тот вариант, которому соответствует максимальное значение обобщенного (интегрального) аддитивного критерия

$$F(X) = \sum_{i=1}^n C_i \frac{F_i(X)}{F_i^{(0)}(X)} = \sum_{i=1}^n C_i f_i(X) \rightarrow \max,$$

где n – количество объединяемых частных критериев; C_i – весовой коэффициент i -го частного критерия; $F_i(X)$ – числовое значение i -го частного критерия; $F_i^{(0)}(X)$ – i -й нормирующий делитель; $f_i(X)$ – нормированное значение i -го частного критерия.

В качестве весовых коэффициентов для уменьшения доли субъективизма приняты одинаковые значения для обоих показателей (критериев). В качестве нормирующих делителей приняты наилучшие (максимальные) значения среди сравниваемых вариантов по каждому показателю (критерию).

$$F_{\text{(дроб)}} = 0,5 \cdot \frac{8}{8} + 0,5 \frac{5}{7} = 0,857;$$

$$F_{\text{(ролл)}} = 0,5 \cdot \frac{6}{8} + 0,5 \frac{7}{7} = 0,875.$$

В результате такого трехступенчатого выбора был принят вариант упрочнения поверхностей вала-шестерни – обработка (обкатка) роликами.

УДК 621

Н. А. Кропотова, Ю. В. Шмелева

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР КЛЮЧЕВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ПО ОХРАНЕ ТРУДА, ПРИМЕНЯЕМОГО В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Аннотация: в статье приводится обзор основных законодательных актов Российской Федерации, связанных с охраной труда. Минтрудом России объявлено новая реализация риск-ориентированного подхода в области охраны труда. Проанализированы новые утвержденные подзаконные документы, исходя из которых автором делается обобщение только основных изменений, характерных для 2022 года. Направленность этих изменений характерна для всех рабочих мест, в том числе для работников подразделений пожарной охраны.

Ключевые слова: охрана труда, изменение законодательства, правила охраны труда, инструкции по охране труда, безопасность труда, профессиональный риск, микротравмы.

N. A. Kropotova, Yu. V. Shmeleva

OVERVIEW OF KEY CHANGES IN LABOR PROTECTION LEGISLATION APPLIED IN FIRE PROTECTION UNITS

Abstracts: the article provides an overview of the main legislative acts of the Russian Federation related to labor protection. The Ministry of Labor of Russia has announced a new implementation of a risk-based approach in the field of labor protection. The new approved by-laws are analyzed, based on which the author generalizes only the main changes characteristic of 2022. The direction of these changes is typical for all workplaces, including employees of fire departments.

Keywords: labor protection, changes in legislation, labor protection rules, labor protection instructions, occupational safety, occupational risk, microtrauma.

Изменение Министерством труда и социальной защиты политики в области охраны труда позволило реализовать внедрение риск-ориентированного подхода на производстве. Рассмотрение вопроса по ключевым изменениям на сегодня считаем актуальным, поскольку предусматривает действующий механизм реализации мероприятий управления охраной труда и профессиональными рисками.

С марта 2022 года изменился X раздел «Охрана труда» Трудового Кодекса Российской Федерации и подзаконные акты к ней, которые вводят новые понятия, права, обязанности и запреты как для работников, так и работодателей. Проанализированы основные изменения, которые коснулись следующих вопросов:

- 1) внеочередное обучение с проверкой знаний и умений в области охраны труда;
- 2) обновление локальных нормативных документов по охране труда;
- 3) обучение применению средств индивидуальной защиты;
- 4) информирование работников;
- 5) условия труда на рабочем месте.

Данные изменения применимы к рабочим местам, в том числе и работникам подразделений пожарной охраны, структурных подразделений организаций, находящихся в ведении МЧС России. Рассмотрим более подробно каждый пункт изменений.

1) Внеочередное обучение руководителей и специалистов с последующей проверкой знаний и навыков в области охраны труда в учебных центрах или образовательных организациях, имеющих лицензию на осуществление данного вида деятельности. Также внеочередное обучение должны пройти работники по охране труда с проверкой знаний и умений на практике в области охраны труда. Трудовой Кодекс Российской Федерации (ТК РФ) обязывает отстранять от работы тех работников, которые не прошли обучение и проверку знаний в области охраны труда.

2) Обновление локальных нормативных актов в области охраны труда: программа внепланового инструктажа должна содержать изменения законодательства по охране труда и экзаменационные билеты для проверки знаний в области охраны труда; Положение о системе управления охраной труда (СУОТ) и профессиональными рисками; Инструкции по охране труда; др.

Переход на риск-ориентированный подход в охране труда создает работодателю условия, которые направлены на предупреждение опасностей на рабочих местах [1], а не на работе с последствиями происшествий. Именно так должна работать система управления охраной труда. Новая редакция ТК РФ (в частности, ч. 3 ст. 214 ТК РФ) обязывает работодателей систематически выявлять опасности и профессиональные риски, регулярно их анализировать и оценивать. Процедуры требуют проводить не только для действующих процессов, но и перед вводом в эксплуатацию новых рабочих мест. Все эти уточнения нужно внести в свои локальные документы.

Чтобы выстроить управление профессиональными рисками на рабочих местах, определите в локальном акте порядок и методы для выявления опасностей (ч. 1 ст. 218 ТК РФ), оценки уровней профессиональных рисков и снижения этих уровней. В случаях, если исключить профриски или снизить их воздействие невозможно, нельзя допустить, чтобы их уровень повышался. Для этого необходимо разработать не только профилактические мероприятия,

но и меры, которые исключают или снизят до минимума возможные последствия профрисков. Пересмотрите свое положение о системе управления охраной труда, добавив описание новых процедур, а также следует убрать из него ссылки на отмененные документы и противоречия с действующими вновь введенными нормами. В случае, если не создана СУОТ [2], то можно взять за основу для документа Примерное положение о системе управления охраной труда, которое утвердил Минтруд (Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 776н «Об утверждении Примерного положения о системе управления охраной труда»).

Содержание локальных правил, стандартов и инструкций по охране труда теперь строго регламентировано (Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 772н «Об утверждении основных требований к порядку разработки и содержанию правил и инструкций по охране труда, разрабатываемых работодателем»). Необходимо проверить, чтобы ваши документы соответствовали новым требованиям. Перечень необходимых правил и инструкций определяет работодатель исходя из специфики своей деятельности. При этом закон не обязывает каждого работодателя разрабатывать локальные правила по охране труда ([письмо Минтруда от 27.12.2021 № 15–2/ООГ-3549](#)).

3) Обучение по использованию и применению средств индивидуальной защиты, известно, что обучение необходимо только для работников, которые по закону (приказом Минздравсоцразвития от 01.06.2009 № 290н) обязаны применять средства защиты, а также осуществлять инструктаж работников о правилах применения средств индивидуальной защиты и организовывать тренировки. Требование инструктировать работников о правилах использования СИЗ и проводить тренировки по их применению есть в Межотраслевых правилах выдачи СИЗ (п. 24 приказа Минздравсоцразвития от 01.06.2009 № 290н). Поскольку новый порядок обучения не вступил в законную силу (Постановление Правительства от 24.12.2021 №2464), поэтому в рамках действующего законодательства достаточно до 1 сентября 2022 года провести обучение и тренировки по применению СИЗ в рамках инструктажа на рабочем месте.

Еще одно новшество – журнал учета микротравм. В организации должен быть принят локальный нормативный акт, в котором будет описан порядок проведения расследования и учета микротравм. Это может быть Положение о микротравмах на рабочем месте или раздел в Положении о СУОТ. Причем стоит отметить, что ознакомить с данным документом (приказом) необходимо под роспись всех работников. Работодатель организует рассмотрение обстоятельств и причины полученной микротравмы за три календарных дня. После чего заполняется справка о рассмотрении причин и обстоятельств микротравмы и регистрируется случай в журнале. На основе анализа результатов ответственные за расследование разрабатывают мероприятия, которые позволят устранить причины микротравмы и исключить аналогичные случаи в дальнейшем.

4) Информирование работников под роспись со всеми изменениями в законодательстве об охране труда и принятыми локальными нормативными документами (ст. 22 ТК РФ), а также сообщать работникам актуальную

и достоверную информацию об условиях и охране труда на его рабочем месте, о профессиональных рисках и их уровнях, а также мерах по защите от вредных и опасных факторов на рабочем месте (ст. 216.2 ТК РФ). Если спецоценка выявит на рабочем месте опасные условия, сразу же сообщите об этом работнику. Также обеспечьте доступ работников к реестру нормативно-правовых актов с требованиями охраны труда. Следите за изменениями в законодательстве и обновляйте документы. Вести реестр с нормативно-правовыми актами можно на компьютерах и в базах данных (ст. 214 ТК РФ). Формы и способы информирования работников Минтруд утвердил Приказом от 29.10.2021 №773н.

Новая редакция ТК РФ узаконила видеонаблюдение, аудиоконтроль и другие виды дистанционного контроля за рабочими местами с целью обеспечить безопасность. Если решили воспользоваться правом, дополните ПВТР правилами съемки или разработайте отдельный локальный акт. Например, Положение о видеонаблюдении на рабочих местах. Работников с этим документом ознакомьте под подпись.

5) Условия труда на рабочих местах и план проведения мероприятий по улучшению условий труда на рабочем месте. Рабочее место должно отвечать установленным государством требованиям (ст. 209 ТК РФ). В рекомендациях, изложенных Минтрудом России обязательны для всех работодателей (Приказ от 29.10.2021 №774н «Об утверждении Правил для организации безопасного рабочего места»), описали требования к рабочей позе, знакам безопасности, размещению оборудования, расположению рабочих мест и их компоновке. Работодатели обязаны регулярно улучшать условия труда (ст. 214 ТК РФ). Для реализации намеченного необходимо разработать и организовывать мероприятия по улучшению условий труда (Приказ Минтруда РФ от 29.10.2021 №771н), где следует прописать управление профрисками, оборудование мест отдыха, комнат релаксации, обеспечение работников питьевой водой, пр.

Поскольку с 1 марта 2022 года запрещены рабочие места, где по результатам специальной оценки условий труда (СОУТ) установили 4-й класс условий труда (ст. 214.1 ТК РФ), необходимо приостановить деятельность на таких рабочих местах, а возобновить работы на таких местах можно, когда причины опасных условий труда будут устранены и будет подтверждение результатами внеплановой СОУТ. Стоит напомнить, что запрет на работу в опасных условиях труда не действует на отдельные виды работ, перечень которых утвержден распоряжением Правительства от 04.12.2021 № 3455-р.

Таким образом, рассмотрены ключевые изменения трудового законодательства в области охраны труда, основные моменты на которые необходимо обратить внимание при реализации механизма риск-ориентированного подхода по охране труда на рабочих местах подразделений МЧС России (категория – работники), в организациях МЧС России (категория – работники), конкретной организации, производства или предприятий. Систему управления охраной труда необходимо оперативно привести в соответствие с новыми требованиями, повышая самостоятельность работодателя, закрепляя приоритет профилак-

тических мер по обеспечению безопасных условий труда и предотвращая травматизм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнова А. С. Совершенствование подготовки обучающихся в области гражданской обороны и защиты населения от чрезвычайных ситуаций / А. С. Смирнова, Н. А. Кропотова // 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.]. – Москва: Академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2022. – С. 64-70.

2. Кропотова Н. А. Цифровизация системы управления охраной труда / Н. А. Кропотова // Техносферная безопасность, проблемы и перспективы: Сборник трудов V Международной научно-практической конференции, Химки, 29 ноября 2021 года. – Химки: Академия гражданской защиты Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2022. – С. 91-96.

УДК 004.023

А. В. Кузнецов¹, Д. В. Тараканов²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²Академия ГПС МЧС России

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ МОНИТОРИНГА КРУПНЫХ ПОЖАРОВ

Аннотация: В работе рассмотрено применение разработанного программного комплекса для информационно-аналитической системы управления беспилотными авиационными системами при мониторинге крупных пожаров. На этапах планирования и при отработке пожарно-тактических учений предлагается использование программного средства для получения надежного и качественного информационного обеспечения должностными лицами на пожаре.

Ключевые слова: программный комплекс, крупный пожар, мобильные средства мониторинга.

A. V. Kuznetsov, D. V. Tarakanov

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR PLANNING MONITORING OF LARGE FIRES

Abstract: The paper considers the application of the developed software package for the information and analytical control system of unmanned aircraft systems for monitoring large fires. At the planning stages and during the development of fire-tactical exercises, it is proposed to use software to obtain reliable and high-quality information support by officials in a fire.

Keywords: software package, large fire, mobile monitoring tools.

Система борьбы с пожарами в Российской Федерации подразумевает под собой применение трех основных элементов: предупреждение, прогнозирование и ликвидация. Система прогнозирования представляет собой упорядоченную совокупность методик, технических средств, предназначенных для прогнозирования сложных явлений или процессов. Одним из основополагающих этапов прогнозирования, связанных с тушением пожаров, является разработка документов предварительного планирования, что включают в себя как прогнозирование динамики пожаров, так и прогнозирование количества применяемых сил и средств по борьбе с пожарами.

Крупные пожары на промышленных объектах, как правило, предусматривают привлечение значительного количества сил и средств для ликвидации пожара. Успешное управление большим количеством пожарных подразделений на пожаре обуславливается качественным и непрерывным информационным обеспечением. В общем случае при решении задач информационного обеспечения результаты мониторинга применяются при прогнозировании развития пожара и оценке результативности действий подразделений при ликвидации пожаров [1;2]. Для этих целей выступают мобильные средства мониторинга, основанные на базе беспилотных авиационных систем.

Применение мобильных средств мониторинга обеспечивают руководителя тушения пожара и оперативный штаб пожаротушения такой информацией как:

- динамика развития пожара и места наиболее интенсивного горения;
- сосредоточение имеющихся сил и средств и расстановка прибывающих подразделений;
- мониторинг действий пожарных подразделений, работающих на определенных боевых участках по тушению пожара.

В связи с этим, на планирующих этапах организации тушения пожаров перелагается новое направление по определению необходимого количества мобильных средств мониторинга. Для решения данного вопроса предлагается программный комплекс [3]. Программное обеспечение для информационно-аналитической системы управления беспилотными авиационными системами

при мониторинге крупных пожаров предназначено для построения траекторий движения мобильных средств мониторинга и выборе наиболее оптимального маршрута на основе многопараметрического выбора (рисунок 1).

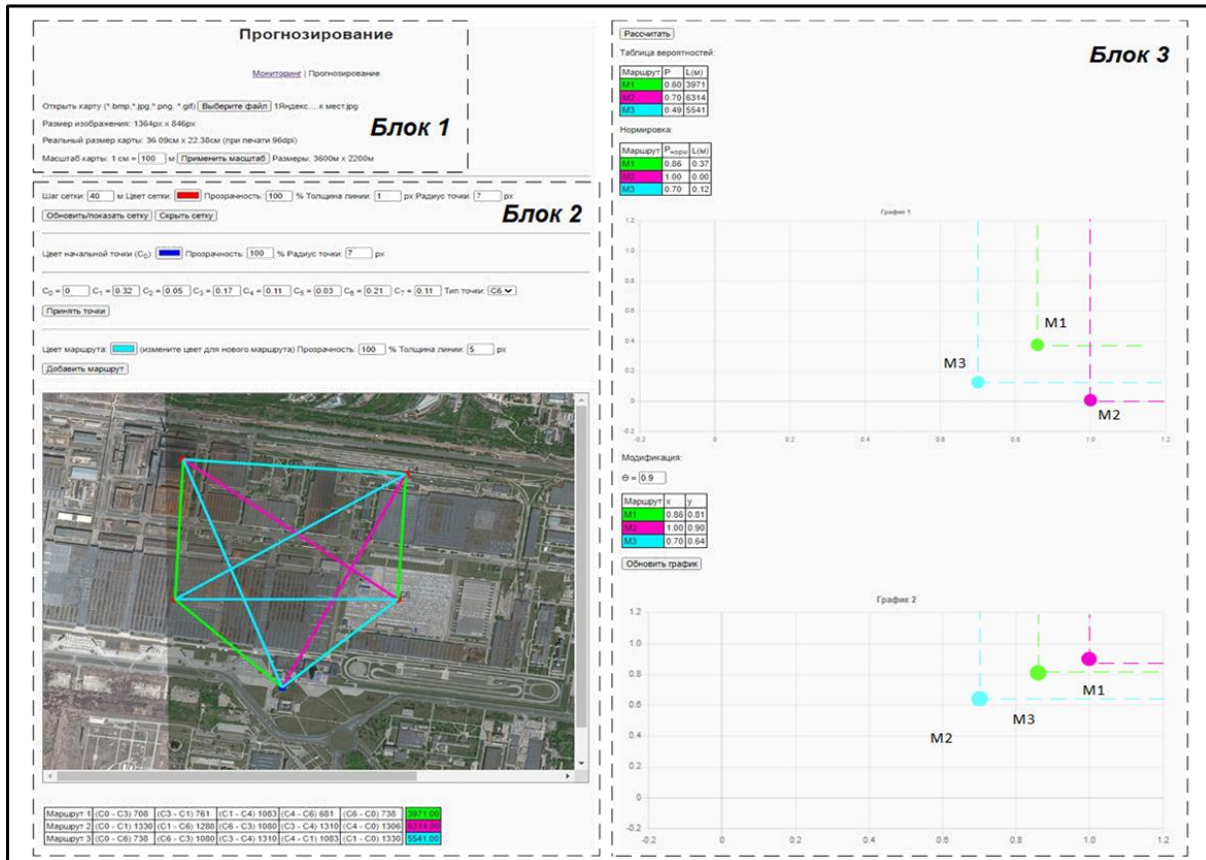


Рис. 1. Интерфейс программного комплекса по планированию применения мобильных средств мониторинга

Применение программного комплекса позволит определить количество беспилотных средств мониторинга и выбор наилучшей траектории движения для качественного информационного обеспечения должностных лиц на пожаре.

Таким образом, на планирующих этапах, при использовании программного комплекса информационно-аналитической системы управления беспилотными авиационными системами, получить необходимые данные по применению мобильных средств при мониторинге крупных пожаров. Использование программного обеспечения во время пожарно-тактических учений позволит повысить качество информационного обеспечения руководителя тушения пожара и оперативный штаб пожаротушения, тем самым повышая качество документов предварительного планирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баканов М.О. Дистанционный мониторинг техногенных пожаров и чрезвычайных ситуаций / Баканов М.О., Тараканов Д.В. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 1 (373). С. 173-177.

2. Баканов М.О. Резервирование средств мониторинга природных чрезвычайных ситуаций / Баканов М.О., Анкудинов М.В. // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы: Сборник статей по материалам VII Всероссийской научно - практической конференции с междунар. уч. 29-30 сент. 2016 г.: в 2-х ч. Ч. 2 / ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России. – Воронеж, 2016. С: 10-11.

3. Кузнецов А.В. Программное обеспечение для информационно-аналитической системы управления беспилотными авиационными системами при мониторинге крупных пожаров и проведении поисково-спасательных работ: свидетельство Роспатента о государственной регистрации программы для ЭВМ RU № 2021619887, 18.06.2021 / А.В. Кузнецов, Н.Г. Топольский.

УДК 544.47; 621.785.53.062; 669.018.6

М. В. Кузнецов

ФГБУ Всероссийский научно-исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций
(федеральный центр науки и высоких технологий) МЧС России

О ВОЗМОЖНОСТИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО АЗОТИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ И УМЕНЬШЕНИЯ УРОВНЯ ИХ ИЗНОСА

Аннотация: Предложена новая перспективная каталитическая технология, основанная на использовании стекловолокнистых тканых каталитических (СВТК) материалов для активации азотной или аммиачной атмосферы в высокотемпературном реакторе при обработке металлов и сплавов. Предложенные подходы могут быть использованы для нитридации порошков и гранулированных материалов, а также готовых конструкций. Это приводит к значительному упрочнению, повышению коррозионной стойкости, износостойкости и других свойств полученных продуктов.

Ключевые слова: стекловолокнистые тканые катализаторы (СВТК), каталитическая обработка, металлы и сплавы, азотирование, высокотемпературный реактор, касетный дизайн, улучшение свойств, изделия.

M. V. Kuznetsov

ON THE POSSIBILITY OF CATALYTIC NITRIDIZATION OF METALS AND ALLOYS IN ORDER TO INCREASE THE RELIABILITY OF METAL CONSTRUCTIONS AND REDUCE THE LEVEL OF THEIR WEAR

Abstract: A new promising catalytic technology based on the use of fiberglass woven catalytic (FGWC) materials for the activation of a nitrogen or ammonia atmosphere in a high-temperature reactor during the processing of metals and alloys is proposed. The proposed approaches can be used for nitridization of powders and granular materials, as well as finished constructions. This leads to significant hardening, increased corrosion resistance, wear resistance and other properties of the resulting products.

Keywords: fiberglass woven catalysts (FGWC), catalytic processing, metals and alloys, nitriding, high temperature reactor, cassette design, property improvement, articles.

В настоящее время классическим подходом к упрочнению различных материалов и изделий является газовое азотирование, используемое в качестве основного метода химико-термической обработки. Одним из наиболее эффективных направлений повышения качества металлов и металлических изделий, а также сокращения его расхода является расширение сортамента и увеличение производства сталей, легированных азотом. В энергетике во всем мире используется высоко азотистая аустенитная сталь, содержащая 0.4÷0.6 мас.% азота, из которой изготавливаю бандажные кольца генераторов. В автомобильной промышленности много лет успешно эксплуатируется жаропрочная клапанная сталь, содержащая 0.3÷0.6 мас.% азота. В электроэнергетике широко используется трансформаторная сталь, содержащая 0.009-0.12 масс.% азота. Во многих странах в больших объемах выплавляются экономно легированные нержавеющие стали аустенитного и аустенитно-ферритного классов для химической, нефтехимической и пищевой промышленности, в которых часть марганца заменена на азот. Кроме того, в огромных объемах выплавляются азотсодержащие рельсовые, трубные и коррозионные стали. Современное производство азотированных сталей основано на легировании их азотсодержащими ферросплавами. Азотированный феррохром и хром используется для легирования высокохромистых нержавеющих сталей, азотированный марганец и феррованадий - при выплавке низколегированных высокопрочных сталей, азотированный ферросилиций предназначен для легирования электротехнических и других марок сталей, содержащих кремний.

К недостаткам метода химико-термической обработки можно отнести: большую длительность процесса, достигающую 90 ч.; значительное снижение пластичности упрочняемых изделий, высокую хрупкость поверхностных слоев; сложность, а зачастую и невозможность получения слоев толщиной более 0.6 мм; недостаточную надежность технологических процессов, низкую стабильность результатов в реальных промышленных условиях; ограниченность применимости для упрочнения отдельных видов сплавов, находящих все большее применение,

таких как: легированные конструкционные, инструментальные и нержавеющей стали, композиционные материалы и стали легированных титаном, а также детали изготовленных методами порошковой металлургии. Таким образом, целесообразность проведения работ по устранению отмеченных недостатков вышеописанных процессов очевидна. Это касается прежде всего именно процесса газового азотирования, который осуществляется с использованием различных типов насыщающих атмосфер на наиболее производительном оборудовании - шахтных и камерных печах и в проходных агрегатах.

Высокотемпературный процесс азотирования в рамках предлагаемой технологии основывается на выделении активного азота при диссоциации аммиака по реакции: $2\text{NH}_3 = 2\text{N} + 3\text{H}_2$ при температурах порядка 500-650 °С. Научной основой для разработки данного технологического подхода явилась нетрадиционная для существующей теории азотирования концепция. Она построена на гипотезе о том, что при азотировании металлов активными компонентами в газовой среде являются не стабильные, равновесные продукты взаимодействия компонентов печной атмосферы, а промежуточные, лабильные, высокоактивные в химическом отношении образования (азот-, водород-, кислородсодержащие радикалы, ионы, ион-радикалы). Этим была продиктована целесообразность введения в процесс каталитического фактора, селективным образом воздействующего на превращения в аммиачно-воздушной среде в ходе ее взаимодействия с металлическими поверхностями.

Если действительно в процессах газового азотирования металлов можно изменить механизм диффузии азота в железе за счет применения промежуточных лабильных продуктов окисления аммиака, то также можно, управляя спектром этих продуктов и содержанием каждого из них путем воздействия в режиме *in situ* на насыщающую атмосферу за счет каталитического элемента (активного в отношении реакции окисления аммиака), регулировать как содержание азота в поверхностном слое металла, так и фазовый состав этого слоя.

Результаты проведенных исследований в полной мере подтвердили правомерность исходных предпосылок: процесс азотирования радикально изменил свой характер по всем режимным параметрам и качеству обрабатываемого изделия. Нами была разработана конструкция каталитического реактора, а также специальные стеклотканые катализаторы с различными металлическими наполнителями. Созданный класс стекловолокнистых тканых каталитических материалов (СВТК) с различной структурой плетения (жаккардовое тканье, полотно, сатин и др.) обладает существенными конструктивными, технологическими, эксплуатационными и экономическими преимуществами перед традиционными гранулированными или порошковыми катализаторами. Технология их изготовления позволяет управлять размерами пор стеклоткани (от 10 до 1000 Å), развивать её поверхность от единиц до сотни и более м²/г, целенаправленно вводить необходимые металлические наполнители (Pt, Pd, Cr и т.д.). Установка в печи на аммиачной (аммиачно-воздушной) магистрали каталитического реактора снаряженной кассеты (кассет) из СВТ-катализаторов специального назначения обеспечила ра-

дикальную активацию печной атмосферы, что позитивно отразилось на реализации процесса азотирования металлических поверхностей. В результате, по сравнению со стандартными процессами азотирования была значительно увеличена коррозионная стойкость конструкционных сталей, увеличена твердость обработанного изделия на глубину более 1 мм, увеличена износостойкость и ударная вязкость обработанного изделия, подавлен при азотировании процесс обезуглероживания чугуна и сталей, достигнуто значительное ускорение процесса азотирования (часы вместо суток), многократно сокращен расход аммиака, впервые обеспечена возможность азотирования изделий, азотирование которых не представлялось возможным с применением традиционных технологий, а именно - быстрорежущих сталей, изделий печной металлургии, а также титана и его сплавов.

К настоящему времени предлагаемая технология опробована на ряде металлургических и машиностроительных предприятий России и показала отличные результаты применительно к различным изделиям и материалам. Классическим примером оборудования для осуществления каталитического газового азотирования шахтной печи, такой как ССХВ 6.9/7 и ее аналоги. Предлагаемая упрочняющая технология каталитического азотирования может быть использована применительно ко всему спектру металлической продукции и в первую очередь для обработки элементов нефтегазового бурового оборудования, металлургического и горного оборудования, а также продукции из специальных и обычных сталей. Кроме того, предложенные технологические подходы могут оказаться альтернативой процессам нитридации ферросплавов с помощью процессов гетерогенного горения конденсированных систем (СВС). Суть базовой технологии сводится к тому, что исходные ферросплавы измельчают и загружают в реактор СВС, в который нагнетается азот до уровня давлений 100-150 атм. После инициирования реакции, фронт горения распространяется по порошковой или гранулированной среде со скоростью $0.1 \div 1.0$ см/с. Азот поступает в зону реакции из объема реактора путем фильтрации через пористую засыпку за счет перепада давлений, возникающего при поглощении азота в зоне реакции горения.

Шахтная печь для газового азотирования может быть оборудована устройством для каталитической обработки изделий в атмосфере аммиака и/или азота, которое обеспечивает проведение процесса насыщения чугуна, стали и сплавов азотом в условиях, близких к равновесным. Отдельные элементы или кассетная сборка с СВТК могут быть помещены внутрь этого устройства в любом количестве и форме, которые необходимы для осуществления конкретного процесса азотирования. Чтобы учесть влияние некоторых переменных факторов, была разработана система косвенного контроля азотного потенциала атмосферы печи. При определенном содержании азота в поверхностных слоях заготовок, эта система позволяет оператору изменять уровень потока технологических газов, а также температуру и динамику протекания процесса диффузии в режиме реального времени. Система также позволяет рассчитать распределение концентрации азота от поверхности в глубину изделия, фазовый состав приповерхностной зоны, а также распределение микротвердости в пределах диффузионного слоя.

В дальнейшем были проведены работы по созданию новых технологических процессов:

- разработан и успешно применяется на практике процесс антикоррозионного азотирования, стабильно обеспечивающий на конструкционных сталях коррозионную стойкость в водно-соляном тумане до 500 ч;

- разработан процесс скоростного азотирования, позволяющий получать на конструкционных сталях и чугунах глубину насыщения до 1.2 мм за время не более 24 часов и при температурах не более 550 °С. Получаемый при этом упрочненный слой обладает способностью к дисперсионному затвердеванию при нагреве до 620°С;

- создана технология газового азотирования нержавеющей сталей без снижения их коррозионной стойкости, включая стали, легированные титаном в объеме до 2.5 %;

- разработан процесс упрочнения деталей машин, изготовленных методами порошковой металлургии, позволяющий проводить сквозное насыщение сечений более 10X10 мм., обеспечивающий твердость 450...500 HV1.0, и позволяющий заменить газовую нитроцементацию с закалкой;

- создан технологический процесс упрочнения термостойких сталей при толщине до 0.5 мм. Получаемой за 12 часов процесса слой обладает эффектом вторичного твердения при нагреве до 700°С;

- разработан и успешно применяется технологический процесс упрочнения быстрорежущих сталей, включая изготовленные методами порошковой металлургии, обеспечивающий стабильные результаты.

Результаты разработки новых технологических процессов показали их широкие возможности на имеющемся промышленном парке печей. После их несложной модернизации имеется возможность устранения значительной часть недостатков применяющихся методов низкотемпературной химико-термической обработки металлов и сплавов, а также значительно расширить сферу их применения. При этом имеется возможность сократить длительность насыщения в 1.5-2.0 раза, повысить долговечность деталей в 2-3 раза и сократить затраты на содержание оборудования в 1.2-1.5 раза. Что касается подходов, альтернативных используемому в настоящее время горению порошковых и гранулированных материалов в азоте, то обеспечиваемое в результате осуществления каталитических процессов в печах высокое содержание азота позволяет выделять из них в достаточных количествах нитриды основных элементов. Так, например, при азотировании феррониобия марки ФН666 можно добиться получения двухфазного сплава α -Fe и NbN, а после обработки его в соляной кислоте появляется возможность выделить моонитрид ниобия δ -NbN. Аналогичным образом оказалось возможным получение α - и β -Si₃N₄ из азотированного ферросилиция и CrN - из азотированного феррохрома. Полученные порошковые материалы обладают значительной удельной поверхностью с размером частиц менее 1 мкм которые, несомненно, найдут своё дальнейшее применение в порошковой металлургии.

Технология каталитического азотирования с использованием СВТК-реакторов, а также катализаторов различного дизайна и химического состава может быть применена на практике при обработке широкого ряда изделий: зубчатых колес; валов и штоков; деталей насосов; гидро- и пневмоаппаратуры; штампов и пресс-форм; метизов с антикоррозионным покрытием, изготовленных из разнообразных материалов, среди которых можно выделить конструкционные стали, цементуемые стали с комбинацией азотирования и закалки, штамповые сплавы, стали для холодного деформирования, быстрорежущие стали, нержавеющей стали, изделия порошковой металлургии, а также изделия из титана и его сплавов.

УДК 629.083

В. А. Любимов, С. Н. Лазарев, Д. В. Егоренко
Академия ФСО России

СТРУКТУРА ОЦЕНКИ ГОТОВНОСТИ СЛОЖНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ИЗДЕЛИЯ

Аннотация: Проведен анализ показателей и описана структура оценки готовности сложного технического изделия (СТИ). Представленная последовательность расчета показателей готовности СТИ, основана на оценках, которые определяют внутренние свойства и показатели самого изделия, а также показатели, характеризующие систему обеспечения данного изделия на жизненном цикле, то есть систему интегрированной логистической поддержки.

Ключевые слова: техническое изделие, техническая готовность, эксплуатационная готовность, коэффициент исправности, структура оценки готовности, логистическая поддержка.

V. A. Lubimov, S. N. Lazarev, D. V. Egorenko

STRUCTURE OF ASSESSING THE READINESS OF A COMPLEX TECHNICAL PRODUCT

Abstracts: The analysis of the indicators was carried out and the structure of the assessment of the readiness of a complex technical product (CTP) was described. The presented sequence of calculation of CTP readiness indicators is based on estimates that determine the internal properties and indicators of the product itself, as well as indicators that characterize the system for providing this product in the life cycle, that is, the system of integrated logistics support.

Keywords: technical product, technical readiness, operational readiness, serviceability factor, readiness assessment structure, logistical support.

Наиболее обобщенной характеристикой, оцениваемой надежность любого сложного технического изделия (СТИ) является его готовность. В соответствии со стандартами готовность технического изделия относится к эксплуатационно-техническим характеристикам, которые характеризуют надежность, живучесть, отказоустойчивость, контролепригодность, эксплуатационную и ремонтную технологичности [1].

Принятые определения готовности характеризуют способность технического изделия находится в исправном (работоспособном состоянии) в заданный момент его применения (функционирования). Другими словами, готовность определяет свойство СТИ выполнять требуемые функции в процессе применения по назначению, в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта [2].

Последние два дополнения (техническое обслуживание и ремонт) говорят о том, что должны быть выполнены мероприятия по обеспечению эксплуатации СТИ необходимыми ресурсами. Данный ресурс (материальный, финансовый, человеческий) должен быть сформирован и представлен (организационно и технологически) в виде системы интегрированной логистической поддержки (ИЛП), или системы технической эксплуатации (СТЭ). На эти системы возложена задача организационно-технического сопровождения технической эксплуатации СТИ на его жизненном цикле.

Система ИЛП (СТЭ) решает задачи по поддержанию требуемого уровня готовности эксплуатируемых технических объектов на основе показателей, определяющих безотказность, долговечность, ремонтпригодность и др., с учетом временных, финансовых, материальных затрат, связанных с эксплуатацией (в том числе восстановления и технического обслуживания СТИ). Исходя из рассмотренного, готовность СТИ комплексно оценивается с учетом внутренних (надежностных) свойств и показателей самого технического объекта и принятой (разработанной) системы ИЛП.

Как известно, готовность СТИ оценивается на основе показателя коэффициента технической готовности ($K_{ТГ}$). Данный показатель рассчитывается как вероятность того, что в любой произвольный момент техническое изделие не будет находиться на техническом обслуживании или ремонте и планируемое применение его по назначению, в начальный момент, произойдет без задержки (не превысит допустимое время, или будет отменено из-за отказа). Таким образом аналитическое выражение коэффициента технической готовности ($K_{ТГ}$) может быть представлено в виде:

$$K_{ТГ} = K_{ПП} \times K_{ГП}, \quad (1)$$

где $K_{ПП}$ – коэффициент планируемого применения,

$K_{ГП}$ – коэффициент готовности к применению.

Эксплуатационный показатель – коэффициент планируемого применения (K_{III}) определяется как часть заданного периода эксплуатации, в течение которого СТИ не находится на плановом техническом обслуживании или ремонте. Данный коэффициент рассчитывается по выражению (2).

$$K_{\text{III}} = 1 - (K_{\text{II}} \times \tau), \quad (2)$$

где τ – показатель интенсивности эксплуатации в течении года,

K_{II} – коэффициент потерь (удельных), учитывающий затраты на плановые ТО и восстановление, $K_{\text{II}} = f(K_{\text{II,ТО}}, K_{\text{II,В}})$.

С учетом выражения (1), второй составной частью коэффициента технической готовности ($K_{\text{ТГ}}$) выступает коэффициент готовности к применению ($K_{\text{ГП}}$). Физический смысл коэффициента готовности к применению ($K_{\text{ГП}}$) определяется как вероятность того, что на определенном временном отрезке, вероятность применения технического объекта по назначению не произойдет из-за отказа, или не превысит допустимое время (см. выражение 3):

$$K_{\text{ГП}} = K_{\text{Г}} + (1 - K_{\text{Г}}) \times P_{\text{В}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{В}}$ – вероятность восстановления объекта,

$K_{\text{Г}}$ – коэффициент готовности.

При невозможности определения показателя коэффициента готовности к применению ($K_{\text{ГП}}$), например, из-за отсутствия исходных для данных, можно воспользоваться другим выражением и провести расчет значения показателя $K_{\text{Г}}$:

$$K_{\text{Г}} = \frac{T_{\text{О}}}{(T_{\text{О}} + t_{\text{В}})}, \quad (4)$$

Как показывает практика эксплуатации СТИ рассмотренный выше порядок расчета коэффициента технической готовности ($K_{\text{ТГ}}$) во многом не учитывает реально складывающиеся условия логистической поддержки. При этом важно обращать внимание на те условия, которые связаны с простоями технического изделия, а значит и влияющие на расчетные значения данного показателя. Причинами таких простоев могут быть: низкая организация работ по восстановлению, задержка закупки (поставки) запасных частей (ЗИП), отсутствие денежных средств на восстановление, необходимость закупки вспомогательного оборудования, документации для технического обслуживания и ремонта (особенно актуально на начальном этапе эксплуатации СТИ) и др.

Объективно возникающие временные потери могут быть отнесены к категории дополнительных и оцениваться коэффициентом дополнительных потерь ($K_{\text{доп}}$), отражающим принятые издержки системы ИЛП. Физический смысл данного показателя сводится к определению доли времени суммарных временных потерь ($T_{\text{п}}$) относительно времени использования ($T_{\text{и}}$) СТИ: $K_{\text{доп}} = f(T_{\text{п}}, T_{\text{и}})$.

С учетом рассмотренного вводится коэффициент эксплуатационной готовности ($K_{\text{эГ}}$), позволяющий оценивать готовность СТИ с учетом дополнительных потерь организационного и технологического характера. Количественные значения данного показателя могут быть получены по выражению:

$$K_{\text{эГ}} = K_{\text{тГ}} \times K_{\text{доп}}. \quad (5)$$

При эксплуатации группы однотипных СТИ возникает задача проведения оценки степени их готовности за определенный временной интервал эксплуатации ($T_{\text{э}}$) [3]. В этом случае для оценки готовности используется комплексный показатель: коэффициент исправности группы однотипных изделий ($K_{\text{и}}$). Данный показатель определяется как математическое ожидание числа изделий, находящихся в исправном состоянии в течение анализируемого периода времени:

$$K_{\text{и}} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^n \frac{m_k}{M}, \quad (6)$$

где: m_k – количество исправных изделий из группы на k -м цикле анализируемого этапа эксплуатации,

M – общее количество изделий в анализируемой группе,

n – число циклов анализа, $n = \left[\frac{T_{\text{э}}}{t_{\text{п}}} \right]$ (в скобках обозначена целая часть от деления),

$T_{\text{э}}$ – временной интервал, в течение которого с заданной периодичностью $t_{\text{п}}$ анализируется и фиксируется количество исправных СТИ.

С увеличением периода времени эксплуатации $T_{\text{э}}$, значение $K_{\text{и}}$ будет стремиться к истинному значению коэффициента эксплуатационной готовности ($K_{\text{эГ}}$). Отсюда следует, что при необходимости можно получить прогнозные значения показателя $K_{\text{и}}$. Их можно рассчитать на основе использования представленных формул для $K_{\text{эГ}}$.

Общая последовательность оценки готовности технического изделия (объекта), рассчитываемые коэффициенты (их обозначение и наименования), дополнительные показатели, используемые в расчетах показана на рисунке.

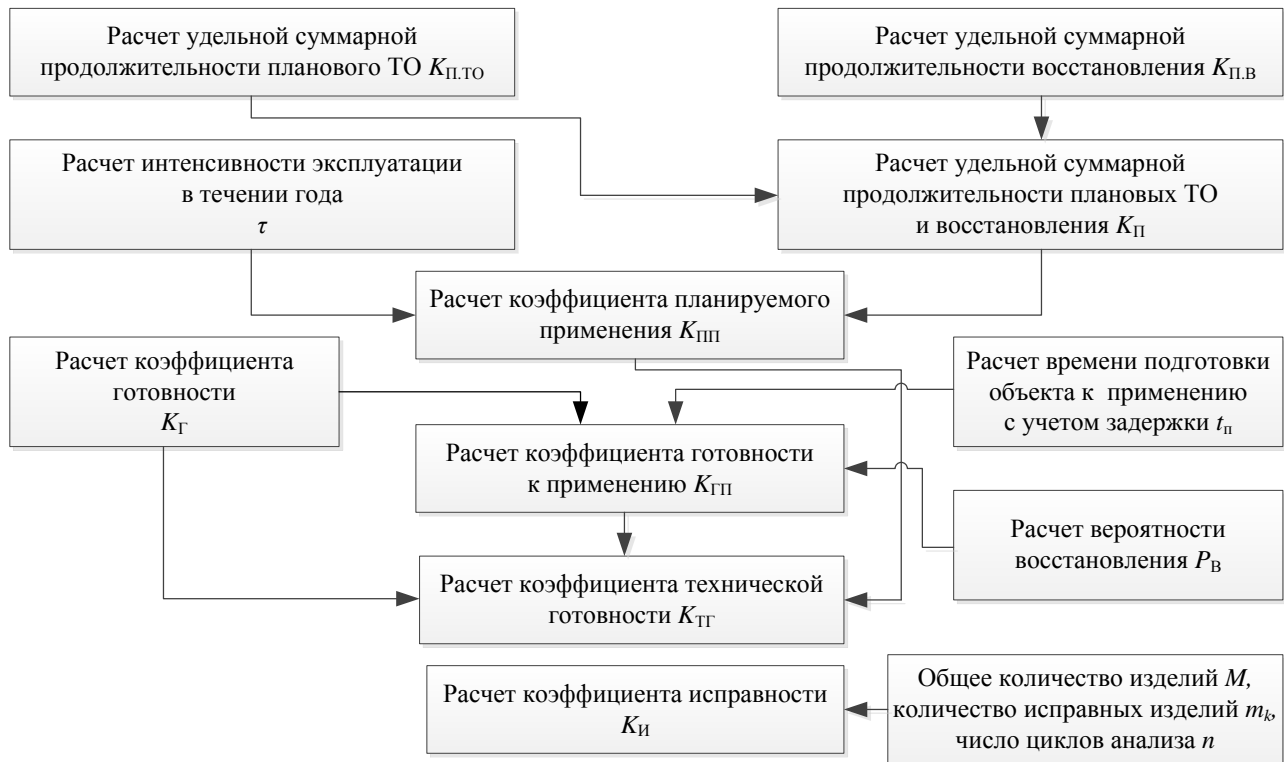


Рис. Структура оценки готовности сложного технического изделия (объекта)

Таким образом представленная структура оценки готовности сложного технического изделия (объекта) позволяет, показать инвариантность комплексного подхода к оценке готовности сложного технического изделия. При этом в основу оценки положены внутренние свойства и показатели самого изделия, а также показатели, учитывающие систему обеспечения данного изделия на жизненном цикле, то есть систему интегрированной логистической поддержки. Такой комплексный подход позволяет обеспечить поддержание готовности СТИ на этапе эксплуатации путем решения организационных и технологических задач в рамках системы ИЛП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 56111-2014 «Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Номенклатура показателей эксплуатационно-технических характеристик». – М. : Стандартинформ, 2014. – 24 с.
2. ГОСТ 27.002-2015 «Надежность в технике. Термины и определения». – М : Стандартинформ, 2016. – 63 с.
3. Любимов В.А. «Комплексная оценка готовности сложного технического объекта». Известия Тульского государственного университета, вып. 9, Тула: ТулГУ, 2021. – С. 137-140.

УДК 351.862.001, 614.8.084

В. А. Малышев, А. В. Борисов

ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОЧИСТКЕ ВЫСОКОМУТНОЙ ИСХОДНОЙ ВОДЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМАХ СОВРЕМЕННЫХ ВОДООЧИСТНЫХ УСТАНОВОК В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ИХ РАБОТЫ

Аннотация: В статье отражены вопросы обеспечения надежности работы современных водоочистных установок, находящихся на снабжении формирований МЧС России, рассмотрены подходы по повышению ресурса работы фильтрующих элементов установок при очистке высокомутной исходной воды.

Ключевые слова: обеспечение водой пострадавшего населения, надежность станций комплексной очистки воды, повышение ресурса ультрафильтрационных аппаратов, очистка высокомутной исходной воды применение гидроциклонов.

V. A. Malyshev, A. V. Borisov

SUBSTANTIATION OF PROPOSALS FOR THE PRELIMINARY PURIFICATION OF HIGH-GRADE SOURCE WATER IN THE TECHNOLOGICAL SCHEMES OF MODERN WATER TREATMENT PLANTS IN ORDER TO INCREASE THEIR SERVICE LIFE

Abstract: The article reflects the issues of ensuring the reliability of modern water treatment plants that are supplied to the formations of the Ministry of Emergency Situations of Russia, the approaches to increase the service life of the filtering elements of the plants during the purification of high-grade source water are considered.

Keywords: provision of water to the affected population, reliability of integrated water treatment plants, increasing the resource of ultrafiltration devices, purification of high-grade source water application of hydrocyclones.

Значение воды для человека чрезмерно велико. Отсутствие чистой воды является основной причиной распространения кишечных инфекций, гепатита и болезней желудочно-кишечного тракта, возникновения патологий, а также смертельных исходов (таблица 1). Поэтому одной из основных задач жизнеобеспечения населения, да и самих спасателей является обеспечение водой [1].

При ограниченных возможностях использования систем водоснабжения населенных пунктов обеспечение водой группировок сил МЧС России, привлекаемых для ликвидации ЧС и защиты пострадавшего населения, в том числе в

районах эвакуации, организуется с пунктов водоснабжения, оборудованных на средствах очистки воды.

Следует заметить, что в настоящее время на оснащении формирований МЧС находятся новейшие модификации станций комплексной очистки воды (СКО-8, СКО-10 и ПФ-300), в технологических схемах которых заложена двух-ступенчатая схема их работы.

Таблица 1. Возможные объемы летальных исходов в зонах ЧС в зависимости от времени задержки мероприятий

Мероприятия	Объемы летальных исходов (%) в зависимости от времени их задержки (час)				
	20	40	60	80	100
Извлечение людей из-под завалов зданий после землетрясений	10,5	25,0	43,0	67,0	96,0
Обеспечение водой для питья	7,2	18,8	32,4	50,0	72,0

На первой ступени, в отличие от традиционного осветления воды отстаиванием с применением коагулянтов, применяется мембранная технология, имеющая название «ультрафильтрация» и исключая применение реагентов. На второй ступени используется традиционная фильтрация воды через сорбционные фильтры [2].

Процесс ультрафильтрации состоит в том, что исходная вода под давлением «продавливается» через полупроницаемую перегородку (мембрану), размеры пор которой находятся в пределах от 5 нм до 0,05–0,1 мкм.

Применительно к рассматриваемым средствам мембраны собраны [3,4] в ультрафильтрационные аппараты, представляющие собой модули цилиндрической формы, диаметром 10-12 мм, в которых находится пучок тонких полимерных трубчатых мембран с внутренним диаметром 0,7- 0,8 мм (рисунок 1).

При очистке исходная вода, взятая из поверхностного источника, подается под давлением внутрь волокон и, проходя через микропоры мембран, очищается от взвешенных частиц, а отфильтрованная вода (фильтрат) отбирается снаружи волокон. При этом большинство находящихся в исходной воде загрязнений задерживается на поверхности и в порах мембран, затрудняя дальнейшую очистку воды, снижая ресурс и надежность работы средства и, соответственно, производительность (рисунок 2).



Рис. 1. Ультрафильтрационный аппарат:
а) капиллярные трубчатые мембраны; б) ультрафильтрационный аппарат в сборе

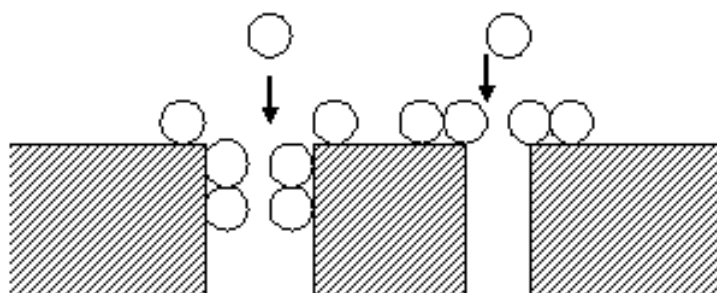


Рис. 2. Влияния взвесей, находящихся в исходной воде, на параметры работы ультрафильтрационных аппаратов

Изучение инструкций по эксплуатации станций комплексной очистки, находящейся на оснащении спасательных формирований [3], позволило установить предельный ресурс ультрафильтрационных аппаратов, несмотря на проведение соответствующих мер по их промывке расчетом средств:

- при мутности исходной воды 60 мг/л – 1200 часов работы;
- при мутности 200 мг/л, соответственно, – 600 часов.

Для удаления загрязнений с поверхности и из пор мембран на станциях комплексной очистки воды используют метод обратных промывок (рисунок 3). При этом очищенная вода пропускается в направлении, противоположном направлению фильтрования. Частота обратных промывок ультрафильтрационных аппаратов зависит от состава и мутности исходной воды и может составлять от одного до четырех раз в час и продолжительностью 10-60 секунд. Однако в процессе работы производительность мембран постепенно уменьшается, снижается и их ресурс.

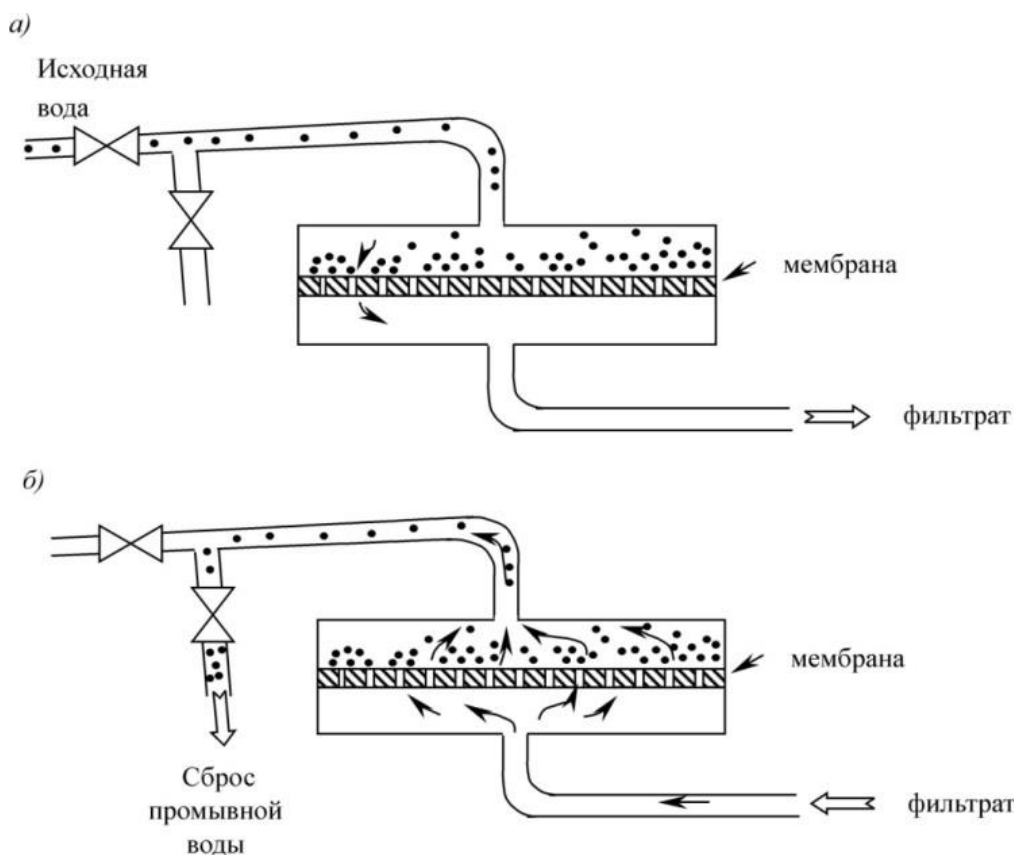


Рис. 3. Принципиальная схема работы ультрафильтрационного аппарата:
а) фильтрование; б) промывка

Надежность работы станций комплексной очистки воды в значительной степени зависит от человеческого фактора.

Эта зависимость проявляется в том, что в состав расчетов назначаются случайные люди, без соответствующей обучения и общеобразовательной подготовки. Занятия в течение учебного года практически не проводятся как по технической, так и тактико-специальной подготовке. Нарушаются требования Инструкции по эксплуатации [3], где отражено, что обслуживающий персонал в связи со сложностью устройства и необходимостью строгого соблюдения технологического процесса должен иметь образование не ниже среднетехнического. Как правило, незнание названной инструкции и не соблюдение требований технологического режима приводит к выводу из строя отдельных дорогостоящих узлов.

Важным условием обеспечения надежности работы СКО-10 (СКО-8, ПВУ-300) является то, что при выборе места оборудования пункта водоснабжения должно быть выполнено требование завода-изготовителя, который рекомендует соблюдать следующие требования:

исходная вода должна быть не мутной, бесцветной, без обильного насыщения водорослями, водными организмами, простейшими, без толстого слоя остатков растительности на дне и т.п.;

вода не должна иметь загрязнений нефтепродуктами, жировыми веществами (признаки такого загрязнения: пленки с радужными разводами на поверхности, черные маслянистые пятна, скопления загустевших нефтепродуктов у береговой кромки, характерный запах).

В случае повышенной мутности исходной воды или невозможности выбора источника с соответствующими требованиями в целях сохранения ресурса мембран и повышение надежности средств очистки воды целесообразно проводить ее предварительную очистку.

Предварительная очистка воды перед ультрафильтрационными аппаратами возможна двумя способами [3] – химическим и механическим.

Химический способ предусматривает проведение отстаивания воды в резервуарах или замкнутых (изолированных) водоемах, а для ускорения процесса отстаивания – внесение в нее химических реагентов – коагулянтов, доза которых должна быть в пределах 200-250 мг/л.

Применение данного способа может привести к некоторому изменению комплектации станции: включение резервуаров-отстойников РДВ-5000 не менее 3-4, а также коагулянта - сернокислого алюминия, питьевой соды и хлорсодержащих реагентов. При этом должны соблюдаться требования по осветлению воды, изложенные в Руководстве по полевому водоснабжению войск [2].

Кроме того, как показывают расчеты, в состав комплекта средства необходимо дополнительно, как минимум, включить насос или мотопомпу, запас жидкого или сухого коагулянта не менее 150-250 кг (как минимум на 100 часов работы), что потребует изыскания дополнительной площади в кузове (контейнере) станции для их размещения. Вместе с тем этот вариант наиболее приемлем для расчетов средств полевого водоснабжения.

Предварительная очистка воды перед ультрафильтрационными аппаратами механическим способом возможна с применением различных механизмов и устройств. Изучение и анализ имеющихся литературных источников и научных разработок [5,6] показывают, что в ряде отраслей промышленности для качественного разделения больших объемов неоднородных дисперсных систем вместо низкоэффективного и громоздкого отстойного оборудования широкое распространение получают аппараты центробежного типа – гидроциклоны. Простота конструкции, отсутствие движущихся частей, удобство в эксплуатации позволяют использовать их для осветления, сгущения и классификации суспензий и пульп в широком интервале концентраций и гранулометрического состава исходных продуктов.

Очистка воды гидроциклонами и центрифугами сегодня считается одним из наиболее надежных методов очистки воды от любых взвешенных веществ, в число которых входит даже такие загрязнители как нефтепродукты.

Однако в полевом водоснабжении, в частности на современных средствах комплексной очистки воды, особенно для предварительной ее очистки перед ультрафильтрационными аппаратами, научные разработки и рекомендации практически отсутствуют.

Следует отметить, что гидроциклон (рисунок 4) состоит из корпуса (цилиндрической формы), тангенциально расположенным штуцером (патрубком) для ввода исходной высокомутной природной воды и нижним штуцером для вывода осадка, а также верхним патрубком, который необходим для вывода очищенной воды.

Работа гидроциклонов основывается на использовании центробежных сил — силы, которая в несколько раз превосходит силу тяжести. Под воздействием силы тяжести происходит осаждение взвешенных веществ в фильтрах и резервуарах — отстойниках. При этом очистка воды происходит с гораздо большей скоростью, чем отстаивание, в том числе отстаивание с применением коагулянтов. Одним из явных преимуществ очистки воды гидроциклонами считается отсутствие необходимости в использовании каких-либо дополнительных средств и материалов (химических реагентов и особых типов фильтрующего материала).

Как показывают данные имеющихся литературных источников [5,6] при выборе и расчете гидроциклона необходимо учитывать характеристики мутности воды; требования к очищенной воды. 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 $12 \text{ м}^3/\text{ч}$, очищенная вода не должна содержать мутность, резко снижающей ресурс мембран, т.е. достигать значений, менее 60 мг/л .

Давление исходной воды на входе в ультрафильтрационные аппараты определено технологией работы станции [2] — не менее $0,12 - 0,20 \text{ МПа}$, а давление фильтрата на выходе из ультрафильтрационных аппаратов — $0,02 - 0,18 \text{ МПа}$

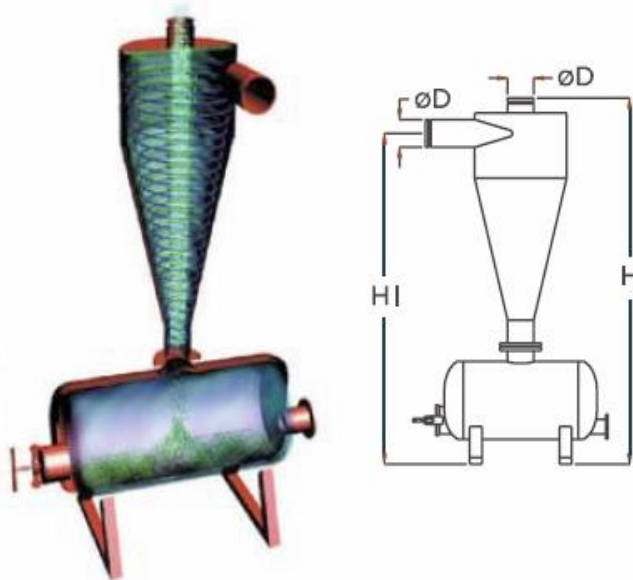


Рис. 4. Напорный гидроциклон

Проведенные расчеты (таблица 2) позволяют определить размеры гидроциклона, который обеспечивает очистку исходной воды до мутности равной 60 мг/л, позволяющей довести ресурс ультрафильтрационных аппаратов до 8000 часов работы.

Таблица 2. Результаты расчета для выбора гидроциклонов

Диаметр гидроциклона D , мм	Угол конусности α , градус	Средняя производительность Q , м ³ /ч (при $P_0 = 0,1$ МПа)	Стандартный эквивалентный диаметр питающего отверстия d_3 , мм	Стандартный диаметр сливного патрубка d , мм	Диаметр песковой насадки D , мм
150	10, 20	12–30	30–40	40–50	12–34
250	20	27–80	65	80	24–75
360	20	50–150	90	115	34–96

При этом, наиболее рациональный диаметр гидроциклона может быть от 150 до 250 мм, а высота до 900 мм. Такие размеры гидроциклона позволят при перевозке поместить гидроциклон в кузове СКО-10, где находится основное технологическое оборудование.

Проведя анализ производства различных типов гидроциклонов можно сделать вывод, что его стоимость не превышает 15 – 21 тыс. рублей, что вполне приемлемо для сохранения ресурса дорогостоящих мембранных аппаратов, стоимость которых (64 шт.) составляет около 5 000 тыс. рублей.

Таким образом, предложенный вариант предварительной очистки воды перед ультрафильтрационными аппаратами (расположение гидроциклона на грунте на напорной линии насоса подачи исходной воды в установку) может быть широко использован спасательными формированиями при обеспечении питьевой водой населения в районах временного размещения, особенно в условиях высокой мутности исходной воды.

Выводы.

Надежность работы станций комплексной очистки воды в значительной степени зависит от человеческого фактора, знания им технологии работы и грамотной эксплуатации данных средств очистки воды.

Для повышения надежности работы средств очистки воды, повышения ресурса работы ультрафильтрационных аппаратов необходимо:

1. Строго соблюдать требования Инструкции эксплуатации СКО, соблюдения условий по укомплектованию расчетов станций личным составом, имеющим образование не ниже среднетехнического. Распределить должности отделения (расчета СКО), определить их функциональные обязанности на всех этапах

оборудования и содержания пункта водоснабжения. Постоянно проверять данное положение на занятиях и тренировках.

2. В случае повышенной мутности исходной воды свыше 60 мг/л целесообразно проводить ее предварительную очистку либо предварительным отстаиванием с применением коагулянтов, либо способом с применением в напорной линии насосов подачи исходном (мутной) воды гидроциклонов.

Предложенный вариант предварительной очистки исходной воды перед ультрафильтрационными аппаратами может быть широко использован аварийно-спасательными формированиями при обеспечении питьевой водой населения в районах эвакуации при ликвидации ЧС в условиях высокой мутности исходной воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методические рекомендации по организации первоочередного жизнеобеспечения населения в чрезвычайных ситуациях и работы пунктов временного размещения пострадавшего населения (утв. МЧС России 20.08.2020 N 2-4-71-18-11). 76 с.
2. Руководство по полевому водоснабжению войск. М.: ВИ, 1984, 104 с.
3. Руководство по эксплуатации станции комплексной очистки воды СКО-10, Краснодар, ЗАО «Биофильтр». 2008, 170 с.
4. П.П. Александров, И.В. Кравец, О.Р. Сайфуллин. Полевое водообеспечение войск. Учебник. М.: ВИА. 2007, 296 с.
5. А.Б. Голованчиков, Г.И. Первакова, И.С. Бацокин. Влияние производительности на эффективность работы гидроциклона, Статья. Журнал «Известия ГТУ», Волгоград. Выпуск № 4, том 1, 2014, с. 55-57.
- 6.М.М. Башаров, О.А. Сергеева Устройство и расчет гидроциклонов. Учебное пособие. Казань: Вестфалика, 2012, 92 с.

УДК 614.842.81

А. Н. Мальцев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ В ТЕАТРАЛЬНО-ЗРЕЛИЩНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Аннотация: В данной статье рассматривается проблематика развития и тушения пожаров в театрально-зрелищных учреждениях.

Ключевые слова: пожар, театр, сцена, зрительный зал, пожарная опасность.

A. N. Maltsev

BASIC PROBLEMS IN FIRE FIGHTING AT THEATER AND PERFORMANCE INSTITUTIONS

Abstracts: this article discusses the problems of the development and extinguishing of fires in theater and entertainment facilities.

Keywords: fire, theater, stage, auditorium, fire hazard.

Каждую минуту по всему миру возникают чрезвычайные ситуации такие как пожары. Они возникают везде – в жилых домах и общественных зданиях, на промышленных предприятиях, объектах сельского хозяйства, на транспорте и в ряде других объектов. Наиболее вероятную опасность представляют пожары в местах массового пребывания и большого скопления людей: в культурно-зрелищных учреждениях, в гостиницах и общежитиях, в торговых и развлекательных центрах, в учебных заведениях, в спортивных комплексах и т.п.

Современные системы противопожарной защиты в зданиях и сооружениях должны исключать возможность распространения пожаров до больших площадей и предотвращать гибель и травмирование людей. Однако, факты говорят об обратном.

Театрально-зрелищные комплексы не являются исключением в общем списке пожароопасных объектов. Так почему же пожары в театрах принимают большие размеры и требуют привлечения значительного количества пожарных подразделений для их ликвидации? Необходимо разобраться в этом вопросе более детально.



Рис. Возгорание в театрально-зрелищном учреждении

Пожарная опасность каждого здания определяется возможностью возникновения и развития пожара в нем, а также воздействием на людей опасных факторов пожара. На это, в первую очередь, влияет возможность возникновения источников зажигания, наличие горючей среды и путей распространения пожара, а этого в театре в достатке. Большие площади сценической части, зрительных залов, гримерных, производственных и складских помещений имеют высокую пожарную нагрузку, и, в основном, из легко воспламеняющихся материалов. Здания театров, построенные в первой половине прошлого века, как правило, имеют третью степень огнестойкости, и горючие конструкции здания также являются путями распространения огня. Нарушение правил эксплуатации многофункциональной системы энергоснабжения обеспечения театральных представлений и неосторожное обращение с огнем являются основными источниками возникновения пожаров.

Причинами развития пожаров до больших площадей являются:

- технические неисправности систем обнаружения;
- оповещения и автоматического тушения пожаров;
- отсутствие или неисправность противопожарного занавеса, системы открытия люков дымоудаления, первичных средств пожаротушения;
- несвоевременное сообщение о пожаре; курение в неустановленных местах; нарушение производственного регламента и противопожарного режима при проведении огневых работ.

Высокая скорость распространения горения по легкогорючим материалам приводит к быстрому увеличению площади пожара, а большая пожарная нагрузка требует подачи значительного количества огнетушащих веществ. Загруженность автомобильных дорог транспортом, особенно в вечернее время в момент демонстрации театральных представлений, замедляет время прибытия пожарных подразделений к месту вызова. Несмотря на автоматический вызов по повышенному номеру в первое время прирост площади пожара зачастую превышает скорость наращивания сил и средств пожарных подразделений.

При организации тушения пожаров не исключаются и ошибки РТП. В первую очередь это использование маломощных стволов. В разведку пожарные направляются со стволами РС-50. А при интенсивности тушения $0,2-0,3 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$ это далеко не достаточные расходы огнетушащих веществ. Также при тушении в качестве огнетушащих веществ не используется смачиватель, что могло способствовать сокращению времени тушения и достижения локализации пожара, а также экономия огнетушащих веществ до 50%.

Российская промышленность уже освоила выпуск ручных комбинированных стволов с высокой производительностью и регулируемым расходом. Однако многие пожарные расчеты еще не укомплектованы данными приборами.

Таким образом, пути достижения пожарной безопасности театральных учреждений – это в первую очередь правильные архитектурно-планировочные решения этих зданий, устройство безопасных путей эвакуации, широкое внедрение современных автоматических систем обнаружения и тушения пожаров,

запрещение использования легкогорючих и особенно синтетических материалов для отделки путей эвакуации и оформления сценических постановок, повышение ответственности администрации театров за состояние пожарной безопасности, а следовательно, за жизнь и здоровье людей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савельев П.С. Пожары и катастрофы. - М., 2018 (1-я Обр. тип.). - 414 [2] с.
2. Терещенков В.В., Артемьев Н.С., Думилин А.И. Жилые и общественные здания и сооружения. Противопожарная защита и тушение пожаров. Книга №1. - М.: Пожнаука 2006. - 314 с.
3. Борисов А.А., Пискунов А.О., Мальцев А.Н. [Быстроразъемные соединения, применяемые в пожарной охране](#) Российской Федерации и за рубежом. В сборнике: [надежность и долговечность машин и механизмов](#). Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 17-19.
4. Мальцев А.Н., Наумов А.В., Белорожев О.Н., Пискунов А.О. [Проблемы тушения пожаров в многоэтажных зданиях с](#) наружным утеплителем в сборнике: [пожарная](#) и аварийная безопасность. Сборник материалов XII международной научно-практической конференции, посвященной году гражданской обороны. 2017. С. 339-340.
5. <http://www.nachkar.ru/taktika/index9.htm>.
6. <http://www.supernicolass.narod.ru/topic487.htm>.

УДК 614.849

А. Н. Мальцев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОРГАНИЗАЦИЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В КУЛЬТУРНО-ЗРЕЛИЩНЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ

Аннотация: в данной статье пойдет речь об организации и особенностях тушения пожаров в культурно-зрелищных учреждениях.

Ключевые слова: культурно-зрелищные учреждения.

A. N. Maltsev

ORGANIZATION OF FIRE EXTINGUISHING IN CULTURAL AND ENTERTAINMENT INSTITUTIONS

Abstracts: This article will discuss the organization and characteristics of extinguishing fires in cultural and entertainment institutions.

Keywords: entertainment institutions.

В настоящее время происходит активное строительство объектов различного назначения с массовым пребыванием людей, таких как: музеи, цирки, театры, поликлиники, торговые центры. Тенденция роста таких зданий все больше и больше выводит на первую роль проблему организации обеспечения пожарной безопасности людей в случае возникновения пожара, а также характерное явление, такое как паника, возникающая в процессе эвакуации. Данная проблема является актуальной вследствие достаточно большого нахождения людей в разных эмоциональных состояниях. Рассмотрим один из возможных путей развития пожара в культурно-зрелищных учреждениях на примере театра имени А.К. Толстого в городе Брянск.

Основные действия обслуживающего персонала в случае возникновения пожара, в первую очередь должны быть направлены на незамедлительное оповещение сотрудников пожарной охраны, а также закрытие противопожарного занавеса. Представление прерывается и включается (при необходимости) система орошения, такое явление, как правило, сопровождается паникой, чего обслуживающему персоналу и прибывшим сотрудникам пожарной охраны допустить просто нельзя.

При проведении разведки пожарные подразделения проверяют наличие зрителей, сотрудников, артистов, которые при возникшей ситуации могут оказаться под зрительскими креслами в зале. Определяют возможность угрозы жизни. Далее личному составу следует определить характер горения и место его возникновения, опасность обрушения декораций. Имеет ли место быть необходимость в том, чтобы опустить противопожарный занавес и стоит ли вскрывать дымовые люки? Разведка пожара осуществляется звеном ГДЗС, на решающем направлении, основные силы и средства направляются для спасания людей из помещений, в которых присутствует дым и горение. Одновременно с этим РТП вместе с пожарными проводит осмотр задымленных помещений, балконы, ярусы и другие места, где могут находиться люди, без сознания.

Разберем несколько вариантов действий по тушению пожаров в культурно-зрелищных учреждениях:

1 Вариант. Если дымовые люки закрыты, противопожарный занавес опущен, пожар распространяется в сценической коробке, то стволы необходимо подавать на защиту противопожарного занавеса со стороны зрительного зала. Бутафории опускаются. При открытии дымовых люков, увеличивается скорость распространения пожара в 3-4 раза.

2 Вариант. Место возникновения пожара сценическая часть. Открыты дымовые люки, отсутствует угроза распространения пожара в зрительный зал. В таком случае стволы на тушение пожара подаются из зрительного зала и карманов.

3 Вариант. Горение происходит при закрытых дымовых люках. Угроза жизни и здоровью людям отсутствует. Распространение пожара происходит в зрительном зале на подвесных потолках и лоджии. Стволы на тушение подаются из карманов.

4 Вариант. Если пожар возник на планшете сцены и отсутствует противопожарный занавес, в зрительном зале находятся люди или в случае, если сил и средств пожарных подразделений не хватает для защиты зрительного зала от огня, то следует открыть дымовые люки. Отсюда следует, что произойдет снижение опасности быстрого задымления и распространения огня в зрительный зал. Дымовые люки открывают после локализации пожара для удаления дыма со сцены, а также для проветривания здания.

При любой ситуации, складывающейся на месте пожара в культурно-зрелищных учреждениях, на сцене необходимо проводить полную разведку и при необходимости вводить перекрывные стволы на защиту зрительного зала от огня.

Для организации тушения пожара применяют стволы РСК-50 и лафетные стволы. Их следует подать таким образом, чтобы не допустить возможность распространения огня на сцену. Количество стволов определяют из интенсивности подачи огнетушащих веществ. Для защиты подвесных потолков и перекрытий из горючих материалов, необходимо подавать резервные стволы с баллонов, при этом внимание уделять уменьшению температуры в чердачном помещении, чтобы не допустить обрушения перекрытий. Проверять системы вентиляции, системы воздушного отопления, принимать меры к приостановлению их работы, а при необходимости вскрывать воздухопроводы и сборники для предотвращения открытого распространения огня.

При обнаружении огня под полом зала, в тех местах, где интенсивное горение, следует удалять зрительные кресла, вскрывать пол и подавать стволы на локализацию горения. Для тушения пожара под полом, и для предотвращения быстрого распространения огня в пустотах используют ВМП средней кратности.

Подводя итог, нельзя ни отметить такой факт как, что тушение пожаров в культурно-зрелищных учреждениях подразумевает работу на высоте и, как правило, в задымленных помещениях. В этих случаях исходя из оперативной обстановки РТП обязан принимать меры по защите личного состава от отравления продуктами горения. При работе в подвальных помещениях, следует применять пожарные автомобили специального назначения, такие как автомобиль газодымозащитной службы (АГ-20). В зрительных залах, возможны обрывы и падение люстр и декораций с потолков здания. Места возможных обрушений конструкций, люки в планшете сцены, места работ на чердаке освещают прожекторами, а при необходимости выставляют пост из пожарных для предупреждения об опасности. При тушении пожаров в КЗУ от личного состава требуется высокая сплоченность, выдержка, опыт, достойная физическая подготовка, смекалка, отличное знание тактико-технических характеристик пожарно-спасательной техники и пожарно-технического оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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»
2. Приказ МЧС России от 26.10.2017 № 472 «Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны».
3. А.А. Борисов., А.О. Пискунов., А.Н. Мальцев Быстроразъемные соединения, применяемые в пожарной охране Российской Федерации и за Рубежом. В сборнике: и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 17-19.
4. Мальцев А.Н., Наумов А.В., Белорожев О.Н., Пискунов А.О. Проблемы тушения пожаров в многоэтажных зданиях с наружным утеплителем в сборнике: пожарная и аварийная безопасность. Сборник материалов XII международной научно-практической конференции, посвященной году гражданской обороны. 2017. С. 339-340.
5. Мальцев А.Н., Киселев В.В., Покровский А.А., Волков В.В. Обзор и выбор оборудования для автоматических систем пожаротушения торговых центров. В сборнике: Актуальные проблемы пожарной безопасности материалы XXVIII международной научно-практической конференции: в 2 частях. 2016. С. 199-204.

УДК 614.849

А. Н. Мальцев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО ВОДЯНОГО ПОЖАРНОГО СТВОЛА СРП-50р ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ТОРГОВО-РАЗВЛЕКАТЕЛЬНЫХ ЦЕНТРАХ

Аннотация: В статье рассматривается особенность применения комбинированного водяного ствола при ликвидации возгораний в ТРЦ.

Ключевые слова: торгово-развлекательный центр, водяной ствол.

A. N. Maltsev

APPLICATION OF THE COMBINED WATER FIRE BARREL SRP-50r FOR EXTINGUISHING FIRES IN SHOPPING AND ENTERTAINMENT CENTERS

Keywords: shopping and entertainment center, water trunk.

Abstracts: The article discusses the peculiarity of the use of a combined water barrel in the elimination of fires in the mall.

Торговые центры, торгово-развлекательные комплексы (далее ТРК) являются формой организации розничной торговли, которая основывается на совмещении под одной крышей автономных магазинов, развлекательных заведений, кафе, а возможно даже банков или офисных помещений с учетом того, что вся рентабельная территория находится под управлением одной компании. Самой важной чертой торгового центра является возможность совмещения досуговой деятельности и шопинга людей. В последнее время пожары на таких объектах происходят довольно часто, что лишний раз дают повод задуматься об дополнительных мерах по обеспечению пожарной безопасности.

Пожары в торгово-развлекательных комплексах характеризуются:

- быстрым распространением огня и дыма;
- угрозой гибели большого количества людей;
- угрозой уничтожения и порчи материальных ценностей;
- непостоянными явлениями: обрушением стеллажей, прилавков, витрин, вспышками и взрывами.

Для тушения ТРК в пожарно - спасательных гарнизонах на устаревших автомобилях используют, как правило, ручные пожарные стволы: РС-50, РС-70, ОРТ-50, среди комбинированных можно встретить стволы КУРС-8 и РСКУ-50А. На новых пожарных автомобилях моделей АЦ-3,2-40/4(43253) и на АЦ-3,2-40/4(5387), с установленными насосами Rosenbauer, комплектуются комбинированными стволами DELTA ATTACK 500.

В своей статье, я хотел бы дать предложения по внесению изменений в приказ МЧС России №425 от 25.07.2006 года «Нормы табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования для основных и специальных пожарных автомобилей, изготавливаемых с 2006 года» в части касающейся укомплектование пожарных автомобилей пожарно-спасательных гарнизонов комбинированным водяным пожарным стволом СРП-50р (рис.). Ручные стволы по своим характеристикам уступают комбинированным по функциональности, поэтому я приведу сравнительные характеристики ствола СРП-50р с существующими аналогами (таблица).

Таблица. Характеристики комбинированных пожарных стволов

Водяные стволы	Расход по воде (л/с)	Дальность Струи (м)	Рабочие давление (атм)	Полугайка (Ø)	Масса (кг)
КУРС-8	2-8	До 35	4-6	51	2,7
РСКУ-50А	2-8	До 35	4-6	51	1,7
DELTA ATTACK 500	2-8	До 45	5-8	66	1,8
СРП-50р	2-8	До 32	4-6	51	1,9

По характеристикам водяной ствол СРП-50р мало в чем уступает другим моделям, за исключением DELTA АТТАСК 500. На первую роль выходит такая составляющая, как ценовая политика. Цена ствола СРП-50р на начало 2020 года колеблется в пределах 9-11 тысяч рублей, а у конкурентов (аналогов) дороже.



Рис. Комбинированный водяной пожарный ствол СРП-50р

Существенную роль во внедрении и применении на пожарах новых стволов играет такой не маловажный фактор - цена. Стоимость различных моделей варьируется от 20 до 70 тысяч рублей, а отдельные образцы и того дороже. Поэтому у «наших коллег», зачастую бытует мнение – «пусть хранится на складе, целее будет». Понятно, что такое отношение зачастую доминирует и играет не мало важное значение в процессе эксплуатации личным составом, который смотрит на дорогой импортный экземпляр, как на красивую и очень дорогую «игрушку».

Исходя из всего выше сказанного, на мой взгляд, было бы целесообразно производить комплектование пожарных автомобилей, ручными комбинированными водяными пожарными стволами СРП-50р.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности».
2. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
3. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 23 декабря 2014 г. № 1100н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы».
4. Повзик Я.С. Пожарная тактика. М.: ЗАО «Спецтехника», 2004.
5. <https://fireman.club/> - Клуб спасателей и пожарных.
6. <https://rs01.ru/> - Компания ВСВ. Цены на пожарные стволы.

7. Мальцев А.Н., Наумов А.В., Белорожев О.Н., Пискунов А.О. [Проблемы тушения пожаров в многоэтажных зданиях с](#) наружным утеплителем в сборнике: [пожарная](#) и аварийная безопасность. Сборник материалов XII международной научно-практической конференции, посвященной году гражданской обороны. 2017. С. 339-340.

УДК 623.355.6

Ю. А. Мегера, А. А. Бурлаков

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

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ РЕМОНТА ТЕХНИКИ СВЯЗИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация: Совершенствование системы ремонта техники связи и автоматизированных систем управления, разработка нового технологического оборудования, принципов его применения в технологических процессах ремонта.

Ключевые слова: система ремонта техники связи и автоматизированных систем управления, технологическое оборудование, ремонтные органы

U. A. Megera, A. A. Burlakov

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF THE COMMUNICATION EQUIPMENT REPAIR SYSTEM AND AUTOMATED CONTROL SYSTEMS

Abstracts: Improvement of the communication equipment repair system and automated control systems, development of new technological equipment, principles of its application in technological repair processes.

Keywords: the system of repair of communication equipment and automated control systems, technological equipment, repair bodies.

Анализ опыта военных конфликтов, имевших место на рубеже XX-XXI веков, показывает, что современные военные действия характеризуются следующими основными особенностями: возрастанием роли противоборства в информационной сфере, использованием нетрадиционных форм ведения боевых действий, повышением точности и избирательности оружия, внедрением новых систем управления войсками, разведки и поражения противника.

В этих условиях успех боевых действий во многом зависит от эффективности функционирования систем технического и тылового обеспечения [1].

Основными проблемными вопросами в восстановлении и поддержании в работоспособном состоянии техники связи и АСУ (ТС и АСУ) являются:

сложность современных цифровых систем связи, требующих от обслуживающего персонала специальных навыков программирования;

отсутствие в Вооруженных Силах РФ (ВС РФ) системы обучения и подготовки специалистов цифровых телекоммуникационных систем в необходимом количестве;

снабжение войск ЗИП, агрегатами и материалами за счет ранее накопленных запасов, при этом по отдельным позициям запасы исчерпаны, по современным образцам ТС и АСУ они практически отсутствуют;

отсутствие системы подготовки специалистов по ремонту ТС и АСУ;

отсутствие единых подходов, стандартизированных протоколов и интерфейсов для проведения диагностирования на современных и перспективных образцах ТС и АСУ;

отсутствие единых методик по восстановлению, обновлению и поддержке, а также резервного копирования программного обеспечения АСУ и программно-аппаратных средств и комплексов связи;

отсутствие штатных инженеров-программистов, способных осуществлять настройку и поддержание в рабочем состоянии средств АСУ, программно-аппаратных средств и комплексов связи;

отсутствие унификации средств технического обслуживания и ремонта ТС и АСУ на основе создания мобильных (подвижных) средств обеспечения войскового ремонта модульного типа;

низкая эксплуатационная надежность современной ТС и АСУ.

Анализ выявленных недостатков функционирования системы ремонта ТС и АСУ и причин их возникновения позволяет обозначить пути (направления) совершенствования системы ремонта [2]. При этом очевидно, что в существующих жестких экономических условиях экстенсивное направление развития системы ремонта, связанное с простым увеличением производственных возможностей за счет увеличения числа рабочих мест, увеличения объема материальных запасов обеспечения ремонта не может быть не только признано перспективным, но и осуществлено в принципе.

Для обеспечения требуемой оперативности решения задач войскового ремонта ТС и АСУ необходимо повысить степень автоматизации планово-производственной деятельности ремонтных органов системы войскового ремонта ТС и АСУ, основанной на:

совершенствовании методов и средств, используемых для сбора, обработки и анализа информации о техническом состоянии ТС и АСУ, поддержки принятия решений, контроля их выполнения;

внедрении технологий информационной поддержки жизненного цикла изделий, что позволит создать единую информационную среду для заказчиков, разработчиков, производителей и потребителей ТС и АСУ.

Основные направления развития системы ремонта ТС и АСУ связаны с повышением эффективности процесса ремонта за счет:

внедрения современных технологий и совершенствования управления системой ремонта;

совершенствования и разработки нового технологического оборудования, принципов его применения в технологических процессах ремонта ТС и АСУ;

создания внутренних и внешних автоматизированных средств диагностирования;

разработки и совершенствования диагностического обеспечения (алгоритмов и программ диагностирования);

определения оптимального количества запасов ЗИП и составных частей ТС и АСУ и распределения их в структуре системы ремонта;

повышения качества подготовки личного состава ремонтных органов;

обоснования требований по надежности, ремонтпригодности ТС и АСУ исходя из современных оперативных требований.

Для оперативного и стратегического уровней иерархии системы ремонта ТС и АСУ необходимы ремонтные органы восстановления электронных модулей (ЭМ), включающие в себя специалистов по ремонту ЭМ, диагностическое оборудование, а также необходимую ремонтную документацию.

Диагностирование при организации ремонта ТС и АСУ должно включать три уровня: непосредственно войсковые подразделения (войсковой уровень), подразделения ремонта оперативного уровня, подразделения ремонта стратегического уровня.

На первом уровне (в войсковых подразделениях) производится локализация неисправностей с глубиной до конструктивно съемных модулей замены (сборочных узлов, блоков). Неисправные модули выявляются встроенными или внешними средствами контроля и диагностики и передаются на второй уровень.

На втором уровне производится замена вышедших из строя модулей на исправные, а также осуществляется проверка и ремонт неисправных модулей.

На третьем уровне осуществляется ремонт неисправных модулей и печатных плат, не восстановленных на предыдущем уровне, и передача их на второй уровень.

Войсковой уровень должен быть оснащен унифицированным диагностическим оборудованием (встроенным или внешним) с возможностью локализации до отказавшего типового элемента замены (ТЭЗ) в единой системе контроля и мониторинга параметров всего оборудования ТС и АСУ, для чего необходимо:

подвижные средства диагностики и ремонта ТС и АСУ всех уровней оснастить измерительным и диагностическим оборудованием на основе магистрально-модульных автоматизированных систем и комплексов измерительной техники. Основными используемыми технологиями при разработке автоматизированных средств диагностирования являются технические решения с ис-

пользованием интерфейсов VXI (VME-bus Extension for Instrumentation) по ГОСТ Р 51884-2002 и LXI (Extensions for Instruments), которые являются самостоятельными стандартами на контрольно-измерительную и управляющую аппаратуру в общей концепции сетевой архитектуры NFV (Network Functions Virtualization);

войсковые ремонтные органы должны быть ориентированы на создание оборотного фонда ЭМ, осуществление работ по предварительной диагностике поступивших ЭМ, проведение ремонта путем замены в нем субблоков, кассет, ячеек, замене отдельных электрорадиоэлементов (ЭРИ) и подготовке ЭМ к отправке на предприятия промышленности в случае, если ремонт на месте невозможен.

создание ТС и АСУ с применением ЭМ с меньшим временем восстановления, устранение излишнего многообразия изделий и их составных частей.

Эксплуатацию и войсковой ремонт ТС и АСУ осуществлять следующими методами:

для ТС и АСУ устаревшего парка применять метод эксплуатации по ресурсу (сроку службы) в рамках планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта;

для современных и модернизированных образцов существующего парка ТС и АСУ применять метод эксплуатации по ресурсу (сроку службы) с внедрением элементов метода эксплуатации изделий до отказа с контролем уровня надежности;

для современных и создаваемых образцов ТС и АСУ применять методы эксплуатации ТС и АСУ с контролем параметров (до предотказного состояния) и до отказа с контролем уровня надежности (до безопасного отказа).

Сформировать на каждом уровне иерархии систему подготовки специалистов по техническому обслуживанию и ремонту ТС и АСУ, отвечающую следующим требованиям:

соответствие квалификации персонала войсковых ремонтных органов функциональным задачам, решаемым на различных уровнях построения системы ремонта ТС и АСУ;

умение использования диагностического оборудования для обнаружения отказа до уровня типового элемента замены в единой системе контроля и мониторинга параметров образцов ТС и АСУ;

умение проводить операции дистанционной диагностики, настройки и ремонта современных информационно-телекоммуникационных средств методами удаленного доступа, которые позволяют используя каналы мониторинга и управления осуществлять перестройку, изменять режимы, управлять резервными узлами ТС и АСУ;

грамотно применять методики по восстановлению, обновлению и поддержке, а также резервному копированию программного обеспечения АСУ и программно-аппаратных средств и комплексов связи;

выявлять отказавшие узлы и программные средства, вносить изменения в программное обеспечение и другие операции по восстановлению ТС и АСУ.

Каждое из указанных направлений включает в себя взаимосвязанную совокупность задач и мероприятий по их реализации, положительное решение которых будет способствовать повышению эффективности функционирования системы ремонта техники связи и АСУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Анализ технического обеспечения связи и АСУ в Вооруженных Силах Российской Федерации в 2019 году. Задачи на 20120 год.» – ГУС ВС РФ. М., 2019 - 19 с.

2. Приказ Министра обороны Российской Федерации от 06.04.2010 г. № 320 «О Концепции адаптации системы обслуживания и ремонта вооружения и военной техники к новому облику Вооруженных Сил Российской Федерации».

УДК 621

И. В. Мельниченко, В. В. Киселев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ДВИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ АВТОЦИСТЕРНЫ

Аннотация: пожарная автоцистерна относится к основному виду пожарных автомобилей и находит наибольшее распространение в пожарно-спасательных частях. Время прибытия пожарной автоцистерны к месту вызова во многом определяет успех борьбы с пожарами и возможные последствия от них. Временной фактор прибытия к месту вызова определяется не только дорожной обстановкой, но и скоростью движения автомобиля, а также его динамическими характеристиками. В работе приведены расчеты кинематических показателей проезда перекрестков пожарными автоцистернами.

Ключевые слова: пожарная автоцистерна, скорость, перекресток, динамика, разгон, торможение.

I. V. Melnichenko, V. V. Kiselev

EVALUATION OF FACTORS DETERMINING KINEMATIC PARAMETERS OF FIRE TANKER MOVEMENT

Abstracts: the fire tank truck belongs to the main type of fire trucks and is most widely used in fire and rescue units. The time of arrival of a fire truck to the place of call largely determines the success of the fight against fires and the possible consequences of them. The time factor of arrival at the place of call is determined not only by the traffic situ-

ation, but also by the speed of the car, as well as its dynamic characteristics. The paper presents the calculations of the kinematic indicators of the passage of intersections by fire trucks.

Keywords: fire truck, speed, intersection, dynamics, acceleration, braking.

Подразделение пожарной охраны обязано прибывать к месту вызова в кратчайший срок, чтобы ликвидировать пожар в начальной стадии его развития или оказать помощь в локализации и ликвидации пожара (если подразделение вызывается дополнительно). Разные факторы определяют временной показатель прибытия подразделений пожарной охраны к месту вызова. Водитель пожарного автомобиля должен следовать к месту вызова как можно быстрее с учетом дорожной обстановки и состояния дорожного покрытия, обеспечивая безопасность личного состава и других участников движения. Иногда случаются дорожно-транспортные происшествия с участием специальной пожарной техники, встречаются случаи опрокидывания пожарных автоцистерн.

Большое количество дорожно-транспортных происшествий с опрокидыванием происходит из-за удара колес пожарной автоцистерны в бордюрный камень или подобного рода препятствие. Такой случай чаще возникает при движении пожарной автоцистерны по дороге с малым коэффициентом сцепления, т.е. при условии, что коэффициент поперечной устойчивости против опрокидывания становится больше, чем коэффициент сцепления колеса с дорогой. Процесс бокового скольжения при заносе пожарной автоцистерны и ее устойчивость, имеет отличие от грузового автомобиля. Если в грузовом автомобиле груз имеет неподвижный центр тяжести относительно кузова, то в емкости автоцистерны жидкость перемещается в направлении заноса, создавая дополнительный опрокидывающий момент и тем самым ухудшая устойчивость автомобиля. В связи с этим задача исследования устойчивости АЦ при заносе является весьма актуальной [1].

К основным техническим и динамическим характеристикам пожарного автомобиля можем отнести предельно допустимую и безопасную скорость движения. Пожарная автомобильная техника, например, пожарная автоцистерна, выдвигается к месту тушения пожара в полной боевой готовности, то есть заправленная, со всеми членами экипажа и с полной цистерной воды. Дорожная обстановка на маршруте следования к месту тушения пожара может в различные часы времени меняться, но неизменными всегда будут оставаться повороты и перекрестки, через которые проезжает автомобиль. При проезде таких участков маршрута водителю приходится существенно снижать скорость, а после проезда поворотов и перекрестков вновь скорость набирать. Снижение скорости движения автомобиля перед проездом поворотов необходимо прежде всего из-за того, что центр тяжести пожарных автомобилей располагается достаточно высоко. Во избежание опрокидывания приходится снижать скорость.

Встречаются два основных типа опрокидывания – продольное и поперечное. Что касается пожарных автоцистерн, то случай продольного опрокидывания весьма мало вероятен. Вероятность же бокового опрокидывания автоцистерны зависит от соотношения ширины колеи транспортной базы и высоты центра тяжести. Она оценивается коэффициентом поперечной устойчивости против опрокидывания, равным тангенсу предельного угла наклона автоцистерны к горизонтальному дорожному полотну. Опрокидывание произойдет, когда проекция точки центра тяжести будет за границей опорной площади.

Используя уравнения равновесия статики и расчетные значения центров тяжести, был выполнен расчет предельных скоростей проезда перекрестков и поворотов. Вычисления проводились для пожарной автоцистерны на базе шасси Камаз. В ходе вычислений были определены зависимости минимальных безопасных радиусов поворота автомобиля на максимально допустимых скоростях.

Одной из главных причин более частого поперечного опрокидывания автоцистерн по сравнению с другими автомобилями является перемещение жидкого груза в цистерне при частичном ее заполнении. Перемещение жидкости зависит от формы цистерны, наличия оборудования и перегородок (волнорезов) внутри цистерны, характеристик жидкости и шасси, характера движения автомобиля и других факторов. Расчет поперечной устойчивости против опрокидывания автоцистерн производят при полном заполнении цистерн. Для учета снижения поперечной устойчивости автомобиля при перемещении и динамических ударах жидкости в случае частичного заполнения цистерны допустимый коэффициент поперечной устойчивости увеличивают на 20%.

В выполненных расчетах также предполагается, что поверхность дорожного полотна является абсолютно горизонтальной, а также пренебрегаем трением колес о поверхность и фактором заноса. При проведении расчетов воспользуемся известным принципом Д. Аламбера, согласно которому система находится в равновесии, если к ней приложена сила инерции. Таким образом, данная динамическая модель становится статической и может решаться при помощи уравнений статики. Опрокидывание автоцистерны возможно при отрыве колес. В ходе вычислений определили значение скорости движения автоцистерны, при котором создаются условия для ее опрокидывания [2-5].

На рис. 1 представлены результаты расчетов, которые представляют собой зависимость между радиусом поворота и предельной скоростью проезда данного поворота.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о том, что при увеличении радиуса поворота становится возможным проезжать их с большей скоростью, обеспечивая при этом безопасность.

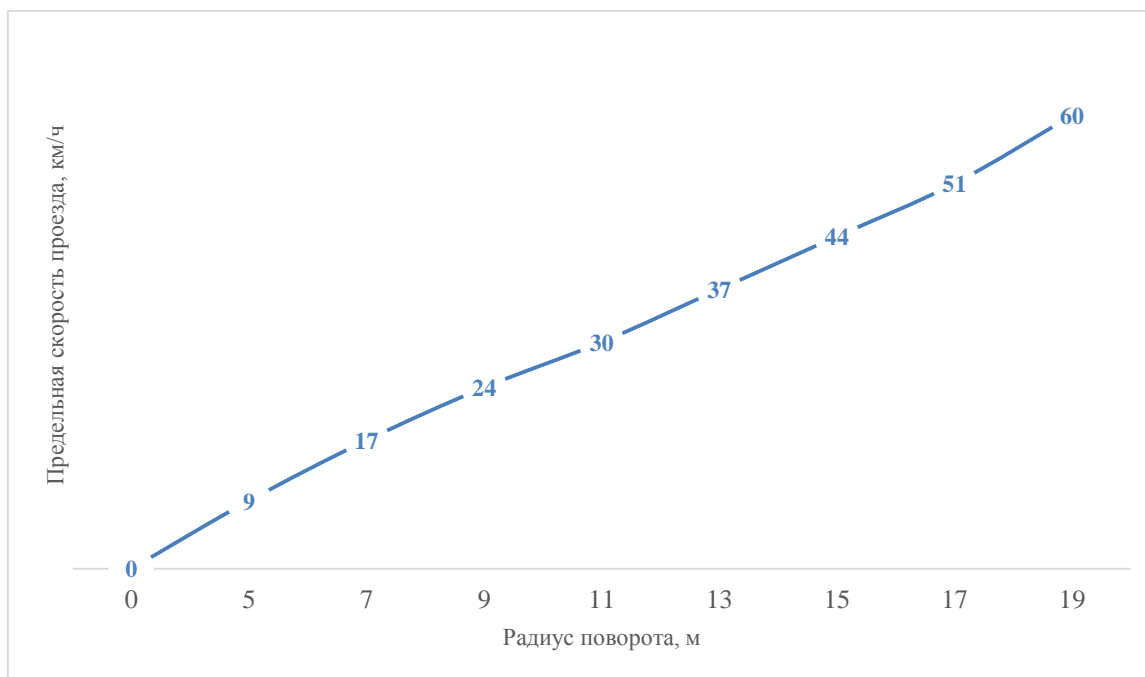


Рис. 1. Зависимость радиуса поворота и предельной скорости движения автоцистерны в повороте

Таким образом, наиболее опасным участком дороги (до 2/3 всех столкновений транспортных средств) является перекресток. Кроме динамических особенностей движения в перекрестке пожарной автоцистерны, следует учесть, что некоторые перекрестки отличаются ограниченной обзорностью. На них неожиданно могут появиться транспортные средства. Ограниченные размеры отдельных перекрестков затрудняют маневрирование пожарного автомобиля. Подъезжая к перекрестку, водитель пожарного автомобиля должен обязательно подать специальный звуковой сигнал, притормозить автомобиль, оценить тип перекрестка, обзорность на нем, число полос, уметь точно оценивать скорость приближающихся автомобилей, расстояние до них и время для проезда в нужном направлении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кулаковский, Б.Л. Устойчивость автоцистерны // Пожарное дело, 1979. № 11. С. 24.
2. Иванов Д.В., Киселев В.В. Оценка показателя надежности пожарной техники // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 2021. С. 41-43.
3. Киселев В.В. Оценка риска аварийности на участке федеральной автодороги М7 // В сборнике: Актуальные проблемы обеспечения пожарной безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций. Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, 2019. С. 475-479.

4. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В., Яковенко Т.А., Топорова Е.А. Разработка устройства для перемещения автомобилей // Техносферная безопасность, 2019. № 4 (25). С. 38-42.

5. Кононов И.А., Масленников Р.А., Киселев В.В. Повышение динамических и технических характеристик пожарных автомобилей // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, 2018. С. 111-115.

УДК 621.311.22

Д. И. Менделеев, Ю. Я. Галицкий

АО «Татэнерго» филиал Казанская ТЭЦ-2

ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА НАДЕЖНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОТУРБИННЫХ И ПАРОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Аннотация: В реальной эксплуатации парогазовых блоков, газотурбинные установки работают в переменных режимах и основные показатели отличаются от расчётных режимов. В частности, это связано с изменениями температуры и влажности воздуха. Однако, влияние регулирования работы антиобледенительной системы в период околонулевых температур на практике куда больше – как и для параметров поступающего воздуха, так и для работы газовой турбины, что влияет на показатели ее эффективности и надежность эксплуатации.

Ключевые слова: парогазовый блок, газовая турбина, паровая турбина, надежность эксплуатации, базовый режим, рынок электроэнергии, зависимость мощности от внешних условий работа на частичных нагрузках,

D. I. Mendeleev, Yu. Ya. Galickij

INFLUENCE OF THE ANTI-ICE SYSTEM OPERATION ON THE RELIABILITY OF GAS TURBINE AND COMBINED POWER PLANT OPERATION

Abstracts: In the actual operation of combined cycle units, gas turbine units operate in variable modes and the main indicators differ from the design modes. In particular, this is due to changes in temperature and humidity. However, the influence of regulating the operation of the anti-icing system during near-zero temperatures in practice is much greater - both for the parameters of the incoming air and for the operation of the gas turbine, which affects its efficiency and reliability of operation.

Keywords: combined-cycle unit, gas turbine, steam turbine, reliability of operation, basic mode, electricity market, dependence of power on external conditions, operation at partial loads,

Сооружение установок комбинированного цикла, таких как ГТУ (газотурбинные установки) и ПГУ (парогазовые установки), стало основной тенденцией развития мировой теплоэнергетики в последние два десятилетия. Вопросы к эксплуатации данных установок достаточно много, и каждый нюанс имеет свою роль.

Проблема морального и физического старения парка энергетического оборудования очень актуальна в данный момент. Реконструкция и ввод нового оборудования тепловых электрических станций должно быть с использованием новых технологических решений и новых технологий. В энергетической стратегии энергетики до 2030 года предусмотрен ввод новых энергоблоков ПГУ на природном газе мощностью 100,200 и 450 МВт.

В реальной эксплуатации парогазовых блоков на ТЭЦ, газотурбинные установки работают в переменных режимах и основные показатели отличаются от расчётных режимов. При работе оборудования в базовом режиме и неизменных параметрах, отклонения фактического графика от заданного, следовательно, будут минимальны. Однако, могут поступать задания на разгрузку или набор мощности, могут происходить изменения в работе как основного, так и вспомогательного оборудования, в том числе их отказы, что повлечет за собой отклонения в графиках, вплоть до его невыполнения и последствий в виде штрафных санкций.

Поэтому важно определить, как минимум основные факторы, влияющие на возможность выработки заданной мощности и выполнения заданного графика.

При анализе эксплуатации газотурбинных установок отмечено влияние различных внутренних и внешних факторов. Чаще всего невозможно обеспечить контроль над этими факторами, но они оказывают влияние на производительность, энергетическую эффективность турбины. [1-4]

Стандартными условиями при эксплуатации при проектировании приняты $T=15^{\circ}\text{C}$, $P=101,3$ кПа и относительная влажность 60%. При данных параметрах газотурбинная установка работает в базовом режиме. Но, при повышении температуры окружающего воздуха выше 15°C происходит снижение проектной мощности (рисунок 1)

Так как качество воздуха, а особенно температура очень сильно влияет на показатели работы ГТУ и ПГУ, то очень много исследований посвящено данному вопросу. Однако, большая часть из них связано с летним периодом, так как повышение температуры воздуха снижает полезную мощность и эффективность ГТУ и ПГУ.

Летние технологические ограничения по выработке электроэнергии электрических станций оказывают большое влияние на экономическую деятельность генерирующих компаний. Данные ограничения связаны с ухудшением показателей работы основного оборудования, при повышении температуры окружающего воздуха.

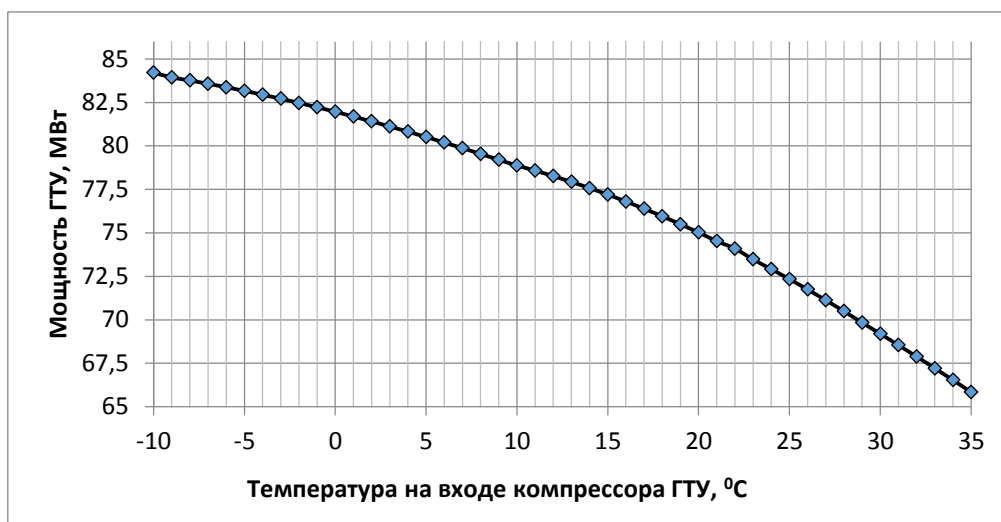


Рис. 1. Зависимость мощности ГТУ от температуры окружающего воздуха

В зимний же период необходимо подогревать воздух в комплексной воздухоочистительной установке, чтобы избежать обледенения фильтров или компонентов газовой турбины.

Антиобледенительная система предназначена для:

- обеспечения бесперебойной подачи атмосферного воздуха к воздухозаборным патрубкам воздушных компрессоров газовой турбины вне зависимости от времени года и температуры атмосферного воздуха, для предотвращения аварийных или опасных режимов работы основного энергетического оборудования;

- нагрева технологического воздуха, засасываемого на сжатие в осевом компрессоре для сжигания в камерах сгорания газовой турбины.

Антиобледенительная система состоит из следующих взаимосвязанных систем:

- системы заполнения и подпитки водным раствором этиленгликоля;
- циркуляционной системы водного раствора этиленгликоля;
- системы подогрева водного раствора этиленгликоля от трубопроводов теплосети;
- системы забора и транспортировки воздуха из атмосферы к воздушному компрессору

Однако, влияние регулирования работы антиобледенительной системы на практике куда больше – как и для качества поступающего воздуха, так и для работы газовой турбины – а именно мощности ГТУ. Это связано с изменением температуры на входе в компрессор, что напрямую влияет на мощность.

Поэтому если в летний период ставится вопрос как охладить воздух, чтобы приблизить мощность ГТУ к номинальной, то в зимний период возникает вопрос оптимального регулирования температуры на входе в компрессор с

учетом режима работы ГТУ, ограничений по генератору, графиков электрической и тепловой нагрузки, если ГТУ входит в состав ПГУ. [5-7]

Одним из важных факторов, влияющая на работу ГТУ является влажность, так как при разной влажности меняется рекомендуемое значение температуры.

При достаточно большом охлаждении воздуха температура воздуха может понизиться до температуры точки росы, при которой начнется конденсация водяного пара, содержащегося в воздухе.

Также при охлаждении воздуха возможно выпадение влаги в виде капель воды, выпадающая влага будет оставаться на фильтрах-коалесцерах, что будет приводить к увеличению аэродинамического сопротивления.

Регулирование расхода теплоносителя для изменения температуры воздуха после теплообменника в комплексной воздухоочистительной установке оказывает влияние на работу как газотурбинной установки, так и для парогазового энергоблока – так как в этом случае изменяются параметры на выходе газовой турбины и соответственно, начальные условия для паровой турбины.

Особенно важен диапазон от -5°C до $+5^{\circ}\text{C}$, когда необходимо не допускать приближения температуры воздуха к точке росы, и при этом контролировать температуру в камере сгорания и мощности газовой турбины. Для поддержания частоты вращения ротора газовой турбины 5230 об/мин необходимы соответствующие расходы топлива и воздуха. Топливо подается в камеру сгорания с помощью топливных клапанов, воздух подается входным направляющим аппаратом (ВНА). Поворот лопаток ВНА на определенный угол изменяет расход воздуха и в целом влияет на режим работы всей ГТУ. Правильная работа ВНА обеспечивает как минимум высокую экономичность ГТУ на переменных режимах и надежность эксплуатации в переменных режимах.

Условия эксплуатации газовых и парогазовых установок имеют сильно изменяемые параметры в течение года. А газовая турбина зависит от данных условий куда больше, чем паровая. Однако, оказывает на нее влияние в силу конструктивных особенностей парогазового энергоблока. Применяемые установки для регулирования параметров воздуха и защиты компонентов, такие как антиобледенительная система, не только влияет на показатели эффективности работы оборудования, но и напрямую на надежность и долговечность работы оборудования. Поэтому важно контролировать температуру, влажность на входе в КВОУ, рекомендуемое значение для температуры на входе в компрессор, графики электрической нагрузки и теплосети, показатель открытия ВНА и температуру выхлопных газов газовой турбины. Все это необходимо для правильной работы каждого элемента оборудования, уменьшения его износа и улучшения показателей эффективности, что приведет к уменьшению необходимости ремонтов или замены, что в условиях импортозамещения является важной задачей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клименко В. В., Федотова Е. В., Терешин А. Г. Уязвимость российской энергетики к изменению климата // Энергетика. 2018. Т. 142. С. 1010-1022.
2. Gonzalez-Diaz A., Alcaraz-Calderon A. M., Gonzalez-Diaz M. O., Mendez-Aranda A., Lucquiaud M., Gonzalez-Santalo J. M. Effect of the ambient conditions on gas turbine combined cycle power plants with post-combustion CO₂ capture // Energy. – 2017. – Т. 134. – С. 221-233
3. 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.
4. Исследование влияния условий эксплуатации на эффективность использования абсорбционно-холодильной машины в цикле газотурбинных и парогазовых установок / Д. И. Менделеев, Г. Е. Марьин, Ю. Я. Галицкий, А. Р. Ахметшин // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – Т. 24. – № 4(153). – С. 821-831. – DOI 10.21285/1814-3520-2020-4-821-831.
5. Анализ применения систем накопления электроэнергии на тепловых электрических станциях / Д. И. Менделеев, Л. А. Галимзянов, А. Ю. Федотов, Д. А. Росихин // Развивая энергетическую повестку будущего: Сборник докладов Международной научно-практической конференции для представителей сообщества молодых инженеров ТЭК, Санкт-Петербург, 10–11 декабря 2021 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), 2021. – С. 73-78.
6. Mendeleev D.I., Maryin G.E., Akhmetshin A.R. Improving the efficiency of combined-cycle plant by cooling incoming air using absorption refrigerating machine // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering., 2019. Eng. 643 012099
7. Cozzolino R. Thermodynamic Performance Assessment of a Novel Micro-CCHP System Based on a Low Temperature PEMFC Power Unit and a Half-Effect Li/Br Absorption Chiller // Energies. – 2018. – Т. 11, № 2. – С. 21.

УДК 621

Е. Р. Мочалов, Н. А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Аннотация: в статье приводится обзор имеющихся недостатков по работе подразделений пожарной охраны во время осуществления технологических процессов, которые влияют на качество и эффективность реагирования. Для их исключения ав-

торами предлагается инженерно-техническая модернизация связи между участниками тушения пожара. Авторы подтверждают эффективность предлагаемого решения полученными практическими данными, в ходе которых определялась эффективность реагирования подразделений.

Ключевые слова: эффективность реагирования, пожарная охрана, безопасность работы, качество связи, участники тушения пожара.

E. R. Mochalov, N. A. Kropotova

ENGINEERING AND TECHNICAL SOLUTION TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF FIRE PROTECTION UNITS

Abstracts: the article provides an overview of the existing shortcomings in the work of fire protection units during the implementation of technological processes that affect the quality and effectiveness of response. To exclude them, the authors propose an engineering and technical modernization of communication between participants in fire extinguishing. The authors confirm the effectiveness of the proposed solution with the obtained practical data, during which the effectiveness of the response of the units was determined.

Keywords: response efficiency, fire protection, work safety, communication quality, fire extinguishing participants.

Машины грузового типа на базовом шасси Урал, достаточно распространены достаточно широко имеющимися модификациями и комплектациями, в том числе и ее применение в подразделениях пожарной охраны. Техника, стоящая на вооружении, имеет обоснованные комплектации, но развитие техники и технологий создают условия для их совершенствования, если это в первую очередь обосновано спасением человеческой жизни. В этой связи становится одной из приоритетных задач в развитии парка техники и оснащении спасательных формирований и подразделений пожарной охраны нашей страны новейшими образцами не имеющих аналогов за рубежом. Многие инженерные и конструкторские решения, способствующие модернизации имеющегося пожарно-технического вооружения, на сегодня актуальны.

Одна из самых распространенных и известных на российском рынке Урал 5557, поскольку производится практически уже сорок лет. Из технических характеристик, представленных в обзоре пожарной техники [1] нельзя выявить негативных особенностей в том числе для работы пожарно-спасательных подразделений МЧС России.

АЦ 5.5-40 на базе УРАЛ 5557 является одной из самых распространенных пожарных автомобилей России [2]. Поэтому заинтересованность в том, чтобы повысить эффективность применения при решении боевых задач является первоочередной задачей. Выявленные проблемные вопросы в ходе эксплуатации данной техники личным составом подразделений пожарной охраны нашли свои инженерно-технические решения, которые являются простыми, экономическая эффективность подтверждена применением недорогостоящих материалов.

Однако опрос (рис.1, исследовано было двадцать три пожарно-спасательные части из трех регионов: Ульяновская, Нижегородская, Ивановская), проведенный авторами, позволяет вынести три реальные проблемы, которые требуют определенных решений:

- сиденье начальника караула расположено удаленно от средств индивидуальной защиты зрения и органов дыхания (СИЗОД), что не позволяет осуществлять одновременно с личным составом включение в СИЗОД;
- нерациональное расположение выхлопной системы, что препятствует присоединению газоотводов, вследствие чего происходит загазованность в помещении гаража. Например, в зимний период, когда осмотр проводится при включенном двигателе, а низкая посадка автомобиля препятствует подключению к системе дымоудаления, следовательно, наличие выхлопных газов в гараже депо недопустимо и нарушает п.30 раздел VI Приказа Минтруда от 11.12.2020 N 881н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны». Обеспечение вопросов безопасности является на сегодня первоочередной мерой при организации различных видов работ, проводимых структурными подразделениями пожарной охраны;
- отсутствие связи водителя, находящегося сзади пожарного автомобиля и производящий действия по обеспечению бесперебойной подачи огнетушащих веществ, и руководителя тушения пожара (РТП), поскольку заводом-изготовителем предусмотрена радиостанция, находящаяся в кабине у водительского кресла на панели управления.

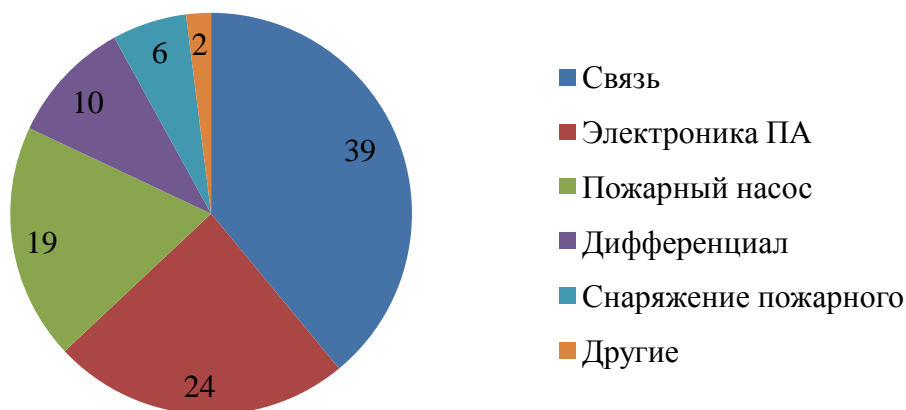


Рис. 1. Исследовательские данные, полученные в ходе опроса, в процентах

В УРАЛе 5557 насос расположен в задней части автомобиля, выполняя команды по подаче воды водитель располагается рядом. Поскольку радиостанция располагается в кабине кузова автомобиля и водитель физически не может услышать команды от руководителя тушением пожаром. Данная проблема требует решения не только для отдельно взятого автомобиля УРАЛ

5557, но и для всех других пожарных автомобилей у которого насосный отсек расположен сзади (рис. 2).



Рис. 2. Условная схема расположения радиостанции в НЦПН 40/100М-ПЗ, установленном на УРАЛе 5557

Предлагается внедрить дополнительную радиостанцию в автомобиль на панель по управлению насосом. Насосному отсеку характерен большой объем и места будет хватать для установки радиостанции – выноса внешнего динамика. Концепция заключается в том, что в правой стороне от насоса будет закреплен металлический ящик, в который и будет помещен выносной динамик. Чтобы радиостанция не мешала водителю при работе с насосом, то ящик будет установлен глубже к цистерне, относительно насосной станции, на 150-200 мм. Что касается вопросов подключения радиостанции к сети, то возникнут трудности из-за того, что напряжение сети рассчитано на 24 В, а напряжение выносного динамика на 12 В. Из-за этой разности потребуются прокладка дополнительной линии от аккумуляторной батареи до выносного динамика вдоль рамы.

Таким образом, нами предложены три инженерно-технические конструкции, позволяющие оптимизировать действия работников, создавая безопасные условия труда несмотря на то, что личный состав подразделений пожарной охраны часто сопряжены опасными технологическими или производственными факторами пожаротушения и других неотложных работ.

Предлагаемое инженерно-техническое решение, полученное в ходе первоначального исследования АЦ 5.5-40 на базе УРАЛ 5557, позволят:

- повысить эффективность реагирования и проведения технологических процессов пожаротушения обеспечив всех участников тушения пожара или проведения аварийно-спасательных работ бесперебойной связью [3];

- создать безопасные условия труда водителя пожарного автомобиля, поскольку в его обязанности входит обеспечение бесперебойной подачи огнетушащих веществ, стоя сзади автомобиля у панели управления насосного отсека, способность своевременно реагировать на указания РТП и быть всегда на связи в составе группы выезда на сообщение;

- выполнить все нормы и требования Минтруда России, рекомендованные для снижения профессиональных рисков при работе с пожарной техникой, специальным оборудованием и приспособлениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безбородько М.Д. Пожарная техника: учебник / М.Д. Безбородько, М.В. Алешков, С.Г. Цариченко и др.; под ред. М.Д. Безбородько. Москва: Академия ГПС МЧС России, 2015. 580 с.
2. Пожарные машины УРАЛ // Интернет-журнал. [Электронный ресурс] URL: <https://www.pozhmashina.ru/articles/articles-pozharnye-mashiny/pozharnye-mashiny-ural.html> (доступ свободный, дата обращения 17.01.2022).
3. Мочалов Е.Р., Кропотова Н.А. Инженерно-техническое решение повышения эффективности реагирования подразделений пожарной охраны // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения, 10 – 11 ноября 2021 г. Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 356 – 360.

УДК 621.1

Д. А. Муратов, И. И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Аннотация: Объектом исследования являются способы контроля сварных соединений в авиационной промышленности.

Ключевые слова: методы разрушающего контроля, неразрушающего контроля, радиационный контроль, акустический контроль, внешний осмотр, контроль течей.

D. A. Muratov, I. I. Vedernikova

QUALITY CONTROL OF WELDED JOINTS OF THE AVIATION INDUSTRY

Abstract: The object of the study is the methods of control of welded joints in the aviation industry.

Keywords: methods of destructive testing, non-destructive testing, radiation control, acoustic control, external inspection, leak detection control.

Завершающий этап сварочных работ – проверка структуры шва.

Методы контроля подразделяются на два типа: разрушающие и неразрушающие. К разрушающим можно отнести испытания сварных образцов-свидетелей. Такие изделия свариваются на тех же самых режимах резания, как и основные изделия. Од-

нако получить полные данные о качестве сварки детали на основе испытаний образцов-свидетелей нельзя. При применении разрушающих методов контроля проводятся механические испытания (на изгиб, хрупкость, усталостные испытания), химический анализ, коррозионные испытания, металлографический контроль. При таких испытаниях, исследованию могут подвергаться как сварные соединения в целом, так и отдельные части данного сварного шва. Также при механических испытаниях возможны обнаружения внутренних дефектов: поры, раковины, непропои, непровары, трещины, свищи.

Недостатком разрушающего контроля является его высокая стоимость, практическую невозможность их осуществления без нарушения целостности конструкции, а также контроля их изготовления. Сварные изделия в авиационной промышленности должны подвергаться жесткому контролю, так как они являются особо ответственными, и не могут эксплуатироваться без достаточной проверки. Для таких конструкций применяются методы неразрушающего контроля.

Они могут включать в себя: контроль параметров режимов сварки, измерения на жесткость, твердость, химический анализ, а также дефектоскопию.

Кроме сварного шва, контролю также подвергаются основной металл, сварочный материал, технология, по которой происходит процесс сварки, а также состояние сварочного оборудования.

Значительное время должно быть выделено контролю параметров режимов сварки. При обеспечении автоматического контроля и управления параметрами сварки (силой тока, скоростью сварки, температурой), стабильность процесса, надежность сварного соединения в разы повышается.

Виды контроля сварных соединений, применяемых в авиапромышленности, весьма разнообразны, в соответствии с ГОСТ 3242-79. К ним относится внешний техосмотр, контроль радиационный, акустический, капиллярный, магнитный и др. Герметические испытания, испытания сжатым воздухом, течеискатели применяются для проверки герметичности и прочности сварных соединений.

Особенность конструкции, возможности метода контроля, допустимый уровень дефектности – это те показатели, при которых конструктор назначает методы контроля. Конструктор, проектирующий сварные соединения, должен думать об обеспечении надлежащего контроля на всех этапах создания конструкции.

Внешний осмотр. При применении оптических средств (луп, микроскопов и т.п.), такой метод следует называть визуально-оптическим.

Внешнему и визуально-оптическому контролю подвергаются почти все сварные соединения. Для подобной проверки сварных конструкций не понадобятся специальные приборы или жидкости. Просто проводится тщательный осмотр диффузного слоя, околосварочной области. На сварном соединении не должно быть:

- видимых несплошностей;
- неоднородностей;
- трещин;
- раковин;
- пор;
- свищей;
- сколов;
- непроваров;
- неравномерных складок.

Внутренние дефекты определяются с низкой вероятностью, предположения строятся по внешним факторам риска возникновения дефектов. Дополнительно с помощью измерительных приспособлений проводится проверка ширины и высоты шовного валика.

Внешний осмотр сварочных соединений всегда субъективен. Результат зависит от зоркости контролера, личного опыта. Для лучшей визуализации применяют лупы различной кратности, предусмотрены лампы или фонарики для освещения осматриваемой зоны. На основании визуального исследования делаются предварительные выводы.

Радиационный контроль. Такой контроль проводится на основе проникающего излучения. В качестве таких излучений могут применяться устройства, где происходит торможение частиц, вызывающих рентгеновское излучение большой проникающей способности. Такими устройствами являются рентгеновские аппараты, позволяющие получить тормозное излучение.

При радиационном контроле применяются три основных метода выявления дефектов:

1. Радиографический
2. Радиоскопический
3. Радиометрический

С помощью акустического контроля могут выявляться многие дефекты: пустоты, трещины, поры, непропаи, расслоения. Данный метод основан на изменении характера распространения волн (звуковых и ультразвуковых) в сварных швах.

Акустический метод выявления дефектов делится на эхоимпульсивный, теневой, зеркально-теневой, метод свободных колебаний, резонансный, велосимметрический

Магнитный контроль для выявления дефектов подразделяется на несколько методов: магнитопорошковым, магнитографическим, магнитоферрозоиловым, индукционным.

При данных методах распределение силовых магнитных линий в случае намагничивания каким-либо образом сварных деталей изменятся в месте дефекта.

Капиллярный контроль применяется для выявления внешних дефектов: трещин, свищей, расслоений. К такому методу относится люминесцентный, цветной метод (метод красок).

Контроль течеисканием. Назначением данного метода является определение герметичности конструкции сварного соединения. Требования метода различны и отличаются степенью утечки в единицу времени.

Таким образом, способы контроля качества контроля сварных соединений в авиационной промышленности весьма разнообразны. Чтобы правильно выбрать какой тип контроля, требуется определить конфигурацию детали, ее местонахождение, технические требования детали, условиями, в которых работает эта деталь.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.А.Кривов, В.Р.Рябов, А.Я.Ищенко, Р.В.Мельников, А.Г.Чаюн Сварка в самолетостроении
2. Фетисов Г.П. Сварка и пайка в авиационной промышленности. – М.: Машиностроение. – 1983. – 216 с.

3. Рязанцев В.И., Федосеев В.А., Будайлов Н.Ф. Контроль качества сварных точечных соединений из алюминиевого сплава 1420 // Свароч. прво. – 1981. - №4. – С.32-33.

УДК 004

А. Ю. Никитин, М. А. Федяшина, Л. В. Гулева

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗАХ ПО ИНЖЕНЕРНО-ГРАФИЧЕСКИМ ДИСЦИПЛИНАМ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В РОССИИ

Аннотация: В статье исследуются вопросы, связанные с требованиями к программному обеспечению, которое используется в вузах для преподавания инженерно-графических дисциплин в дистанционном формате в условиях импортозамещения в России.

Ключевые слова: начертательная геометрия, инженерная графика, дистанционное образование, импортозамещение.

A. Y. Nikitin, M. A. Fedyashina, L. V. Guleva

THE USE OF SOFTWARE FOR DISTANCE EDUCATION IN UNIVERSITIES IN ENGINEERING AND GRAPHIC DISCIPLINES IN THE CONTEXT OF IMPORT SUBSTITUTION IN RUSSIA

Abstract: The article examines issues related to the requirements for software used in universities for teaching engineering and graphic disciplines in a remote format in the context of import substitution in Russia.

Keywords: descriptive geometry, engineering graphics, distance education, import substitution.

США, ряд государств Европейского союза, Великобритания, Канада, Австралия, Япония, Южная Корея, Сингапур и некоторые другие страны ввели ограничительные меры сразу после того, как Россия признала независимость ДНР и ЛНР и начала военную спецоперацию на Украине в 2022 году. Вступившие в силу санкции являются колоссальными по своему масштабу и уже повлияли на экономику нашей страны и на повседневную жизнь многих россиян. Недружественные страны осудили предпринятые Россией действия на Украине

и активно применяют экономические санкции. Высшее образование в Российской Федерации также ощутило на себе влияние этих событий.

Так как довольно значительная часть иностранных компаний свернула свою деятельность в России (возможно, временно), продукция, которую производили или поставляли в нашу страну эти компании, стала для жителей России либо недоступна совсем, либо труднодоступна. В том числе и производители программного обеспечения (Microsoft, Autodesk и т.д.) ограничили доступ для россиян к своим программным продуктам.

Американский поставщик программного обеспечения приостанавливает свою деятельность в России в связи с санкциями, говорится в пресс-релизе компании Autodesk от 4 марта 2022 года. «Autodesk немедленно приостанавливает свою деятельность в России и продолжает полностью соблюдать все действующие в настоящее время санкции. Мы рассмотрим дополнительные ограничения для нашего бизнеса в регионе в случае расширения санкций и развития ситуации», - сказано в сообщении [2].

Преподаватели кафедры механики и инженерной графики Академии ГПС МЧС России активно использовали во время учебных занятий по инженерной графике один из программных продуктов компании Autodesk – AutoCAD, причем как в формате дистанционного обучения, так и в контактном формате. Обучающиеся нашей Академии при изучении инженерной графики проходили курс занятий по работе в студенческой версии этой программы. В настоящее же время получить доступ к этой версии стало невозможно. Временное это явление или нет, в данный момент неизвестно, но становится очевидным тот факт, что пришла пора обратить внимание на альтернативные отечественные системы автоматизированного проектирования (САПР), рассмотреть варианты их приобретения либо возможности получения бесплатного доступа и адаптации функционала этих САПР для нужд образовательного процесса.

Нельзя сказать, что мы не были готовы к подобному повороту событий. Санкции в отношении России применяются недружественными странами уже в течении многих лет, и на этом фоне высшее звено руководства нашей страны, а также и лично президент РФ Владимир Владимирович Путин неоднократно заявляли о необходимости программы импортозамещения.

Российская компания Аскон, разработчик отечественной САПР КОМПАС-3D, еще в 1989 году выпустила первую версию своего программного продукта - КОМПАС (версия 1.0). С тех пор эта система непрерывно совершенствовалась и в настоящее время может довольно успешно конкурировать с AutoCAD, хотя, конечно, имеет гораздо меньшее распространение в мире. Немаловажно и то, что компания Аскон выпускает также и бесплатную учебную версию своей САПР. Для ее получения студенты должны зарегистрироваться на сайте Аскона. Бесплатная версия Компаса, как поясняет компания, позволяет выполнять лабораторные работы по инженерной графике, прорабатывать курсовые и дипломные проекты, однако устанавливать ее разрешено только на личные компьютеры учащихся. В учебную версию интегрированы механизмы,

не позволяющие использовать ПО в коммерческих целях. При попытке распечатать проект, на бумаге отображается предупреждающая надпись «Не для коммерческого использования». Кроме того, файлы, созданные в учебной версии продукта, несовместимы с профессиональными версиями ПО: открыть в профессиональном КОМПАС-3D их нельзя (хотя можно в КОМПАС-3D Home и университетских версиях программы) [1].

Стоит отметить, что КОМПАС-3D не является единственной отечественной САПР, которую можно использовать в учебном процессе. В качестве примера можно привести систему nanoCAD, разработчиком которой является компания ООО «Нанософт разработка». У nanoCAD также есть свободно распространяемая учебная версия. Если сравнивать между собой КОМПАС-3D и nanoCAD, то следует признать факт, что первая САПР более популярна и шире представлена в российских вузах, но при этом все-таки уступает американской AutoCAD.

Опыт проведения дистанционных занятий во время самоизоляции 2020 года показал, что с точки зрения преподавателей нашей кафедры наиболее оптимальным вариантом в этом случае следует считать использование возможности демонстрации рабочего стола компьютера преподавателя для удаленных пользователей. Такой возможностью обладают практически все представители программного обеспечения для проведения видеоконференций – OpenMeetings, Zoom, Skype, Discord и многие другие. Преподавателю требовалось всего лишь создать видеоконференцию в какой-либо из этих программ, дождаться подключения обучающихся, а затем запустить для них трансляцию своего рабочего стола. После чего все действия, которые преподаватель совершал на своем компьютере, становились видны на мониторах компьютеров всех участников дистанционного занятия. Таким образом становились доступны широчайшие возможности для демонстрации обучающимся самых разнообразных образовательных материалов. Можно во всех подробностях показывать процесс построения чертежа в различных САПР (AutoCAD, КОМПАС-3D), можно демонстрировать презентации, причем, как, ставшие традиционными, созданные в Microsoft Office PowerPoint, так и интерактивные, подготовленные с использованием таких программ, как, например, ActivInspire [3].

При этом с лучшей стороны зарекомендовала себя платформа Zoom. Работает Zoom всегда стабильно, обладает интуитивно понятным интерфейсом, позволяет отображать необходимые его элементы поверх всех остальных окон. Единственный обнаруженный недостаток заключается в том, что бесплатная версия программы дает возможность проводить видеоконференции продолжительностью не более 40 минут [3]. Однако в современных реалиях стоит учитывать, что разработчиками Zoom, а также и большинства другого ПО для проведения видеоконференций являются иностранные компании. Соответственно, можно ожидать, что под санкционным давлением в любой момент доступ к ним может быть заблокирован или ограничен, либо какие-то из этих программ уже стали недоступны для использования на территории России.

В качестве примеров отечественных приложений для осуществления видеоконференцсвязи (ВКС), которые могли бы с успехом использоваться и для проведения учебных занятий в формате дистанционного обучения, в том числе и для инженерно-графических дисциплин, можно назвать «Яндекс.Телемост» и «Видеозвонки Mail.ru». Функционал обеих этих программ в основном схож, также эти ресурсы напоминают Zoom, хотя у последнего инструментарий гораздо шире. При проведении учебных занятий удаленно преподавателями нашей кафедры в ряде случаев был использован «Яндекс.Телемост». Впечатления от работы в этой программе остались положительные, работала она стабильно, качество связи в основном поддерживалось на приемлемом уровне.

«Яндекс.Телемост» обладает следующими возможностями;

- планирование видеоконференций;
- демонстрация своего экрана другим участникам встречи;
- можно производить запись видеовстречи в видеофайл;
- встречи в «Яндекс.Телемосте» не ограничены по длительности и могут объединять до 40 участников, что мало для занятий с лекционными потоками, но вполне достаточно в рамках одной учебной группы (разработчики обещают увеличить количество участников);
- регистрация в сервисе нужна только для того, чтобы создать или запланировать встречу, присоединиться к уже готовой встрече можно без регистрации;
- можно пользоваться чатом во время встречи, но если вы не авторизованы или к вашему Яндекс ID не привязан телефон, вы сможете только читать сообщения других участников встречи;
- поддержка виртуальных фонов, позволяющих пользователям скрывать от других участников конференции особенности помещения, из которого ведется трансляция;
- можно работать в любом удобном устройстве (компьютере, планшете, с телефона или просто в браузере);
- «Яндекс.Телемост» имеет собственное приложение для ОС Windows или macOS, а также поддерживается операционными системами Android и IOS, скачать приложение для которых можно через интернет-магазины Play Маркет и App Store;
- «Яндекс.Телемост» является полностью бесплатным ресурсом.

Кроме вышеперечисленных программ в список отечественного ПО для проведения видеоконференций можно было бы добавить еще много наименований, например, Bizon365, IVA, Jazz, Webinar Meetings, Pruffme, TrueConf, VideoUnion, iMind, Видеомост, Сбермитап, Сферум и т.д. То же самое можно сказать и о системах автоматизированного проектирования, они также представлены для использования в достаточном объеме. Таким образом, если обратить внимание на программные продукты российских разработчиков, становится очевидно, что даже под самыми жесткими западными санкциями отече-

ственная высшая школа останется полностью способной к осуществлению качественного и доступного дистанционного образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Аскон» выпустил полнофункциональный бесплатный САПР для студентов / CNews. URL: https://www.cnews.ru/news/top/askon_vypustil_polnofunktsionalnyj (дата обращения: 30.03.2022).
2. Американская Autodesk приостанавливает работу в России / РИА Новости. URL: <https://ria.ru/20220304/autodesk-1776438958.html> (дата обращения: 30.03.2022).
3. *Никитин А.Ю., Федяшина М.А.* Особенности преподавания дисциплин «Начертательная геометрия» и «Инженерная графика» в формате дистанционного обучения // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XII Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 2021. С. 312-317.

УДК 378

С. А. Никитина

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПСМЧС России

ПРОБЛЕМЫ ПРЕПОДАВАНИЯ НАЧЕРТАТЕЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация: В статье рассматривается проблема важности и нужности изучения дисциплины «Начертательная геометрия» классическим методом в условиях стремительно развивающихся компьютерных технологий.

Ключевые слова: Начертательная геометрия, компьютерная графика, чертеж.

S. A. Nikitina

PROBLEMS OF TEACHING DESCRIPTIVE GEOMETRY IN MODERN CONDITIONS

Abstract: The article deals with the problem of the importance and necessity of studying the discipline «Descriptive geometry» by classical methods in the conditions of rapidly developing computer technologies.

Keywords: Descriptive geometry, computer graphics, drawing.

Компьютерная графика в последнее время, все активнее занимает свое место в системе образования и стала причиной множества дискуссии среди преподавателей технических вузов о месте и роли начертательной геометрии в

геометро-графической подготовке современного специалиста, которую начал профессор А.П. Тунаков [1].

Существуют разные точки зрения среди профессорско-преподавательского состава: одни ратуют за преподавание начертательной геометрии с помощью компьютерных программ, другие заявляют о необходимости вовсе заменить начертательную геометрию на компьютерную графику, но есть и такие преподаватели, которые отстаивают классическое преподавание дисциплины «Начертательная геометрия», считая, что эта дисциплина закладывает теоретическую базу о построении изображений на плоскости и основ геометрического моделирования, что не может дать компьютерная графика.

«Обучив студентов только нажимать соответствующие кнопки, мы получим примитивных пользователей, не имеющих понятия о геометрии. Только ручное выполнение всех чертежей обеспечивает глубокую проработку теоретического материала». Кроме этого, ручное вычерчивание предполагает выработку определенной мышечной памяти [2].

Начертательная геометрия-это фундаментальная дисциплина инженерного образования.

В технике чертежи являются основным средством выражения человеческих идей, а для правильного выражения своих мыслей на чертеже необходимо знать основы построения геометрических объектов на плоскости, чем и занимается дисциплина начертательная геометрия.

Начертательная геометрия - является разделом геометрии, в котором изучают методы построения чертежа и способы решения на чертежах различных геометрических задач с помощью изображений.

Чертеж изображения должен определять форму и размеры предметов, но при этом быть достаточно простыми и точными в графическом исполнении.

Именно с начертательной геометрии начинается обучение грамотным владением языком графики - языком чертежа, умению выполнять и читать чертежи, решать различные инженерно-технические задачи.

Поэтому, несмотря на большие возможности компьютерной графики, в основе любого проектирования (в том числе и компьютерного) всегда будет присутствовать метод проецирования, который, так или иначе, используется программистами, занимающимися созданием современных программ графического редактора.

Чертеж, выполненный на компьютере, имеет свои преимущества, так как он выглядит очень презентабельно, при создании различных графических образов есть возможность динамически управлять их содержанием, формой, размерами, цветом, копировать и размножать с наименьшим количеством времени.

Однако следует помнить, что в образовательном процессе очень важно знать и понимать принцип построения изображений на плоскости и уметь применять методы проецирования, которым учит именно дисциплина «Начертательная геометрия».

Кроме того, изучение начертательной геометрии способствует развитию у обучающихся абстрактного и пространственного воображения - качеств, которые характеризуют высокий уровень инженерного мышления и необходимы для решения различных прикладных задач.

В процессе изучения начертательной геометрии достигаются и другие цели, расширяется общенаучный кругозор обучающихся, развиваются навыки логического мышления, внимательность, наблюдательность, аккуратность и другие качества, развитие которых является одной из задач обучения и воспитания в вузе.

Методы начертательной геометрии находят широкое применение в физике, химии, механике, кристаллографии, архитектуре, картографии и применяются практически во всех отраслях промышленности. По сравнению с прикладными науками начертательная геометрия служит для получения новых основополагающих знаний [3].

Именно поэтому необходимо сохранить классическое изучение дисциплины «Начертательная геометрия», но при этом следует помнить и о компьютерных технологиях, и на основе полученных знаний в начертательной геометрии по теории построения чертежа, в дальнейшем, приобщать обучающихся к изучению компьютерной графики.

Компьютерная графика не должна вытеснять начертательную геометрию, а должна способствовать ее обогащению и дальнейшему развитию в плане подготовки высококвалифицированных специалистов, широко использующих для вычерчивания чертежей новейшие компьютерные программы и технологии, но умеющих, при отсутствии компьютера, выполнить чертеж вручную [4].

Возникшие противоречия в преподавании начертательной геометрии должны подталкивать преподавателей к умелому и грамотному использованию компьютерных технологий, которые будут способствовать внедрению обновлений в традиционные методы и формы преподавания начертательной геометрии, совершенствовать учебные материалы, тем самым интенсифицировать и активизировать процесс обучения и повышать его качество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тунаков А. П. Зачем преподавать студентам умирающие дисциплины. – М.: Поиск №11 (929) – 2007. –С. 137-142.
2. Рукавишников В.А. Начертательная геометрия: от расцвета до заката // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях ФГОС ВПО: матер. II междунар. науч.-практ. интернет-конф., февраль-март 2011. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2011. – С. 103-115.
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
4. Рукавишникова Е.Л. О проблемах преподавания начертательной геометрии в вузе.// Современные образовательные технологии в мировом учебно-воспитательном пространстве. – М. - №6.- С.136-141.

УДК 614.842

И. А. Ольховский, В. Я. Гладченко, Т. Г. Меркушкина

Академия Государственной противопожарной службы МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОЖАРОТУШЕНИЯ НА БАЗЕ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ЛАФЕТНЫХ СТВОЛОВ

Аннотация: В данной статье приведены статистические данные по пожарам в зданиях торгового назначения, в связи с чем предложено применение автоматических систем пожаротушения на базе роботизированных лафетных стволов.

Ключевые слова: объекты торговли, статистические данные, автоматические системы пожаротушения, пожарная автоматика.

I. A. Olkhovsky, V. Ya. Gladchenko, T. G. Merkushkina

IMPROVING THE RELIABILITY OF AUTOMATIC FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS BASED ON ROBOTIC CARRIAGE BARRELS

Abstract: This article presents statistical data on fires in commercial buildings, in connection with which the use of automatic fire extinguishing systems based on robotic carriage trunks is proposed.

Keywords: objects of trade, statistical data, automatic fire extinguishing systems, fire automation.

В соответствии с Федеральным законом от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» – пожарная безопасность это состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

В соответствии с Федеральным законом от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» – объектом защиты является продукция, в том числе имущество граждан или юридических лиц, государственное или муниципальное имущество (включая объекты, расположенные на территориях поселений, а также здания, сооружения, транспортные средства, технологические установки, оборудование, агрегаты, изделия и иное имущество), к которой установлены или должны быть установлены требования пожарной безопасности для предотвращения пожара и защиты людей при пожаре.

Данные определения свидетельствуют о необходимости обеспечения пожарной безопасности на различных объектах. В связи с тем, что наиболее опасными являются объекты торговли с массовым пребыванием людей, к ним предъявляются наиболее ёмкие правила эксплуатации систем обеспечения по-

жарной безопасности. Основные показатели обстановки с пожарами за 2016-2020 годы показаны в таблице 1, а значения показателей обстановки с пожарами, произошедшими в 2020 г., по классам функциональной пожарной опасности (ФПО) объектов пожаров показаны в таблице 2.

Таблица 1. Основные показатели обстановки с пожарами за 2016-2020 гг.

Объект пожара	Количество пожаров, ед./ % от общего количества пожаров. Прямой материальный ущерб, тыс.руб. / % от общего ущерба Погибло, чел. / % от общего количества погибших									
	2016		2017		2018		2019		2020	
	Здания, сооружения и помещения предприятия торговли	2805 627424 5	2,01 4,68 0,06	2688 1784318 17	2,02 12,96 0,22	2632 3917681 11	2,00 25,25 0,14	2754 1110042 2	0,58 6,11 0,02	2620 845755 10

Таблица 2. Значения показателей обстановки с пожарами, произошедшими в 2020 г., по классам функциональной пожарной опасности (ФПО) объектов пожаров

Класс ФПО	Кол-во пожаров, ед.	Погибло людей, чел.	Травмировано людей, чел.	Прямой ущерб, млн.руб.
ФЗ.1 – здания организации торговли	2675	10	34	831,35

В торговых залах и складских помещениях сосредотачивается большое количество материальных ценностей, что в условиях пожаров могут быть уничтожены огнем. Пожары в торговых помещениях характерны быстрым распространением огня, сильным задымлением и высокими температурами. Распределение основных показателей крупных пожаров за 2016-2020 годы представлено в таблице 3.

Таблица 3. Распределение основных показателей крупных пожаров за 2016-2020 гг.

Объект пожара	Количество пожаров, ед. Прямой материальный ущерб, тыс.руб.(действ.)				
	2016	2017	2018	2019	2020
Здания, сооружения и помещения предприятия торговли	2 60000	9 1184126	9 3419838	6 426259	1 120000

За работоспособность и непосредственное приведение в действие систем обеспечения пожарной безопасности (автоматической системы пожарной сигнализации, дымоудаления, системы оповещения и управления эвакуацией, автоматической системы пожаротушения) должен следить персонал объекта защиты. Однако на крупных предприятиях торговли, ввиду большой площади существует необходимость пребывания большого количества персонала, в том числе в ночное время. Допуская слабую дисциплину и наличие вредных привычек у вышеупомянутого персонала, можно допустить, что именно из-за их присутствия на объектах защиты могла случиться часть пожаров указанных в статистике. Основные показатели обстановки с пожарами за 2016-2020 гг., возникшими по причинам нарушения правил эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов представлены в таблице 4.[1]

Таблица 4. Основные показатели обстановки с пожарами за 2016-2020 гг., возникшими по причинам нарушения правил эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов

Год	Объект пожара					
	Производственные здания и склады	Здания торговых предприятий	Здания общественного назначения	Сельскохозяйственные объекты	Жилой сектор	
					всего	В т.ч. жилые дома
1	2	3	4	5	6	7
2016	1818	1494	1495	193	33352	20383
	40	3	7	0	1814	1544
	65	9	56	2	2117	1780
2017	1839	1486	1304	200	33130	20275
	22	6	12	1	1693	1461
	47	38	46	0	2139	1817
2018	1849	1443	1481	180	34126	20711
	31	3	7	1	1824	1551
	43	7	41	4	2341	1983
2019	2227	1658	1853	246	38489	22451
	15	1	19	1	1953	1696
	41	17	67	1	2235	1846
2020	2244	1607	1743	282	40026	22973
	29	1	14	5	1848	1576
	37	8	27	10	2143	1762

Рассматривая официальные показатели, необходимо учитывать не только виды пожаров, но также изменение их количества по годам. Именно динамика позволяет ориентироваться, насколько эффективные меры реализуются по недопущению возгораний. В таблице 5 показана эффективность работы пожарной автоматики при пожарах на объектах торговли и сервисного обслуживания населения в 2019-2020 гг.[1]

Таблица 5. Эффективность работы пожарной автоматики при пожарах на объектах торговли и сервисного обслуживания населения в 2019-2020 гг.

Вид пожарной автоматики	Всего		Сработала, задачу выполнила		Сработала, задачу не выполнила		Не сработала		Не включена	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
	Количество пожаров, ед. Прямой ущерб, тыс.руб. Спасено материальных ценностей, тыс.руб. Погибло людей, чел. Травмировано людей, чел.									
Установки и модули пожаротушения	37	31	26	21	9	8	1	1	1	1
	86259	32396	4068	24263	82133	8133	0	0	59	0
	10000	31030	0	30750	10000	280	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0

В XXI веке мировое сообщество переходит от цифровизации и роботизации процессов жизнедеятельности к реализации управления всеми процессами с помощью искусственного интеллекта. Производство, складирование, хранение, переработка и вообще обращение всех товаров и услуг на сегодняшний день невозможно представить без применения современных оцифрованных технологий.

По расчетам Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», развитие современных технологий и цифровых сервисов в ближайшее время приведет к исчезновению таких профессий как водитель и почтальон, на смену им придут устройства с искусственным интеллектом, способные выполнять те же задачи, но при этом требуя для своей работы только периодического технического обслуживания. Учитывая мировые тенденции, в области обеспечения пожарной безопасности также требуется внедрения систем управляемых искусственным интеллектом [1].

В терминологии обеспечения пожарной безопасности, а именно в области тушения пожаров на объектах защиты уже давно существуют такие понятия как роботизированная установка пожаротушения (РУП) и роботизированный пожарный комплекс (РПК), данные термины содержатся в нормативном документе СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» (далее СП 5). С 1 марта 2021 на смену СП 5.13130.2009 пришел новый нормативный документ СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования» (далее СП 485), в котором вышеуказанные понятия заменены на «стационарный пожарный роботизированный ствол» (ПРС-С) и «роботизированная установка пожаротушения» (РУП) соответственно. Выход нового свода правил практически не изменил имевшуюся концепцию работы роботизированных систем пожаротушения.

Стоит отметить, что на сегодняшний день роботизированные установки пожаротушения – это не установка пожаротушения с искусственным интеллектом, а робот, то есть автоматическое устройство, предназначенное для осуществления различного рода механических операций, по заранее заложенной программе. Это помощник человека, а не замена. Однако стоит отметить, что современные роботизированные установки могут работать в режиме автоматического позиционирования и контурного программного сканирования объекта защиты. Также возможно осуществления поиска пламени, для данной функции применяются датчики поиска пламени (Рисунок 1) расположенные на ПРС-С.



Рис. 1. Датчик поиска пламени в различном исполнении, установленные на ПРС-С

Принципиальная схема работы автоматической установки пожаротушения представлена на рис. 2.

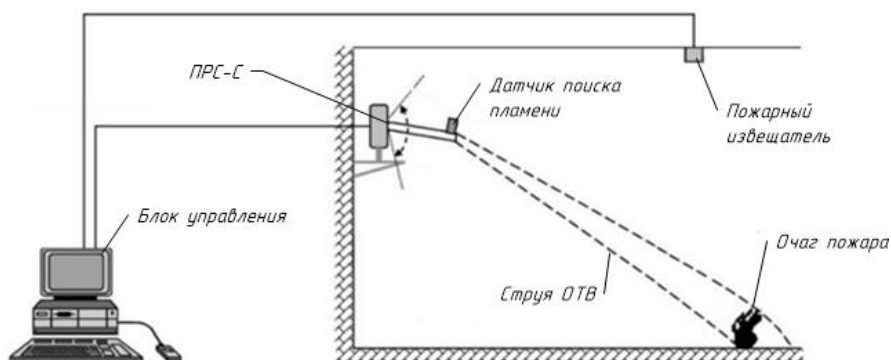


Рис. 2. Схема работы автоматической установки пожаротушения

Алгоритм работы, системы следующий: в случае возникновения пожара, или проявления первичных опасных факторов пожара (дым, тепловое излучение, пламя), пожарный извещатель подает сигнал на блок управления, который приводит в действие датчик поиска пламени. При помощи инфракрасного датчика, производится оценка температурных показателей очага горения, конструкций объекта и, учитывая заранее оцифрованные данные объекта защиты,

производится подача ОТВ непосредственно в очаг пожара, с учетом объемно-планировочных решений объекта и баллистики струи ОТВ. При изменении обстановки на пожаре, датчики, расположенные на соседних ПРС-С, определив новые параметры зоны горения, передает сигнал на блок управления, который в случае необходимости, задействует или отключает соседние ПРС-С, распределяя функции между ними (тушение, охлаждение и т.д.), то есть адаптируется [2].

Использование автоматических и роботизированных систем обеспечения пожарной безопасности на объектах защиты, позволит исключить дважды «человеческий фактор»: во-первых – персонал, сам может создать причину пожара (неосторожное обращение с огнём, нарушение правил пользования различного оборудования и т.п.); во-вторых – неудовлетворительная квалификация персонала, может не обеспечить требуемого уровня безопасности при возникновении пожара или при появлении его первых опасных факторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. П.В. Полехин, М.А. Чебуханов, А.А. Козлов, А.Г. Фирсов, В.И. Сибирко, В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина. Статистический сборник / Журнал Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО - 2021. - 112 с.: ил. 5.;

2. В.А. Меженов, И.А. Ольховский Автономно-адаптивная система обеспечения пожарной безопасности объектов защиты / Материалы V Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны - 2021, с.126-128.

УДК 004.896:621

Н. Л. Павлюкова, М. Ю. Волкова

ФГБОУВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

ПРОБЛЕМЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

Аннотация: приведен обзор продуктов компании Аскон, применяемых для сквозной информационной поддержки жизненного цикла машиностроительных изделий в условиях импортозамещения для продолжения высокого темпа цифровизации машиностроительных предприятий.

Ключевые слова: цифровизация, машиностроение, система автоматизированного управления производством, жизненный цикл продукции, подготовка производства, КОМПАС-3D, PLM, Аскон, импортозамещение.

N. L. Pavlyukova, M. Yu. Volkova

PROBLEMS OF DIGITALIZATION OF MACHINE-BUILDING INDUSTRIES IN THE CONTEXT OF IMPORT SUBSTITUTION

Abstracts: an overview of Ascon products used for end-to-end information support of the life cycle of machine-building products in the context of import substitution to continue the high rate of digitalization of machine-building enterprises is given.

Keywords: digitalization, mechanical engineering, automated production management system, product lifecycle, production preparation, COMPASS-3D, PLM, import substitution.

Цифровизация машиностроительных предприятий - это результат неумолимо бегущего прогресса. В условиях импортозамещения есть риск замедления цифровизации, т.к. у предприятий возникают более острые задачи и отсутствуют средства для внедрения и обновления программных средств. Важно отметить, что в настоящее время на предприятиях малого и среднего бизнеса машиностроения используются самые разнообразные системы автоматизированного проектирования (САПР) иностранных и отечественных разработчиков: SolidWorks, Autodesk Inventor, AutoCAD, SolidEdge, Pro ENGINEER, CATIA, NX, КОМПАС-3D, T-Flex и др. Иногда для разных работ применяются различные программные средства, комбинации отечественных и зарубежных САПР.

В быстро меняющихся условиях существования машиностроительных предприятий, при расширении внутреннего рынка, увеличения объемов заказов, запуске продукции, которую раньше приобретали по договорам кооперации необходимо обратить внимание на комплексное обеспечение цифровыми технологиями технологической подготовки производства (ТПП) и других этапов жизненного цикла продукции. Такой подход позволяет обеспечить линейка продуктов компании Аскон: КОМПАС-3D, система автоматизированного проектирования технологических процессов (АПТП) Вертикаль, Лоцман: PLM, Лоцман: КБ, система автоматизированного управления производством (САУП) Гольфстрим, Полином: MDM, справочник стандартных изделий, 8D: управление качеством и др. (рис. 1).

Предприятия успешно внедряют КОМПАС-3D, используя его на этапе конструкторской подготовке производства (КПП). КОМПАС-3D с каждой версией имеет все меньше нареканий пользователей, интерфейс становится более понятным и интеллектуальным, производительность проектирования в версии v20 возрастает минимум на 20 % по данным бета-тестирования.



Рис. 1. Информационная поддержка жизненного цикла изделия с помощью продуктов компании АСКОН

Сквозную поддержку жизненного цикла продукции обеспечивает менее распространенные на предприятиях продукты Аскон – Лоцман:PLM и Лоцман:КБ.

Система Лоцман:PLM позволяет управлять данными и изменениями в проекте, изменять структуру и конфигурацию продукта, планировать и фиксировать результаты испытаний продукции, выстраивать среду коммуникации между отделами предприятия, реализовывать интеграцию программных продуктов организации, формировать отчеты подразделений и организации в целом, реализовывать эффективное календарное планирование при управлении проектами, организацию бизнес-процессов (рис. 2).

Лоцман:КБ позволяет организовать групповую и удаленную работу над сложными проектами.

САПР ТП Вертикаль позволяет оформлять технологическую документацию на основе разработанных в Компасе чертежей и трехмерных моделей, т.е. в единой информационной среде, а также создавать программы для оборудования с числовым программным управлением, проводить расчеты режимов резания и сварки, нормирование времени, расчет массы заготовки и нормы расхода материалов.

Система автоматизированного управления производством Гольфстрим позволяет осуществлять календарное планирование производства, анализировать и планировать загрузку оборудования, контролировать процесс изготовления деталей, сборочных единиц и изделий, вести учет запасов, предоставлять отчеты по производству в удобной графической форме, формировать производственную программу в соответствии с планами и др. Применение системы сокращает время на оформление документации и сроков подготовки производства.

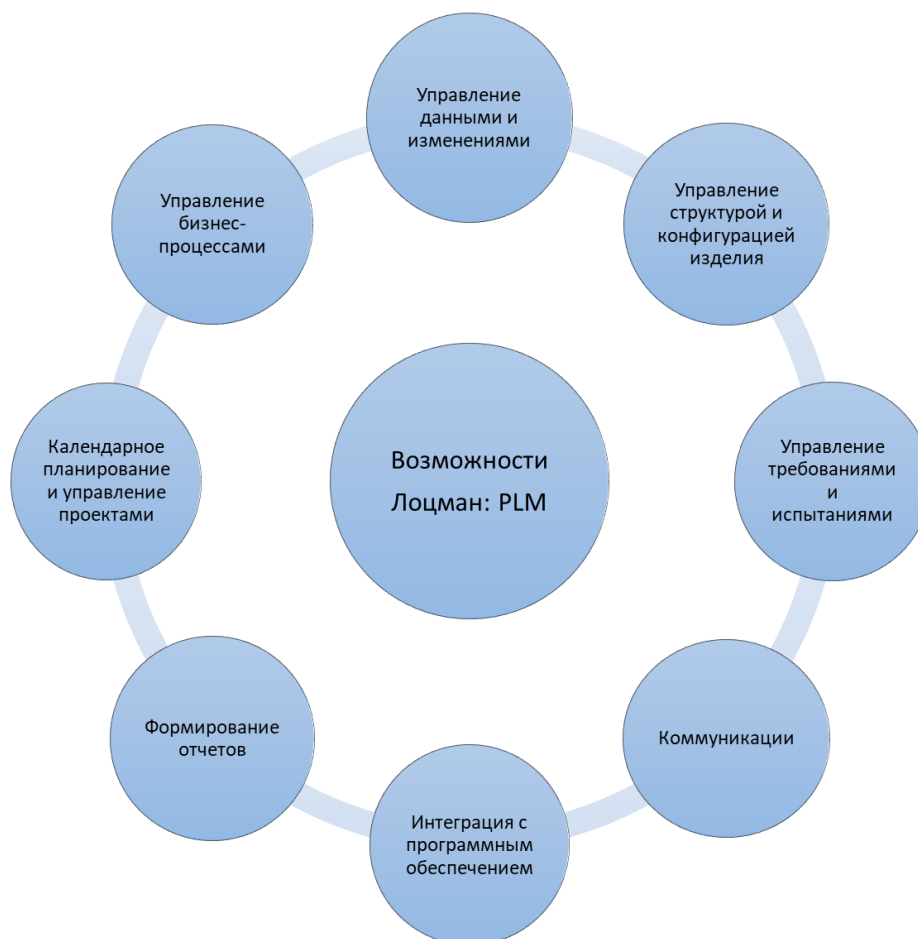


Рис. 2. Опции управления данными и структурой конфигурации изделия с помощью системы Лоцман:PLM

Справочники стандартных изделий, справочник технолога, сортамент и справочник поставщиков и производителей металлопродукции и продукции машиностроения для удобства использования объединены в систему Полином:MDM, которая позволяет обеспечить единую методологию использования справочных материалов на предприятии.

Система 8D. Управление качеством позволяет собирать и анализировать данные о браке, выявлять причины для его возникновения. Анализ качества происходит на всех этапах жизненного цикла продукции, начиная от приемки материалов или полуфабрикатов, на производстве, при поставке (данные о ка-

честве поступают от потребителя продукции), на этапе гарантийного и постгарантийного обслуживания. Полученные данные анализа качества возможно использовать в паспорте качества продукции и при исправлении причин устранения брака.

Успешные проекты внедрения продуктов Аскон реализовали ряд машиностроительных предприятий. На АО Гаврилово-Ямском машиностроительном заводе «АГАТ», г. Гаврилов-Ям Ярославской обл., реализована интеграция технических данных с помощью программы Компас-3D, системы Лоцман:PLM и прикладным решением «1С:ERP Управление предприятием», которое было внедрено ранее. На станкостроительном предприятии ОАО «Саста», г. Сасово Рязанской области, осуществлено объединение инженерных, технологических и производственных процессов с помощью программы Компас-3D, систем Лоцман:PLM, Вертикаль, Полином:MDM и «1С:ERP Управление предприятием».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булавин, В. Ф. PLM-стратегия в мелкосерийном производстве машиностроительной отрасли / В. Ф. Булавин, В. В. Яхричев, В. А. Глазков // Известия высших учебных заведений. Серия: Машиностроение. – 2018. – N 8. – С. 37 – 49.

2. Волкова, М.Ю. Использование средств компьютерной инженерии при конструировании адаптационного тренажера / М.Ю. Волкова, Н.Л. Павлюкова // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 30-й годовщине МЧС России и 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов, Иваново, 16 апреля 2020 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2020. – С. 156 – 158.

3. Марков, И.С. Применение компьютерной инженерии для построения цифровых производств в машиностроении / И.С. Марков, Н.Л. Павлюкова // Энергия-2020. Том. 4. Электромехатроника и управление: Пятнадцатая всероссийская (седьмая 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: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 329 – 332.

5. Продукты Аскон: [Электронный ресурс] // <https://ascon.ru/products/> (Дата обращения 12.03.2022).

УДК 159.944

А. А. Покровский, А. Д. Попов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ВЛИЯНИЕ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Аннотация: Рассматриваются вопросы влияния низких температур на работоспособность узлов пожарных автомобилей. На примере запуска двигателя внутреннего сгорания в условиях низкой температуры окружающего воздуха показаны мероприятия по снижению негативных факторов влияющих на его работоспособность. Предложена схема подогрева охлаждающей жидкости двигателя автомобиля при помощи электрического нагревателя с автономным источником энергии. Представлена методика расчета мощности нагревательного элемента.

Ключевые слова: работоспособность, температура, пожарный автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, подогреватель.

A. A. Pokrovsky, A. D. Popov

INFLUENCE OF LOW TEMPERATURES ON THE PERFORMANCE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Abstracts: The issues of the influence of low temperatures on the performance of fire engine units are considered. On the example of starting an internal combustion engine in conditions of low ambient temperature, measures are shown to reduce the negative factors affecting its performance. A scheme for heating the coolant of a car engine using an electric heater with an autonomous energy source is proposed. A technique for calculating the power of a heating element is presented.

Keywords: performance, temperature, fire truck, internal combustion engine, heater.

Влиянию низких температур окружающей среды на показатели эксплуатационных свойств автомобильной техники посвящены исследования, проведенные в различных научных организациях нашей страны и за рубежом. В большинстве научных работ отмечается негативное воздействие низкотемпературных условий на эффективность эксплуатации пожарных автомобилей. Климатические условия накладывают на технические изделия дополнительные технико-экономические требования к конструкции автомобилей. Соответствие типа, конструкции и технической характеристики пожарного автомобиля условиям эксплуатации характеризуется его приспособленностью к данным условиям. С точки зрения практического использования необходима оценка адаптивности пожарного автомобиля к заданным условиям эксплуатации, которая учи-

тывает интервалы суровости низкотемпературных условий эксплуатации и диапазоны приспособленности автомобилей к этим условиям.

В настоящее время исследователи предлагают использовать три диапазона приспособленности (рис. 1).

Каждому диапазону соответствует свой уровень приспособленности:

I низкий уровень приспособленности;

II средний уровень приспособленности;

III высокий уровень приспособленности.

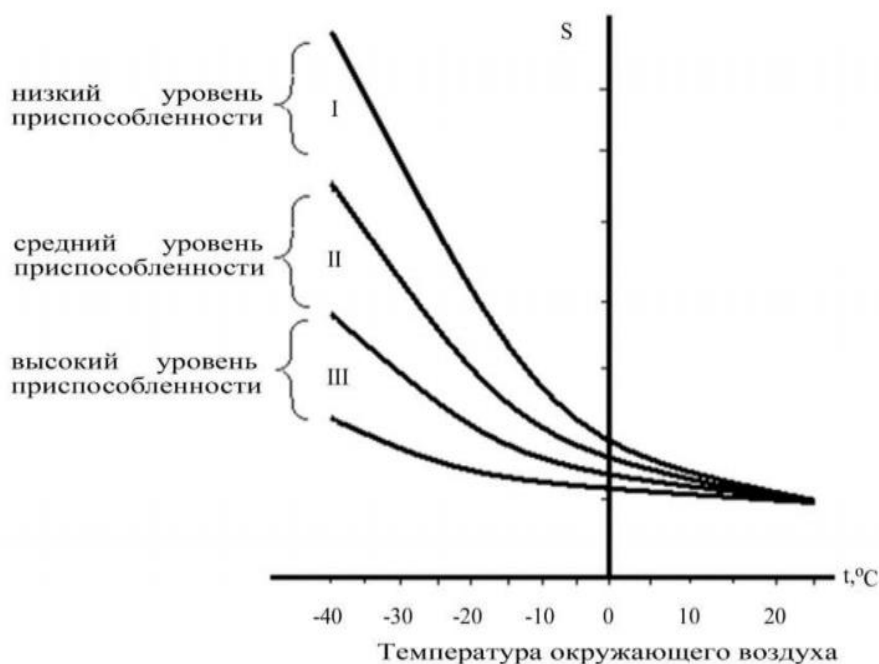


Рис. 1. Идентификация уровней приспособленности пожарных автомобилей к низкотемпературным условиям эксплуатации

Из рисунка 1 видно, что для пожарных автомобилей, имеющих низкий уровень приспособленности, степень изменений показателей эффективности с понижением температуры окружающей среды изменяется более интенсивно, а для автомобилей, имеющих высокий уровень приспособленности, менее интенсивно. Это связано с низким параметром чувствительности S , который увеличивается по мере ухудшения приспособленности.

Таким образом, для комплексной оценки адаптивности пожарного автомобиля к низким температурам необходимо его рассматривать как систему, состоящую из трех подсистем: базового шасси, пожарной надстройки и его насосно-рукавной системы, в разрезе их конструктивных и эксплуатационных особенностей.

Одной из основных проблем при эксплуатации автомобилей при низких температурах окружающей среды является запуск двигателя. Считается, что каждый «холодный» запуск двигателя сокращает его ресурс на 300-500 кило-

метров пробега. Силовой агрегат испытывает большие нагрузки. Вязкое масло плохо поступает к парам трения и далеко от оптимальных рабочих характеристик. Кроме того, на прогрев двигателя до приемлемой температуры расходуется немало топлива.

Для пуска как карбюраторных двигателей, так и дизелей при температуре окружающей среды -30°C должны применяться устройства облегчения пуска холодного двигателя, а при температуре -40°C и ниже – системы предпускового подогрева.

Системы предпускового подогрева можно разделить на автономные и зависимые.

В категорию автономных подогревателей входят:

- жидкостные;
- воздушные;
- тепловые аккумуляторы.

Воздушный подогреватель действует как дополнительная печка для обогрева салона. Он не прогревает двигатель или прогревает, но незначительно. В таких устройствах имеется камера сгорания, куда поступает топливовоздушная смесь при помощи топливного насоса и забора воздуха извне. Уже нагретый воздух подается в салон автомобиля. Питается устройство от аккумулятора 12В/24В, в зависимости от габаритов автомобиля и требуемой мощности. Устанавливается, главным образом, в салоне автомобиля.

Жидкостные подогреватели помогают прогреть не только салон, но в первую очередь двигатель. Они устанавливаются в моторном отсеке автомобиля. Подогреватель связывается с системой охлаждения двигателя. Для прогрева используется антифриз, который проходит через подогреватель. Вырабатываемое тепло через теплообменник нагревает антифриз. Жидкостный насос помогает циркулировать жидкости по системе. Теплый воздух подается в салон при помощи вентилятора, электромотор которого питается от электросети автомобиля. В подогревателях используется своя камера сгорания и блок управления, который контролирует подачу топлива, процесс горения и температуру.

Расход топлива жидкостного подогревателя будет зависеть от режима работы. Когда жидкость прогревается до 70°C – 80°C , включается экономичный режим. После падения температуры подогреватель вновь запускается самостоятельно. По такому принципу работает большинство жидкостных устройств.

Тепловые аккумуляторы не так распространены, но это также автономные устройства прогрева. Устроены они по принципу термоса. Они представляют собой дополнительный бак, в котором находится разогретая охлаждающая жидкость. Вокруг каналов с жидкостью находится вакуумный слой, который не дает ей быстро остыть. Во время движения жидкость полноценно циркулирует. На время стоянки она остается в устройстве. Антифриз сохраняется теплым до 48 часов. Насос подает жидкость в двигатель и происходит быстрый прогрев. Главное требование к подобным устройствам – регулярность поездок.

При сильных морозах жидкость будет остывать быстрее. Желательно использовать автомобиль каждый день. Также устройство достаточно габаритное.

В настоящее время для облегчения пуска двигателей внутреннего сгорания широко применяется электрообогрев благодаря простоте устройств и легкости в приведении их в действие. Преимущества электроподогрева двигателей заключается в наличии надежных в работе электронагревателей и автоматической системы управления подогревом, которые обеспечивают возможность применения этого способа в районах с холодным климатом. Надежность работы электронагревателей определяется выбором материала и конструктивных параметров нагревательного элемента с учетом режима его работы.

Электронагреватель для разогрева охлаждающей жидкости представляет собой бак с герметичной крышкой, включенной в систему охлаждения двигателя (рис. 2).

Конструкция электронагревателя с закрытым элементом определяется разогреваемой средой. Для упрощения замены нагревательного элемента его укрепляют на герметичной съемной крышке.

В нашем случае предлагается схема подогрева охлаждающей жидкости при помощи электрического нагревателя с автономным источником энергии (рис. 3). Электронагреватель включают непосредственно в рубашку охлаждения блока цилиндров двигателя с подводом нагретой жидкости в нижнюю заднюю часть рубашки охлаждения и забором жидкости в электронагреватель из передней нижней части охлаждения.

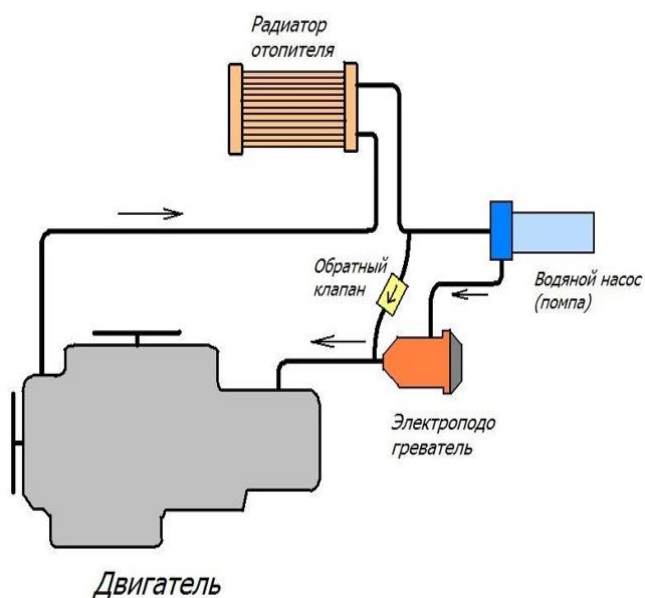


Рис. 2. Электронагреватель охлаждающей жидкости

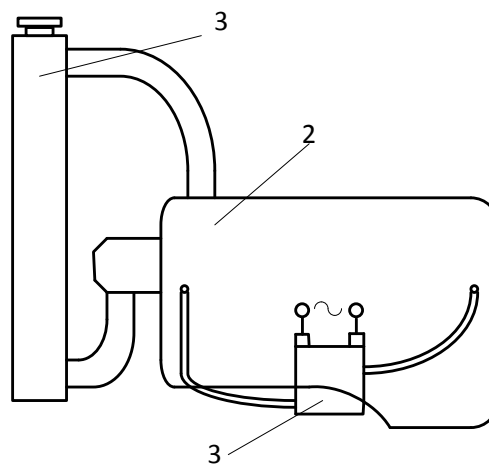


Рис. 3. Схема включения электронагревателя. 1 – радиатор; 2 – двигатель; 3 – электронагреватель

При данном подводе жидкости обеспечивается наилучшая равномерность разогрева двигателя. Это объясняется тем, что нагретая жидкость, поступающая из электронагревателя в рубашку охлаждения двигателя, стремится подняться вверх с учетом наклона двигателя по длине, равномерно нагревая блок цилиндров. Упомянутые отверстия в рубашке блока предусмотрены в конструкциях большинства моделей двигателей для подключения независимых пусковых подогревателей работающих на жидком топливе. При включении электронагревателя в рубашку охлаждения блока двигателя интенсивно нагреваются стенки цилиндров и головка цилиндров, хуже нагреваются вкладыши подшипников коленчатого вала и совсем не нагревается масло в поддоне картера двигателя. При подогреве блока цилиндров двигателя замедляется процесс остывания масла в поддоне картера.

Для подогрева масла под днищем поддона картера двигателя устанавливают дополнительный электронагреватель мощностью около 350 Вт. Для более эффективного использования электрической энергии нагретая в электронагревателе жидкость сначала подводится к поддону картера двигателя для подогрева масла, а затем в рубашку охлаждения блока двигателя. В данном случае к днищу поддона картера двигателя плотно прикрепляется плоский теплообменник, внутренняя полость которого при помощи трубопроводов соединяется с рубашкой охлаждения блока цилиндров.

Расчет мощности нагревателя для нагрева жидкости можно провести по формуле:

$$P = \frac{V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_2 - T_1)}{3600} + K, \quad (1)$$

где P – мощность электрического нагревателя, кВт; V – нагреваемый объем; ρ – плотность нагреваемой среды, кг/м³; C_p – удельная теплоемкость жидкости, кДж/ кг °С; T_1 – температура на входе в подогреватель; °С, T_2 - требуемая температура на выходе из подогревателя, °С; K – коэффициент запаса (%). Величина коэффициента определяется температурой окружающей среды и толщиной теплоизоляции сосуда. Значения коэффициента принимаются в диапазоне 5-25%.

Определяющим параметром, влияющим на габариты изделия, является удельная мощность нагревательных элементов. От данного параметра зависят окончательные размеры оборудования - чем удельная мощность выше, тем габаритные размеры подогревателя будут меньше. Но нужно понимать, что нельзя бесконечно увеличивать удельную мощность, чтобы сделать нагреватель меньше, тем самым уменьшив его стоимость. Слишком высокая удельная мощность ведет к увеличенной температуре на поверхности нагревательных элементов и сокращению срока службы изделия. Удельная мощность также зависит от диаметра нагревательных элементов.

Удельная мощность нагревательного элемента рассчитывается по следующей формуле:

$$W = \frac{P}{n \cdot 3,14 \cdot d \cdot L}, \quad (2)$$

где W - удельная мощность (Вт/см²); P - мощность нагревательного элемента, Вт; n - количество нагревательных элементов в подогревателе, шт.; d - диаметр нагревательного элемента, см; L - развернутая рабочая длина нагревательного элемента, см.

Таким образом, предлагаемое устройство для облегчения холодного пуска двигателя благодаря его включению непосредственно в рубашку охлаждения блока двигателя позволяет обеспечить прогрев головки блока цилиндров и вкладышей подшипников коленчатого вала и сократить время предпускового прогрева двигателя, обеспечив его запуск в условиях низких температур окружающей среды.

На основе предварительных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Ухудшение показателей качества и эффективности эксплуатации пожарных автомобилей в зимних условиях связано с ухудшением температурного режима двигателей, что проявляется в затруднении пуска холодного агрегата, увеличении интенсивности износа его деталей, увеличении расхода топлива.

2. Влияние низких температур на прогрев и охлаждение автомобилей разных моделей имеет разную закономерность, что обусловлено различным уровнем приспособленности этих автомобилей к зимним условиям. Определены уровни приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по температурному режиму двигателей.

3. Представлена схема подогрева охлаждающей жидкости при помощи электрического нагревателя с автономным источником энергии. Включение нагревателя осуществляется непосредственно в рубашку охлаждения блока цилиндров двигателя, что позволяет обеспечить прогрев головки блока цилиндров и вкладышей подшипников коленчатого вала, а также сократить время предпускового прогрева двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенов Н.В. Эксплуатация автомобилей в условиях низких температур. М.: Транспорт, 2013. - 190 с.
2. Тюлькин В.А. Оценка приспособленности автомобилей к зимним условиям эксплуатации по темпу охлаждения двигателей // Автореф. дис. канд. техн. наук. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. - 18 с.
3. Лосавио Г.С. Эксплуатация автомобилей при низких температурах. М.: Транспорт, 1973. - 120 с.

УДК 539.319

А. А. Покровский

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ СУШКИ НЕТКАНОГО МАТЕРИАЛА ПЕРЕГРЕТЫМ ПАРОМ

Аннотация: Сушка волокнистых материалов от жидкостей отличных от воды, в частности от органических растворителей, резко сужает область применения её традиционных способов ввиду угрозы пожарной и экологической безопасности. Предлагаемый способ сушки волокнистых материалов в процессе производства синтетической кожи нового поколения предусматривает использование в качестве сушильного агента перегретого водяного пара.

Ключевые слова: сушка, перегретый водяной пар, пожароопасность, нетканый материал.

A. A. Pokrovsky

FEATURES OF DRYING NON-WOVEN MATERIAL WITH SUPERHEATED STEAM

Abstracts: Drying of fibrous materials from liquids other than water, in particular from organic solvents, sharply narrows the scope of its traditional methods due to the threat of fire and environmental safety. The proposed method for drying fibrous materials in the production of a new generation of synthetic leather involves the use of superheated water vapor as a drying agent.

Keywords: drying, superheated steam, fire hazard, non-woven fabric.

Сушка перегретым паром известна почти 100 лет. Несмотря на большой зарубежный опыт, этот метод еще слабо используется для сушки изделий текстильной, бумажной, химической и некоторых других отраслей производства [1].

Эту сдержанность можно объяснить лишь слабой осведомленностью о процессе и оптимальных режимах высокотемпературной сушки, неоправданным опасением за сохранность материала и отсутствием необходимого опыта в эксплуатации нового оборудования.

В начале 70-х годов прошлого столетия освоен выпуск новых видов материалов, так называемых синтетических кож нового поколения. Эти материалы по своим физико-механическим и гигиеническим свойствам близки к свойствам натуральной кожи. Указанный уровень свойств определяется, прежде всего, структурой готового материала, которая практически аналогична структуре натуральной кожи и представляет собой пористую матрицу, содержащую в 1 см³

до 3 миллионов пор с уложенными пучками тончайших микрофибрилл, перепутанных внутри пучка и за его пределами таким образом, что исключает возможность их разделения.

Наибольших успехов в области производства данного вида материалов достигли японские фирмы, однако технологические и технические детали процесса получения таких материалов составляют производственные и научные секреты этих фирм.

Одна из стадий технологического процесса получения синтетической кожи нового поколения заключается в удалении органического растворителя из основы синтетической кожи, оставшегося в материале после экстракции матричного полимера. Данную стадию можно рассматривать как сушку материала. Одним из главных факторов, влияющих на выбор способа сушки материала, является использование в технологии производства синтетической кожи нового поколения в качестве экстрагентов матричного полимера (полиэтилена низкой плотности) алкилбензолов (толуол, изомерные ксилолы) и нормальных алканов (гептан, декан). Все используемые растворители оказывают наркотическое воздействие на организм человека и вызывают кожное раздражение. Это говорит о том, что остаточное содержание растворителя в синтетической коже должно быть нулевым.

Использование горячего воздуха в качестве сушильного агента при конвективном способе сушки не оправдано ввиду образования взрывоопасной смеси паров органического растворителя и воздуха. Дальнейшее разделение данной смеси затруднительно. Проведенные исследования показали, что процесс сушки синтетической кожи от органического растворителя в наиболее экологически и пожаробезопасном варианте реализуется в токе перегретого водяного пара.

Перегретый водяной пар успешно применяется для сушки и термообработки текстильных материалов, в том числе для сушки нетканых материалов и искусственных кож. Механизм процесса сушки в среде перегретого водяного пара мало чем отличается от механизма сушки древесины. При конвективной сушке тканей [2] прогрев материала заканчивается при достижении материалом температуры мокрого термометра. Свободная влага испаряется только с наружной поверхности материала, а недостаток влаги в наружном слое мгновенно пополняется за счёт её поступления из внутренних слоёв материала. Температура сушильного агента у поверхности материала равна температуре мокрого термометра, а его относительное влагосодержание равно единице. В ядре потока газовой фазы температура выше температуры мокрого термометра, а его относительное влагосодержание меньше единицы. При высокотемпературной сушке период прогрева материала незначительный.

Помещение ткани в паровую среду [3] обуславливает образование на её поверхности слоя конденсата и практически мгновенного прогрева до температуры кипения испаряемой жидкости. Интенсифицировать процесс испарения влаги из ткани можно путём повышения температуры и увеличения скорости пара около поверхности ткани [4], а также применение соплового обдува.

Наибольшая интенсивность испарения наблюдается в первые 20-40 сек, при испарении поверхностного слоя конденсата. При влажности материала 30-40% её температура начинает повышаться, достигая температуры перегретого пара при полном высыхании. Несмотря на это, повышение скорости теплоносителя требует, в свою очередь, значительных расходов электроэнергии. К тому же повышение скорости теплоносителя целесообразно проводить лишь в первом периоде сушки, так как во втором периоде это не приводит к значительной интенсификации процесса [4].

Опыт показывает, что в перегретом паре в результате влагообмена между паром и тканью устанавливается равновесная влажность ткани. При помещении в паровую среду сухой ткани с температурой ниже 100°C происходит её увлажнение за счёт конденсации пара. При конденсации пара на поверхности охлаждения конденсат может находиться в виде плёнки или отдельных капель. Если ткань переувлажнилась, то будет происходить подсушка её до равновесной влажности.

В химической промышленности использование перегретого водяного пара и перегретых паров растворителей для сушки различных материалов обусловлено рядом факторов, таких как пожаробезопасность процесса и легко осуществимый возврат дорогостоящего растворителя в технологический цикл. При этом конденсация паров может использоваться для нагревания других жидкостей, а отсутствие кислорода в перегретом паре исключает окисление и, как следствие, возгорание материала. Торф в среде горячего воздуха способен возгораться при температуре 170°C, тогда как при нагревании его в перегретом паре он не возгорается даже при температуре 500°C. Поверхность тканей при воздействии горячего воздуха способна изменять свою окраску, пищевые продукты теряют вкусовые качества. Для некоторых материалов применение других теплоносителей при высокотемпературной сушке является невозможным, что вызывает использование низких температур и, как следствие, высокую продолжительность процесса. Удельный расход тепла при сушке перегретым паром сокращается в 2-3 раза. На примере сушки целлюлозы показано, что при температуре воздуха 200°C продолжительность сушки составляет 3,3 часа, тогда как при сушке перегретым паром при той же температуре – 2,5 часа. При сушке нетканых клеёных материалов перегретым водяным паром и воздухом с одинаковой температурой среды, коэффициент полезного действия сушилки, работающей на перегретом паре, примерно на 8% больше коэффициента полезного действия сушилок, в которых применяется горячий воздух.

Использование насыщенного водяного пара с температурой 100°C мало эффективно, так как требует последующей сушки материала от водяного конденсата. Применение же перегретого пара исключает эту необходимость. Для доказательства этих утверждений, выбора оптимального способа удаления растворителя и нахождения основных технологических параметров, влияющих на скорость процесса, были проведены экспериментальные исследования, направленные

ные на изучение кинетики данного процесса в токе насыщенного и перегретого водяного пара.

Процесс удаления растворителя из кожи сопровождается образованием смеси практически взаимно не смешивающихся жидкостей – органического растворителя и воды. Данные жидкости способны смешиваться друг с другом на уровне, не превышающем 0,05%. Для возврата дорогостоящего растворителя в технологический цикл водно-органическая смесь подлежит разделению с последующей декантацией. Для рекуперации растворителя, смешанного с водой, применимы методы адсорбции и ректификации. Очищенная вода, ввиду жестких предельно-допустимых концентраций, пригодна лишь для технических целей. Поэтому, с учетом вредного воздействия на организм человека всех используемых реагентов и необходимости их дальнейшей рекуперации, следует, что решаемая нами задача заключается в отыскании оптимального способа, обеспечивающего полное удаление растворителя из синтетической кожи [5].

На основе проведенных исследований сделаны следующие основные выводы.

1. Экспериментально доказано, что использование насыщенного водяного пара для удаления органического растворителя из синтетической кожи крайне неэффективно, так как место растворителя в поровом пространстве материала занимает конденсат водяного пара. Остаточная влажность материала составляет порядка 45%. Это приводит к необходимости его последующей сушки от воды другим способом.

2. Удаление растворителя из кожи наиболее целесообразно проводить в токе перегретого водяного пара. Данная стадия рассматривается нами как процесс конвективной сушки капиллярно-пористого материала от двух компонентов, так как при воздействии на материал перегретого пара вначале происходит полное удаление органического растворителя, а затем воды, сконденсировавшейся в порах кожи.

3. Повышение температуры перегретого пара приводит к резкому сокращению времени испарения, как растворителя, так и воды. Это ведёт к повышению эффективности сушки, которое сопровождается уменьшением удельного расхода водяного пара на единицу испарения органики. Увеличение расхода водяного пара, напротив, практически не повлияло на кинетику процесса сушки. Следовательно, нет необходимости проводить весь процесс сушки кожи с одинаковыми параметрами водяного пара. На первой стадии, когда содержание растворителя в материале велико, имеет смысл применить перегретый пар с температурой, близкой к температуре кипения удаляемого растворителя, что при минимизации расхода теплоносителя позволит сохранить высокое качество кожи.

4. Применение перегретого водяного пара в качестве теплоносителя позволяет получить пожаробезопасную технологию сушки волокнистых материалов от жидкостей, которые способны образовывать взрывопожароопасную среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.
2. Сажин Б.С., Гудим Л.И., Реутский В.А. Гидромеханические и диффузионные процессы. – М.: Легпромбытиздат, 1988.
3. Бунин О.А., Малков Ю.А. Машины для сушки и термообработки ткани. – М.: Машиностроение, 1971.
4. Сажин Б.С., Авдюнин Е.Г., Коновалов А.В. Сушка проницаемых длинномерных материалов. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности 1996. - №1. – С.95–98.
5. Зуева Г.А., Блиничев В.Н., Падохин В.А., Покровский А.А. Математическая модель сушки синтетической кожи. // Теоретические основы химической технологии. - 2002. - Т.36. - №4. - с. 400-404.

УДК 006.83

В. О. Потапова¹, Е. А. Жирнова¹, Л. Г. Малышевская²

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

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ МОМЕНТНЫХ КЛЮЧЕЙ «STAHLWILLE»

Аннотация: исследуются вопросы обеспечения надежности эксплуатации авиационной техники на примере применения импортных моментных ключей «Stahlwille». Проведен причинно-следственный анализ и разработана диаграмма Исикавы по условиям получения достоверной измерительной информации. Проанализированы требования к калибровке, разработана блок-схема методики калибровки моментных ключей «Stahlwille».

Ключевые слова: надежность, авиационная техника, моментный ключ, калибровка.

V. O. Potapova, E. A. Zhirnova, L. G. Malyshevskaya

ENSURING THE RELIABILITY OF AVIATION EQUIPMENT OPERATION WHEN USING «STAHLWILLE» TORQUE WRENCHES

Abstracts: the issues of ensuring the reliability of the operation of aviation equipment are investigated by the example of the use of imported torque wrenches «Stahlwille». A causal analysis was carried out and an Ishikawa diagram was developed according to the conditions for obtaining reliable measurement information. The calibration requirements are

analyzed, a flowchart of the «Stahlwille» torque wrench calibration methodology is developed.

Ключевые слова: reliability, aviation equipment, torque wrench, calibration.

Эксплуатационная надежность авиационной техники является неотъемлемой основой поддержания летной годности воздушных судов и обеспечении приемлемого уровня безопасности полетов.

Моментные ключи получили большое распространение в авиации, применяются при обслуживании зарубежных воздушных судов типов Boeing-777, Boeing-767, Airbus A-330, и т.д. Ключи динамометрические электронные «Stahlwille» 720 NF, предназначены для воспроизведения крутящего момента силы при нормированной затяжке резьбовых соединений с правой и левой резьбой с установленной погрешностью [1].

Рассмотрим обеспечение надежности эксплуатации авиационной техники при использовании импортных моментных (динамометрических) ключей «Stahlwille» модели 720 NF в ООО «Аэропорт» Емельяново, который является одним из важнейших авиатранспортных узлов Красноярского края. Через «Аэропорт» Емельяново осуществляются регулярные пассажирские и грузовые рейсы в том числе на иностранных самолетах, которые могут обслуживаться только импортными ключами. Проведем исследование условий получения достоверных измерительных результатов при применении ключей «Stahlwille».

Принцип работы ключей динамометрических электронных «Stahlwille» 720 NF, основан на измерении напряжения, возникающего в измерительной диагонали моста тензорезистивного датчика момента, установленного в головке ключей, при приложении к ключам крутящего момента силы. Под действием крутящего момента силы изменяется напряжение на выходе датчика момента, которое поступает в микроконтроллер, где происходит его преобразование в величину крутящего момента силы, приложенной к ключам.

Ключи динамометрические электронные «Stahlwille» 720 NF состоят из корпуса, рукоятки, дисплея и клавиш, головки с жестко прикрепленной трещоткой, или торцевым квадратом с шариковым фиксатором или гнездом под различные сменные насадки. Метрологические и технические характеристики приведены в технической документации на данное изделие [2].

Общий вид ключей динамометрических электронных ключей «Stahlwille» 720 NF представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Динамометрические ключи «Stahlwille» 720 NF

В отличие от обычных предельных моментных ключей, моментные ключи STAHLWILLE оснащены измерительной системой с гибким стержнем. Она обладает огромными преимуществами над ключами с пружинным механизмом, у которых в случае продолжительного неиспользования необходимо разгружать пружину, выполняя сброс на «0». Если сброс не выполнить, пружина деформируется, что приведет к получению неточных результатов измерений. А вот используемая компанией STAHLWILLE измерительная система с гибким стержнем подвергается нагрузке только во время затяжки. В результате: сброс на «0» не требуется. Пользователь освобождается от одной рабочей операции. Измерительный механизм практически не подвержен износу.

Анализ технической документации, паспорта и руководства по эксплуатации позволяет выделить условия получения достоверных измерительных результатов при применении ключей «Stahlwille», провести причинно-следственный анализ. Результаты анализа представлены в форме диаграммы Исикавы на рисунке 2.

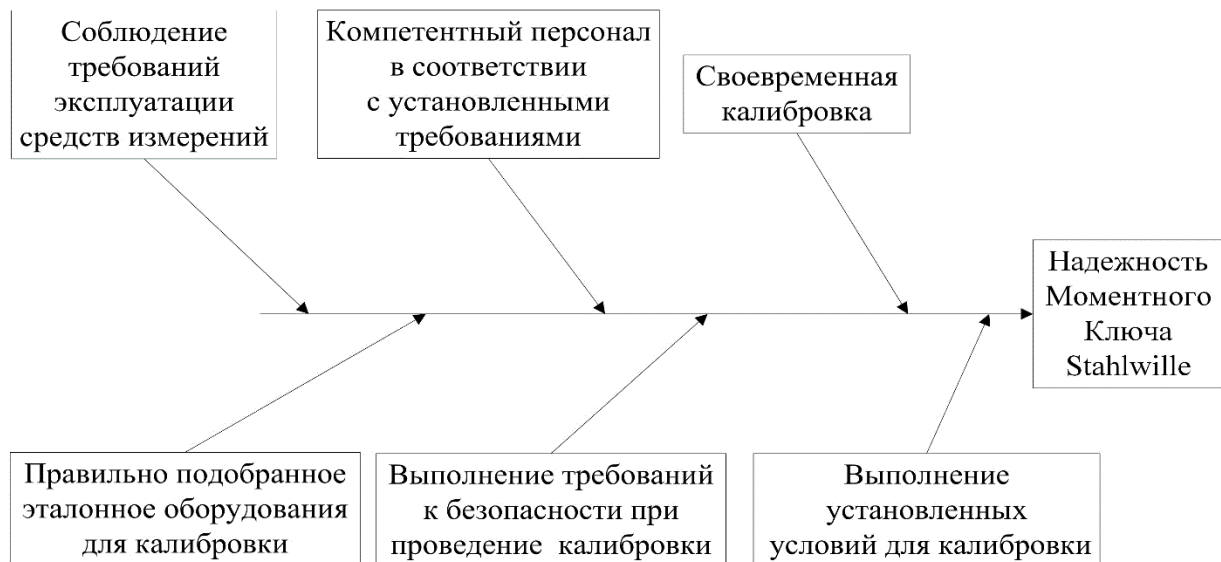


Рис. 2. Причинно-следственная диаграмма Исикавы получения достоверной измерительной информации при применении моментного ключа Stahlwille

Для обеспечения единства измерений и обеспечения качества обслуживания авиационной техники с использованием импортного моментного ключа «Stahlwille», требуется экспериментальное определение фактических значений метрологических характеристик моментного ключа, что достигается путем калибровки [3].

Выбор эталонного оборудования проводится в соответствии со свидетельством об утверждении типа средств измерений «Ключи моментные предельные регулируемые «Stahlwille» модели 720 NF

Основные средства измерений, используемые для калибровки - установки для калибровки ключей с относительной погрешностью в 1% с рабочими эталонами 2-го разряда по ГОСТ Р 8.752-2011 «Государственная поверочная схема для средств измерений крутящего момента силы».

Механическое нагружающее устройство STANLWILLE, предназначенное для калибровки моментных ключей, способно выдавать точные и надежные результаты измерений на протяжении длительного периода времени. Механическое нагружающее устройство требуется для быстрой и точной фиксации и приведения в действие моментного ключа. Применение приводного механизма обеспечивает, помимо прочего, медленное и непрерывное нарастание крутящего момента после достижения 80 % от его конечного заданного значения в течение требуемого времени.

Калибровочная установка представлена на рисунке 3.

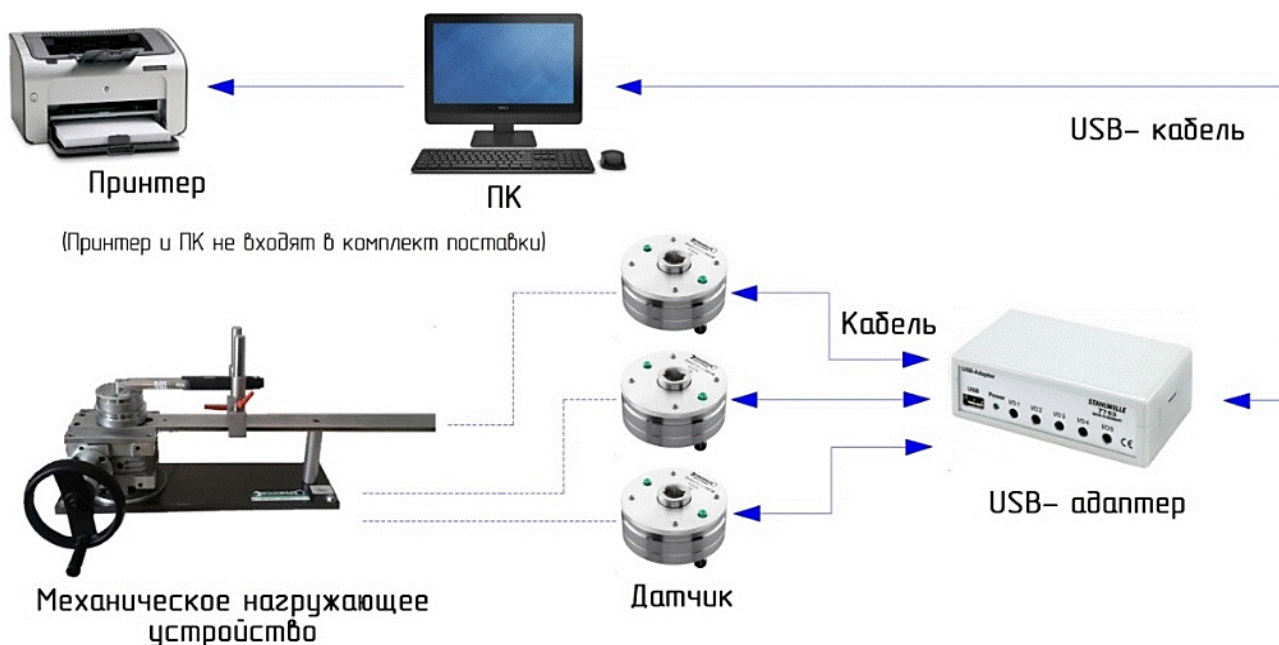


Рис. 3. Калибровочная установка

Для разработки методики калибровки используем регламентирующий нормативный документ ГОСТ Р 8.879 – 2014 и МИ 2593-2000 «Ключи моментные. Методика поверки» [4].

Структура методики калибровки отображена на рисунке 4.

Механическое нагружающее устройство STANLWILLE, предназначенное для калибровки моментных ключей, способно выдавать точные и надежные результаты измерений на протяжении длительного периода времени, обеспечивая надежность моментного ключа для повышения надежности эксплуатации авиационной техники.

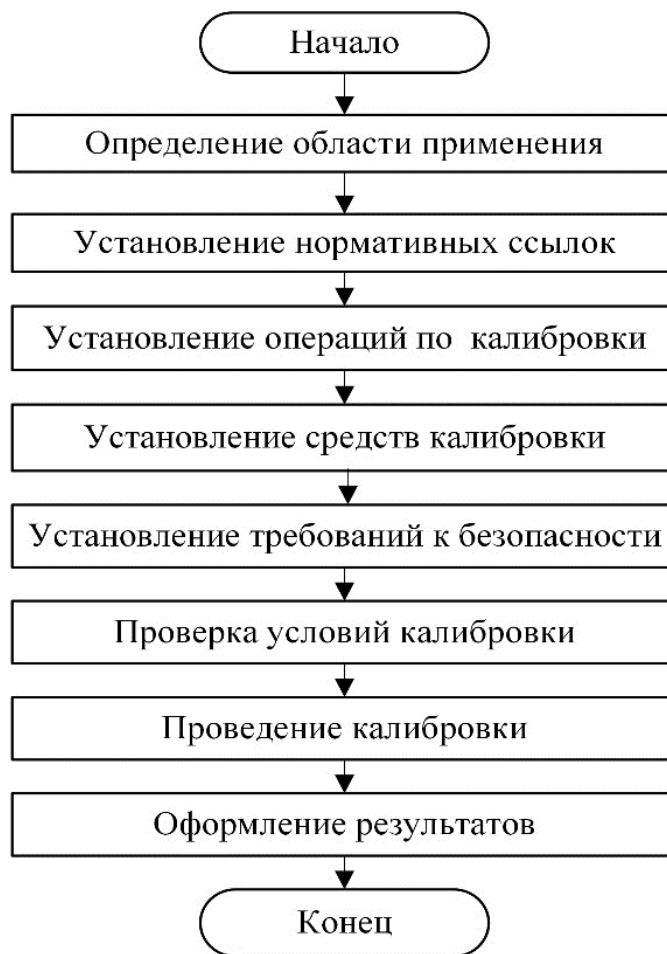


Рис. 4. Структура методики калибровки моментного ключа «Stahlwille»

Таким образом, обеспечение надежности эксплуатации авиационной техники возможно только при комплексной подходе к выбору и метрологическому обеспечению импортных моментных ключей «Stahlwille», включающим: соблюдение требований эксплуатации средств измерений, своевременная калибровка, компетентный персонал в соответствии с установленными требованиями, правильно подобранное эталонное оборудования для калибровки, выполнение требований к безопасности при проведение калибровки, выполнение установленных условий для калибровки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Форум - Главный форум метрологов [Электронный ресурс]. URL:<https://metrologu.ru/topic/29168-динамометрические-моментные-ключи/>. – (дата обращения: 03.03.2022). – Текст: электронный.
2. Ключи моментные предельные регулируемые Stahlwille MANOSKOP 720NF, MANOSKOP 721, Приложение к свидетельству № 51504 об утверждении типа средств измерений. Описание типа средства измерения. – 3 листа.

3. Российская Федерация. Закон. Об обеспечении единства измерений: Федеральный закон от 26.06.2008 N 102-ФЗ (ред. от 08.12.2020): [принят Государственной думой 11 июня 2008 года: одобрен Советом Федерации 18 июня 2008 года]. – Текст: непосредственный.

4. МИ 2593-2000 ГСИ. Ключи моментные. Методика поверки. Рекомендация по метрологии: [утверждена Уральским научно-исследовательским институтом метрологии от 1 декабря 1999 г: зарегистрирована ВНИИМС «18» мая 2000 г.] – Текст: непосредственный.

УДК 614.842.8

М. В. Прокошев, О. М. Попова, И. В. Багажков, Е. И. Аданичкин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ДЕЙСТВИЯМИ ПО ОХРАНЕ ГОРОДА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНЫМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Аннотация: Проведен анализ деятельности пожарно-спасательной части при использовании пожарно-технического оборудования. Сделан вывод о деятельности 4 ПСЧ по охране города Рузаевка на территории города Рузаевка.

Ключевые слова: пожарно-техническое оборудование, руководство, управление, несение службы, караул, тушение пожаров, техническая готовность, проведение АСР, спасение людей.

M. V. Prokoshev, O. M. Popova, I. V. Bagazhkov, E. I. Adanichkin

FEATURES OF THE MANAGEMENT OF ACTIONS TO PROTECT THE CITY BY A FIRE AND RESCUE UNIT USING FIRE-TECHNICAL EQUIPMENT

Abstracts: The analysis of the activity of the fire and rescue unit when using fire-technical equipment is carried out. The conclusion is made about the activity of 4 PSCH for the protection of the city of Ruzaevka on the territory of the city of Ruzaevka.

Keywords: fire-technical equipment, management, management, service, guard duty, fire extinguishing, technical readiness, ASR, rescue of people.

Организацию и несение караульной службы в подразделениях пожарной охраны Российской Федерации определяет Боевой Устав подразделений пожарной охраны от 20.10.2017 №452. В соответствии с ним, организуется караульная служба для обеспечения своевременного реагирования к действиям по

тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ в районе выезда отдельно взятого пожарно-спасательного подразделения [1,2].

Так, личным составом дежурных караулов ПСЧ-4 ПСО ФПС ГУ МЧС г. Рузаевка за I полугодие было осуществлено 560 выездов, за аналогичный период 2020 года 609 выездов из них: на тушение пожаров 162 за аналогичный период 2020 года 160 выездов.

На примере отдельно взятой пожарной части был проведен анализ количества выездов: на ложные пожары 114 раза, за аналогичный период 2020 года 135 раз. При тушении 34 пожаров использовались звенья ГДЗС с общей наработкой времени 841 минут. За аналогичный период прошлого года при тушении 80 пожаров использовались звенья ГДЗС с общей наработкой времени 2545 минут. Среднее время следования на пожар составило 10,5 мин., за аналогичный период прошлого года 10,59 минуты. Время тушения пожаров составляет 10,1 мин., за аналогичный период прошлого года 9,87 минуты. Личным составом ПСЧ-4 при проведении действий по тушению пожаров за данный период эвакуировано 16 человек.

Большое внимание уделяется профессиональной подготовке личного состава ПСЧ-4 ПСО ФПС ГУ МЧС России по РМ. Так, согласно приказа МЧС России от 26.10.2017 № 472 «Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны», приказом начальника части была организована подготовка личного состава дежурных караулов ПСЧ-4 ПСО ФПС ГУ МЧС России по РМ, специальная подготовка с газодымозащитниками, согласно расписания и проводилась на семинарах раз в полгода.

В отношении служебной подготовке начальствующего состава. Она была организована согласно приказа МЧС России от 26.10.2017 № 472 «Об утверждении Порядка подготовки личного состава пожарной охраны». Занятия по служебной подготовке проводились в последний четверг месяца и им отводилось по 6 часов времени. Организовано самостоятельное обучение помощников начальников караула и командиров отделений, подменных диспетчеров, пожарных. Разработаны тематические планы по профессиональной подготовке, планы распределения времени по дисциплинам и месяцам. Ежемесячно составляется расписание занятий по подготовке личного состава дежурных смен [1].

В отношении газодымозащитной службы. На вооружении ПСЧ - 4 находятся дыхательные аппараты АП ОМЕГА в количестве 37 шт. (56 воздушных баллонов типа «Люксфер», «Кампо», «R-extra». Необходимо отметить своевременность обслуживания закрепленного оборудования и на данный момент все аппараты АП ОМЕГА - исправны.

В ПСЧ №4 по состоянию на 2021 года по рукавному хозяйству имеется:

напорных рукавов - диаметром 51 - 183 шт.

- диаметром 66 - 67 шт.

- диаметром 77 - 183 шт.

- напорно - всасывающих рукавов - диаметром 32 – 6 шт.

- диаметром 77 – 18 шт.

- всасывающих рукавов – диаметром 125 – 16 шт.

Проводится работа по списанию рукавов, вышедших из строя и неподлежащих ремонту.

В подразделении насчитывается 5 единиц основной техники, 1 единица специальной техники (АЛ-30).

В целях обеспечения технической готовности пожарной техники в подразделении проведена следующая работа: согласно плана графика проводится техническое обслуживание №1 в количестве 13 раз и 3 раза ТО-2.

На вооружении ПСЧ-4 имеется 5 ГАСИ с которыми проводились практические занятия в количестве 15 занятий.

Так же проводились практические занятия по умелым и быстрым действиям в количестве 27 занятий.

За истекший период на территории Рузаевского Муниципального района произошло 27 ДТП процент реагирования составил 100 %, среднее время реагирования составило 2,5 мин.

Связь на пожаре. На данный момент в подразделении имеется на вооружении 10 переносных радиостанций и 5 стационарных. Обслуживание производится согласно техническому регламенту, в результате чего всё оборудование находится в исправном состоянии.

За истекший период с боевого расчёта снималась следующая пожарная техника (см. таблицу 1).

Таблица 1

№ п\п	Марка гос. номер ПА	Дата причина выхода ПА из б\р	Дата введения в б\р
1.	АЛ-30(131 г.н. к463вв	26.04.2021 (течь масла в установке)	12.05.2021
2	АЛ-30(131 г.н. к463вв	10.10.2021 (неисправен аутригер)	11.10.2021

Большое внимание при организации службы и подготовки личного состава, уделяется физической подготовке. Участвуя в соревнованиях, личный состав подразделения показывает хорошие результаты.

В целях поддержания на хорошем профессиональном уровне оперативно-служебной деятельности, укрепления дисциплины и законности, стабилизации профессионального ядра кадров, сплочения коллектива, создания здорового морально-психологического климата, мобилизации сотрудников части на качественное решение оперативно-служебных задач – в следующем квартале целесообразно осуществить следующие мероприятия:

- начальникам караулов дополнительно провести занятия с личным составом, по вопросам организации караульной службы;

- при проведении практических занятий особое внимание уделять соблюдению мер по охране труда и недопущению травматизма;

- лицам, показавшим слабые знания выдавать индивидуальные задания, осуществляя контроль за своевременностью и полнотой исполнения;

- провести дополнительные занятия по знанию тактических характеристик ПТВ;

- в системе специальной подготовки с водительским составом провести дополнительные занятия о качественном выполнении мероприятий при проведении ТО-1, соблюдению ПДД и недопущению ДТП;

- в работе по укреплению дисциплины и законности среди личного состава, основной упор делать на индивидуальное воспитание подчинённых, адресное оказание помощи, обратив особое внимание на молодых сотрудников;

- провести дополнительное занятия с личным составом части по пожарно-тактической подготовке, с практической отработкой навыков тушения пожаров;

- провести дополнительные занятия по приказу № 881н от 11.12.2020 года;

- провести дополнительные занятия по изменениям в руководящие приказы службы МЧС России (444,472, 452,467 и 737) [2].

Проводя анализ деятельности отдельно взятой пожарно-спасательной части мы можем наблюдать слаженную и целенаправленную работу, направленную на поддержание высокой боеспособности караульной службы Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон от 06.05.2011 г. № 100-ФЗ «О добровольной пожарной охране».

2. Организация службы и подготовки в пожарной охране: учебное пособие для вузов / П.Н. Коноваленко, А.В. Ермилов–Москва: Издательство Юрайт, 2021. – 263 с.

УДК 614.8

А. Х. Салихова, С. Е. Рвянин, А. С. Рябов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБЗОР ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ИСКЛЮЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРЮЧИХ ОТЛОЖЕНИЙ ВНУТРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОММУНИКАЦИЙ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ

Аннотация: Разветвленная система вентиляционных каналов устройств для удаления паро-, пылевоздушной смеси, включающая разное оборудование, формирует в случае образования возгорания благоприятные условия, способствующие распространению пожара по отложениям на взаимодействующее оборудование, а также на строительные элементы здания производственного цеха. Авторами рассмотрены перспективные разработки, направленные на исключение образования горючих отложений на внутренне поверхности воздуховодов.

Ключевые слова: пожарная безопасность, системы вентиляции, горючие отложения, самовозгорание отложений.

A. H. Salikhova, S. E. Rvyanin, A. S. Ryabov

OVERVIEW OF TECHNICAL SOLUTIONS, AIMED AT ELIMINATING THE POSSIBILITY OF FORMATION OF COMBUSTIBLE DEPOSITS INSIDE THE TECHNOLOGICAL COMMUNICATIONS OF VENTILATION SYSTEMS

Abstract: An extensive system of ventilation ducts of devices for the removal of steam and dust-air mixture, including various equipment, forms favorable conditions in the event of a fire, contributing to the spread of fire through deposits on interacting equipment, as well as on the building elements of the production shop building. The authors consider promising developments aimed at eliminating the formation of combustible deposits on the inner surface of air ducts.

Keywords: fire safety, ventilation systems, combustible deposits, spontaneous combustion of deposits.

В области противопожарной защиты технологического оборудования, в котором образуются горючие отложения, выполнялись исследования многими учеными и специалистами, среди которых следует отметить А.П. Петрова, А.Я. Корольченко, И.А. Корольченко, А.Н. Баратова, В.И. Горшкова, Л.П. Вогмана, Я.С. Киселева, К.С. Кольцова и других. Анализ статистических данных и пожарной опасности систем вентиляции свидетельствует о том, что горючие отложения считаются главным фактором возникновения пожаров и взрывов в их оборудовании и коммуникациях. Поэтому, без существенного изменения тех-

нологии производства решить проблему формирования отложений в трубопроводах систем вентиляции и местных отсосах не получится. Удастся лишь незначительно снизить интенсивность их формирования.

Приоритетным способом предотвращения возгораний и взрывов в вентиляционных каналах сегодня считается удаление механическим способом образовавшихся отложений. Вместе с тем, необходимо решить вопрос с определением сроков очистки и разработки мер пожарной безопасности при выполнении данной операции.

При эксплуатации технологического оборудования вентиляционных систем производственных помещений, в которых обращаются пожароопасные вещества, создаются условия для образования в каналах горючих отложений, распределенных по всей их длине, которые при определенных условиях склонны к самовозгоранию и способствуют быстрому скрытому развитию пожара по системе коммуникаций на смежное технологическое оборудование и строительные конструкции здания. В связи с этим возникает проблема обеспечения пожарной безопасности таких коммуникаций и, в частности, воздухопроводов систем местных отсосов.

Рассмотрим пожарную опасность образования горючих отложений в системах вентиляции и способы их удаления на примере окрасочного цеха. В процессе выполнения окрасочных работ вентиляционные системы удаляют из помещения и окрасочных камер воздух с частицами лакокрасочных материалов, которые впоследствии оседают и образуют горючие отложения.

По мере роста толщины слоя в воздуховодах в хронологическом порядке одно за другим создаются условия для:

- воспламенения горючего слоя при появлении источника зажигания;
- образования горючей концентрации при наличии летучих компонентов в массе отложения;
- распространения пламени по поверхности отложений в случае их воспламенения;
- самовозгорания отложений.

Содержание остаточного растворителя в отложениях ЛКМ по пути движения загрязненного воздушного потока в процессах окраски колеблется в широких пределах: от 100 (на экране и в гидрофиле) до 20% (в отдаленных участках воздухопроводов) от исходного содержания растворителя в ЛКМ. Поэтому горючие отложения, образующиеся в транспортных воздуховодах системы местных отсосов, даже при незначительной толщине слоя (0,5-0,8 мм) представляют реальную опасность образования горючей концентрации в замкнутом объеме при полном отсутствии воздухообмена с окружающей средой. Для предупреждения этой опасности на практике вне рабочее время целесообразно предусматривать полную герметизацию воздухопроводов системы местных отсосов с помощью различных регулировочных шиберов и заслонок.

Критическая толщина слоя, исходя из опасности распространения пламени по поверхности отложений при возникновении горения от внешнего источника зажигания, также характеризуется малой величиной. Для отложений лакокрасочных материалов она колеблется от 1,2 до 1,7 мм, для лакокрасочных материалов из серии НЦ - 1,5 мм. Поэтому профилактика опасности распространения пожара при таких значениях толщины слоя сводится к предупреждению появления внешнего источника зажигания.

Критическая толщина отложений по опасности самовозгорания зависит от многих факторов и для различных веществ и материалов колеблется от 15 до 25 мм [1].

Таким образом, пожарная опасность отложений связана с их горючестью. Они легко могут воспламеняться от внешнего источника зажигания, способствуют образованию взрывоопасных концентраций, являются характерными путями распространения пламени, обладают склонностью к самовозгоранию. Кроме того они часто выводят из строя или снижают эффективность работы защитных устройств (огнепреградители, огнепреграждающие задвижки, взрывные мембраны, предохранительные клапаны и др.) и приводят к нарушению нормального режима работы технологических аппаратов. Так, постепенное накапливание отложений в воздухопроводах системы местных отсосов окрасочного или сушильного оборудования приводит к снижению количества отсасываемых из аппарата паров огнеопасных растворителей за счет уменьшения «живого» сечения воздухопроводов. Вследствие этого происходит рост их концентрации до опасных пределов в окрасочных и сушильных камерах, а затем и в самих воздухопроводах [2].

Главное направление в обеспечении пожаровзрывобезопасности транспортных коммуникаций с горючими отложениями связано с предупреждением образования отложений. Однако на практике это сделать, по существу, невозможно. Поэтому идут по пути снижения интенсивности образования отложений в сочетании с периодической очисткой технологического оборудования [3].

Для снижения интенсивности загрязнения поверхности воздухопроводов горючими отложениями, применяют различные способы улавливания увлекаемых воздухом твердых и жидких частиц, предупреждают возможность конденсации и кристаллизации транспортируемых паров на поверхности труб, осуществляют очистку поверхности от горючих отложений.

Очистку воздуха окрасочных камер от частичек краски производят гидрофильтрами, представляющими собой одну или несколько последовательно расположенных водяных завес, сквозь которые просасывается загрязненный воздух. В некоторых случаях для очистки воздуха от частичек краски применяют устройства в виде жалюзийных решеток, отбойных стенок и т.п. Проходя через подобного рода препятствия, воздух неоднократно изменяет направление движения и частички краски, ударяясь о стенки или решетки, прилипают к их поверхности. Такие механические устройства менее эффективны по сравнению с гидрофильтрами.

В последние годы внедряются механизированные методы очистки воздуховодов с использованием переносных пароэмульсионных эжекторов, обеспечивающих струйную подачу моющего средства непосредственно в очищаемый воздуховод без его демонтажа. Пожаробезопасность этого метода обеспечивается применением негорючих водных растворов технических моющих составов (ТМС), флегматизацией объема воздуховода водяным паром, увлажнением отложений и применением водяных струй для механического удаления отслаивающихся отложений.

Для удаления особо прочных отложений применяется пожаробезопасный метод защиты воздуховодов систем местных отсосов окрасочного и сушильного оборудования от налипания аэрозольных частиц с помощью эластичного рукава. Перед началом эксплуатации окрасочного оборудования во внутреннюю полость воздуховодов вводится защитное покрытие в виде мягкого (эластичного) рукава из термостойкой комбинированной синтетической ткани. Рукав удерживается во внутренней полости воздуховода путем крепления по торцам с помощью хомутов. При использовании рукава обеспечивается защита рабочего колеса вентилятора от налипания аэрозольных частиц, и сокращаются выбросы вредных веществ в атмосферу на 30-35%. По окончании эксплуатации рукава удаляют путем извлечения из полости воздуховодов, очищают от загрязнений в растворе ТМС, отмытые загрязнения утилизируют, а рукав используют повторно [4].

Снижение интенсивности образования горючих отложений на предприятии осуществляется при помощи гидрофильтров, запитанных от производственного водопровода. Для очистки воздуховодов систем местных отсосов предлагается использовать пароэмульсионный метод, предложенный профессором Академии ГПС МЧС России Петровым А.П. в своем автореферате. Пароэмульсионная установка состоит из парового котла типа КПП, эжектора и системы подачи раствора ТМС.

При воздействии на горючие отложения раствора ТМС в сочетании с водяным паром ускоряет процесс их насыщения в 1,5-2 раза. Данный метод является очень эффективным и в течении 30 минут работы эжектора степень очистки воздуховода достигает 35-50%, а через 1,3 часа – 85-95%. Предлагаемый пароэмульсионный метод очистки является пожаровзрывобезопасным [1].

Одним из новых способов очистки систем вентиляции и вентиляционного оборудования является очистка поверхностей, выполняемая гранулами сухого льда. Основа данной технологии заключается в воздействии потока сжатого воздуха с гранулами сухого льда на загрязненную поверхность. Частицы льда, вылетая из форсунки, обладают высокой скоростью до 300 м с^{-1} и соответственно высокой кинетической энергией. При ударе о препятствие (очищаемую поверхность) сухой лёд меняет агрегатное состояние, превращаясь в углекислый газ, минуя жидкую фазу, вызывая «эффект термического шока». Слой загрязнения подвергается быстрому охлаждению ($-79 \text{ }^\circ\text{C}$), становится хрупким и отделяется от поверхности. Последующее распыление гранул полностью уда-

ляет его остатки. Основная масса очищаемого объекта не охлаждается, а механические свойства конструкции не меняются.

К основным преимуществам способа относятся:

- не повреждает очищаемое оборудование, поверхность не истончается и не меняет свою структуру после контакта с сухим льдом;
- не вызывает коррозию;
- высокий уровень качества очистки: гранулы проникают в углы, щели и другие труднодоступные места [5].

Таким образом, мы видим актуальность вопроса разработки методов, направленных на обеспечение пожаробезопасности вентиляционных систем, обслуживающих помещения с горючими веществами и материалами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петров А.П. Пожарная безопасность технологического оборудования с горючими отложениями: Автореферат диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук/ А.П. Петров. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1994 год. – 48 с.
2. Швырков, С.А. Пожарная безопасность технологических процессов: Учебник / С. А. Швырков, С. А. Горячев, В. П. Сучков и др.; Под общ. ред. С. А. Швыркова. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012.
3. Постановление Правительства РФ от 16.09.2020 № 1479 (ред. от 21.05.2021) «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации»
4. Вогман, Л. П. Обеспечение пожарной безопасности систем местных отсосов. Расчетные методы / Л. П. Вогман, П. В. Шмурнов // Пожаровзрывобезопасность. – 2008. – Т. 17, № 5. – С. 64–69.
5. Вогман, Л. П. Оценка пожаро- и взрывоопасности систем местных отсосов и способы их очистки / Л. П. Вогман, А. В. Хрюкин // Хлебопродукты. – 2020. – № 7. – С. 43–47.

УДК 621.1

М. А. Салтанова, И. И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

ПРИМЕНЕНИЕ ИНДУКЦИОННОЙ ЗАКАЛКИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация: Объектом исследования является определение оптимальных режимов индукционной закалки токами высокой частоты.

Ключевые слова: индукционная закалка, токи высокой частоты, твердость, нагрев, фазовые превращения.

M. A. Saltanova, I. I. Vedernikova

THE USE OF INDUCTION HARDENING IN THE PROCESSING OF PARTS

Abstract: The object of the study is to determine the optimal modes of induction quenching with high frequency currents.

Keywords: induction hardening, high frequency currents, hardness, heating, phase transformations.

Для нагрева металла электрическим током в настоящее время пользуются преимущественно токами высокой частоты. Индукционный нагрев токами высокой частоты, широко применяемый в настоящее время в различных отраслях промышленности, обеспечивает высокую производительность, экономичность, автоматизацию производства, улучшение условий труда и повышение качества нагреваемых заготовок. Индукционный нагрев с последующей закалкой является одним из наиболее совершенных методов упрочнения стальных деталей. Кроме этого, наиболее часто поверхностной высокочастотной закалке подвергают детали, изготовленные из углеродистой стали с содержанием 0,4 – 0,5 % С. Эти стали после закалки имеют поверхностную твердость HRC 55 – 60. При меньшем содержании углерода такая твердость уже не достигается, а при большем содержании возникает опасность появления трещин в условиях резкого охлаждения водяным душем. Наряду с углеродистыми применяются также низколегированные хромистые, хромоникелевые, хромокремнистые и другие стали.

Сущность индукционного нагрева заключается в следующем. Деталь (заготовка) помещается в переменное магнитное поле проводника, несущего ток промышленной или повышенной частоты. Этот проводник называется индуктором и обычно изготавливается из медных трубок, которые навиваются в виде спиралей круглого или другого сечения (в зависимости от формы нагреваемой детали). Вследствие электромагнитной индукции в детали возникает вихревой ток, который её нагревает.

Ферромагнитные материалы нагреваются в этих условиях также теплом, выделяющимся при перемагничивании заготовки. Количество выделившегося тепла (Q), можно вычислить по формуле Джоуля–Ленца:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot \tau, \text{ Дж};$$

где I – сила тока, А; R – электрическое сопротивление материала заготовки, Ом; τ – время нахождения детали в переменном магнитном поле индуктора, с.

Изменяя силу тока I , можно получить любое количество тепла и, следовательно, любую температуру и любую скорость нагрева.

Возникающие в детали индукционные токи оттесняются к её поверхности. Плотность вихревого тока i_x у поверхности максимальна, как показано на рисунке 1, и убывает по мере приближения к центру детали, подчиняясь экспоненциальному закону (поверхностный эффект):

$$i_x = \frac{i_0}{e^{x/\delta}},$$

где i_x – плотность индукционного тока на глубине x от поверхности детали, А/см²; i_0 – плотность тока на поверхности детали, А/см²; e – основание натурального логарифма ($e = 2,718$); x – расстояние от поверхности детали, см; δ – глубина проникновения вихревого тока в металл, см.

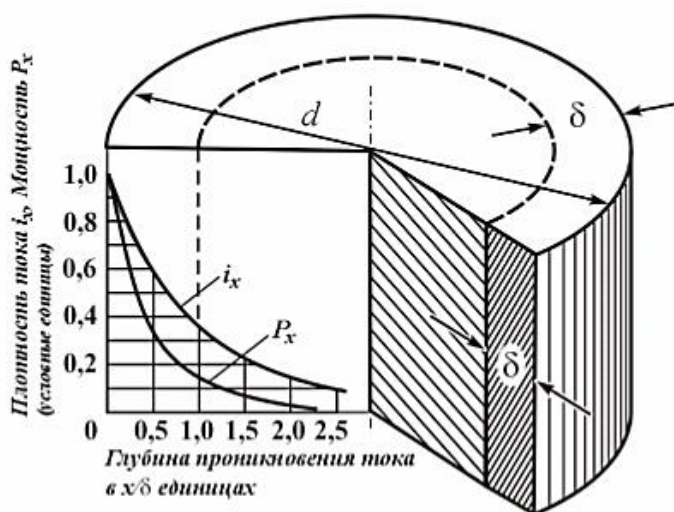


Рис. 1. Плотность ТВЧ i_x и поглощаемая деталью мощность P_x

Для индукционного нагрева при термической обработке используют три частоты:

1) $f = 60\ 000 \dots 80\ 000$ Гц – для деталей диаметром меньше 3 см при источнике тока от ламповых генераторов и тиристорных преобразователей. Большие частоты не применяют, так как они входят в диапазон радиочастот;

2) $f = 1000 \dots 10\ 000$ Гц – для деталей диаметром 3 – 15 см и толщиной нагретого слоя свыше 20 мм. Используются машинные или тиристорные преобразователи;

3) $f = 50$ Гц – для поверхностного нагрева деталей диаметром больше 15 см, а также для сквозного нагрева с питанием от электрической сети.

Для обеспечения требуемой закаливаемости поверхностной закалке ТВЧ подвергают углеродистые и малолегированные стали с содержанием углерода не менее 0,4 %. Чаще всего здесь используют углеродистые стали, такие как сталь 40X, 45X, 45, 55ПП, 60ПП и др. В этих сталях должно быть пониженное содержание таких элементов, как кремний, марганец, хром и никель, которые существенно повышают прокаливаемость стали.

При индукционной поверхностной закалке стали токами высокой частоты (ТВЧ) нагреваются выше критических точек и затем быстро охлаждаются только поверхностные слои детали, а сердцевина детали не испытывает фазовых превращений, т. е. остаётся вязкой (рис. 2). Скорости нагрева металла при поверхностной закалке ТВЧ достигают 500...1000, °C/с. При этом энергия, необходимая для разогрева индуктируется непосредственно в поверхностном слое закаливаемой детали.

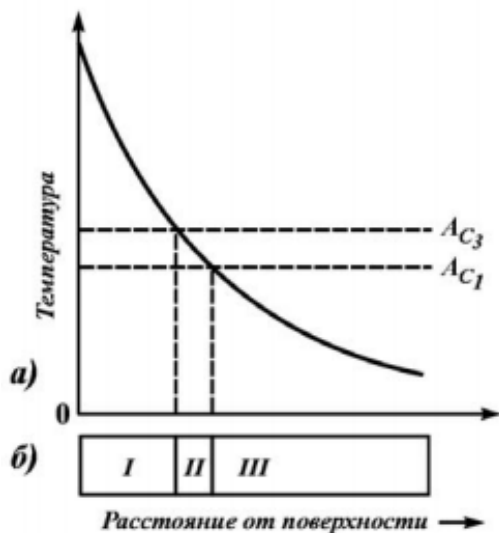


Рис. 2. Распределение температуры по сечению детали при поверхностной закалке (а) и зоны доэвтектоидной стали после закалки (б): I – полная закалка; II – неполная закалка; III – незакалённая зона с сохранившейся исходной структурой

Высокие скорости нагрева при закалке ТВЧ определяют своеобразие превращений в стальных деталях. Они сводятся к следующему:

1. Фазовые превращения протекают практически одновременно во всём слое, соответствующем глубине проникновения вихревого тока, т. к. во всём слое к моменту закалки температура примерно одинакова. В результате уменьшается опасность перегрева и во всём закалённом слое создаются почти одинаковая структура и соответственно одинаковые свойства стали.

2. При большой скорости нагрева диффузионные фазовые превращения смещаются в область более высоких температур, например, процесс превращения феррито-карбидной структуры в аустенит.

При этом возможно смещение окончания перлитно-аустенитного превращения до температур, лежащих выше температуры полиморфного превращения структурно свободного феррита.

Рассматривая проведенные исследования можно сделать вывод о том, что закалка токами высокой частоты вала по сравнению с другими способами термообработки имеет ряд преимуществ, а именно:

- после закалки ТВЧ у детали сохраняется мягкой середина, что существенно повышает ее сопротивление пластической деформации;

- экономичность процесса закалки деталей ТВЧ связана с тем, что нагревается только поверхность или зона, которую необходимо закалить, а не вся деталь;

– при серийном производстве деталей необходимо настроить процесс и далее он будет автоматически повторяться, обеспечивая необходимое качество закалки;

– возможность точно рассчитать и регулировать глубину закаленного слоя;

– непрерывно-последовательный метод закалки позволяет использовать оборудование малой мощности;

– малое время нагрева и выдержки при высокой температуре способствует отсутствию окисления обезуглероживания верхнего слоя и образования окалины на поверхности детали;

– быстрый нагрев и охлаждение не дают большого коробления, что позволяет уменьшить припуск на чистовую обработку.

Наряду со многими преимуществами высокочастотная закалка имеет и недостатки:

– индукционные установки экономически целесообразно применять только при серийном производстве, а для единичного производства покупка или изготовление индуктора невыгодно.

– для некоторых деталей сложной формы производство индукционной установки очень сложно или невозможно получить равномерность закаленного слоя.

Исходя из вышесказанного закалка токами высокой частоты очень хорошо зарекомендовала себя. Это экономический и высокопроизводительный способ термообработки поверхностей вала, обеспечивающий высокую прочность и качество обрабатываемых изделий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закалка ТВЧ [Электронный ресурс].
[https://ru.wikipedia.org/wiki/Закалка_\(металлургия\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Закалка_(металлургия)).

2. Индукционный нагрев [Электронный ресурс].
https://ru.wikipedia.org/wiki/Индукционный_нагрев.

3. Закалка ТВЧ. [Электронный ресурс]. <http://elisit.ru/materiali/zakalka-tokami-vysokoj-chastoty-tvch>.

4. Способ поверхностной закалки токами высокой частоты изделий, снабженных отверстиями. [Электронный ресурс].
<https://yandex.ru/patents/doc/SU53236A119380101>.

УДК 66.021.3

А. Ю. Семёнов¹, Д. Е. Захаров², С. В. Натареев¹

¹Ивановский государственный химико-технологический университет

²Выксунский металлургический завод

РАСЧЕТ КОЛЬЦЕВОГО АДСОРБЕРА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ДИНАМИКИ АДСОРБЦИИ

Аннотация: в статье приводятся методика расчета кольцевого адсорбера, позволяющая определить основные габаритные размеры аппарата и концентрацию раствора на выходе из аппарата в любой момент времени. Результаты расчета сопоставлены с экспериментальными данными.

Ключевые слова: кольцевой адсорбер, методика расчета, выходная кривая ионного обмена.

A. Y. Semenov, D. E. Zakharov, S. V. Natareev

CALCULATION OF THE ANNULAR ADSORBER BASED ON THE MODEL OF ADSORPTION DYNAMICS

Abstract: the article presents a method for calculating the annular adsorber, which allows determining the main overall dimensions of the apparatus and the concentration of the solution at the outlet of the apparatus at any time. The calculation results are compared with experimental data.

Keywords: ring adsorber, calculation method, ion exchange output curve.

В чрезвычайных ситуациях достаточно часто возникают проблемы со снабжением населения, промышленных предприятий, аварийных служб и других потребителей водой из-за ее недостатка или загрязнения токсичными веществами. При организации водоснабжения в чрезвычайных ситуациях следует исходить из потребности одного человека в воде для хозяйственно-питьевых и хозяйственных нужд около 10 литров в сутки или 100 литров в сутки для больного человека, находящегося на стационарном лечении [1, 2]. В случае загрязнения воды предусматривается ее очистка с использованием табельных средств, состоящих на вооружении подразделений МЧС. Для очистки воды от ионов тяжелых металлов успешно применяется метод ионного обмена, позволяющий получить воду, отвечающую требованиям ПДК [3]. Совершенствование оборудования для ионного обмена не возможно без разработки надежных методик их расчета, основанных на современных представлениях о статике, кинетике и динамике процесса.

В работе предложена методика расчета кольцевого адсорбера, схема которого показана на рис. 1. Аппарат работает следующим образом. Исходная вода подается в аппарат через штуцер 7, где проходит через неподвижный кольцевой слой ионита, расположенный между наружным 4 и внутренним 5 перфорированными цилиндрами. Ионит извлекает из воды загрязняющие вещества. Очищенная вода удаляется из аппарата через штуцер 8.

Расчет аппарата основывается на математической модели неравновесной динамики адсорбции без учета продольного перемешивания, которая представлена следующим уравнением:

$$\varepsilon \frac{\partial C}{\partial \tau} + (1 - \varepsilon) \frac{\partial \bar{C}_{cp}}{\partial \tau} + \frac{v_{вх} R_1 \varepsilon}{R_1 - x} \frac{\partial C}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

где C – концентрация раствора, \bar{C}_{cp} – концентрация сорбируемого вещества в ионите; R_1 – радиус внутреннего перфорированного цилиндра, $v_{вх}$ – скорость движения раствора на входе в наружный перфорированный цилиндр, x – координата, τ – время, ε – порозность.

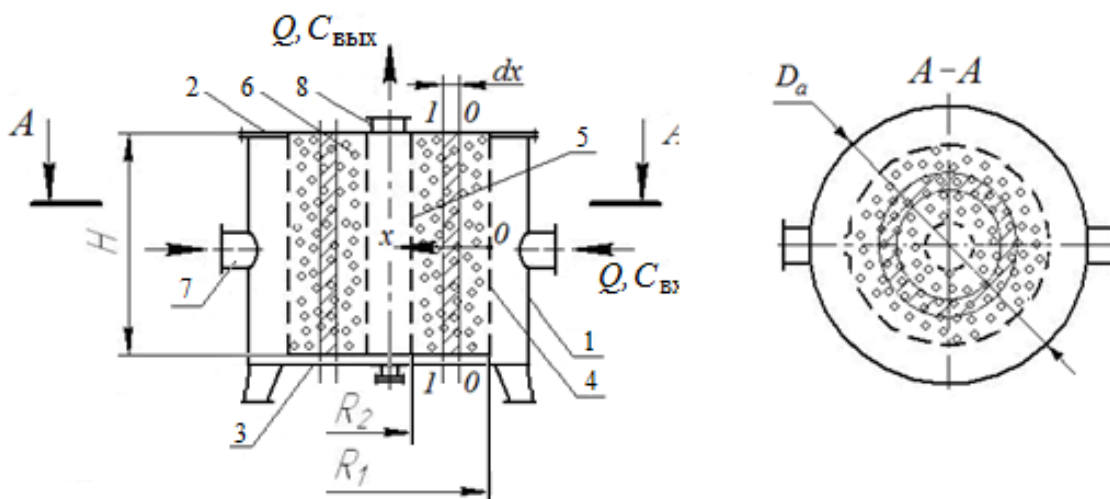


Рис. 1. Схема работы кольцевого адсорбера:

- 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – днище; 4 – наружный перфорированный цилиндр;
- 5 – внутренний перфорированный цилиндр; 6 – ионит; 7 – штуцер для ввода раствора;
- 8 – штуцер для вывода раствора

Для описания равновесия в системе ионит-раствор используется уравнение изотермы адсорбции Ленгмюра:

$$\bar{C}_p = a_0 \frac{kC_p}{1+kC_p}, \quad (2)$$

где a_0 – значение ионообменной адсорбции, k – константа.

В качестве уравнения кинетики используем уравнение диффузии в частице ионита, имеющей форму бесконечного цилиндра:

$$\frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial \tau} = \bar{D}_{\text{эф}} \left[\frac{\partial^2 \bar{C}(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \bar{C}(r, \tau)}{\partial r} \right], \quad (3)$$

где $\bar{D}_{\text{эф}}$ – коэффициент внутренней диффузии, r – радиальная координата.

Уравнение для определения средней концентрации вещества в частице ионита:

$$\bar{C}_{\text{сп}}(\tau) = \frac{2}{r_0^2} \int_0^{r_0} r \bar{C}(r, \tau) dr. \quad (4)$$

Начальные и граничные условия:

$$C(0) = C_0; \quad (5)$$

$$\bar{C}_{\text{сп}}(0) = \bar{C}_{\text{сп},0}; \quad (6)$$

$$\bar{C}(r, 0) = \bar{C}_0(r); \quad (7)$$

$$\frac{\partial \bar{C}(0, \tau)}{\partial r} = 0; \quad \bar{C}(0, \tau) \neq \infty; \quad (8)$$

$$\bar{D}_{\text{эф}} \frac{\partial \bar{C}(r_0, \tau)}{\partial r} = \beta(C - C_p), \quad (9)$$

где β – коэффициент массоотдачи.

Система дифференциальных уравнений (1) – (9) положена в основу методики расчета кольцевого адсорбера, который проводится в следующей последовательности:

Площадь поверхности наружной решетки адсорбера:

$$S_{\text{вх}} = \frac{Q}{v_{\text{вх}}}, \quad (10)$$

Высота неподвижного слоя катионита H :

$$H = \sqrt{\frac{1,25 S_{\text{вх}}}{\pi}}. \quad (11)$$

Диаметр наружной решетки аппарата:

$$D_1 = \frac{H}{1,25}. \quad (12)$$

Толщина неподвижного слоя катионита:

$$h_{\text{сл}} = 0,3D_1. \quad (13)$$

Диаметр аппарата:

$$D_a = 1,2D_1. \quad (14)$$

Высота аппарата:

$$H_1 = 2D_a. \quad (14)$$

Объем сорбента в аппарате:

$$V_1 = \frac{\pi}{4} [D_1^2 - (D_1 - h_{\text{сл}})^2] H_1. \quad (15)$$

Концентрацию сорбируемого вещества в растворе на выходе из аппарата:

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{вх}}(1-\eta). \quad (16)$$

Коэффициент массоотдачи в растворе рассчитываем по уравнению:

$$\beta = 0,7306 \left(\frac{v}{2,6182 - 2\ln\text{Re}} \right)^{\frac{1}{3}} D^{\frac{2}{3}} r_0^{\frac{-2}{3}}, \quad (17)$$

Организуем циклы расчета концентрации раствора по толщине слоя ионита и времени процесса. Блок схема алгоритма расчета кольцевого адсорбера показана на рис. 2.

Для проверки справедливости разработанной методики расчета были проведены экспериментальные исследования процесса ионообменной сорбции ионов меди на модифицированном льняном волокне (МЛВ) [4]. Аппарат имел следующие размеры: диаметр $D_a = 0,2$ м; диаметр наружного перфорированного цилиндра $D_1 = 0,11$ м; диаметр внутреннего перфорированного цилиндра $D_2 = 0,05$ м; высота слоя ионита $H = 0,13$ м; толщина кольцевого слоя ионита $h_{\text{сл}} = 0,03$ м; рабочий объем аппарата $\bar{V} = 9,8 \cdot 10^{-4}$ м³. Для расчеты процесса ионного обмена $\text{Cu}^{2+} - \text{Na}^+$ на МЛВ были использованы следующие параметры: $a_0 = 0,054$ кг-экв/м³; $k = 100$ м³/кг-экв, $d_{\text{ч}} = 2,5 \cdot 10^{-4}$ м; $\bar{D}_{\text{эф}} = 2,21 \cdot 10^{-11}$ м²/с при $C_{\text{вх}} = 0,01$ кг-экв/м³ и $\bar{D}_{\text{эф}} = 1,63 \cdot 10^{-11}$ м²/с при $C_{\text{вх}} = 0,005$ кг-экв/м³.

На рис. 3 приведены в сравнении расчетные и экспериментальные выходные кривые ионного обмена.

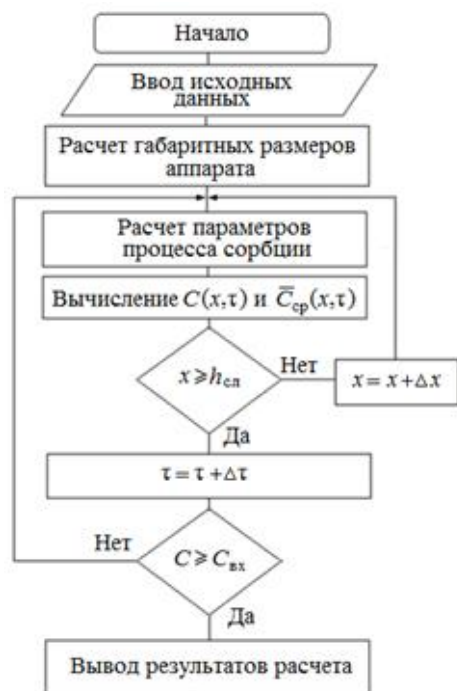


Рис. 2. Структурная блок-схема алгоритма расчета кольцевого адсорбера

Как видно из рис. 3, расчетные и экспериментальные выходные кривые удовлетворительно согласуются между собой. Погрешность составляет в среднем 15 %. Следовательно, разработанная методика расчета может быть рекомендовано в инженерной практике.

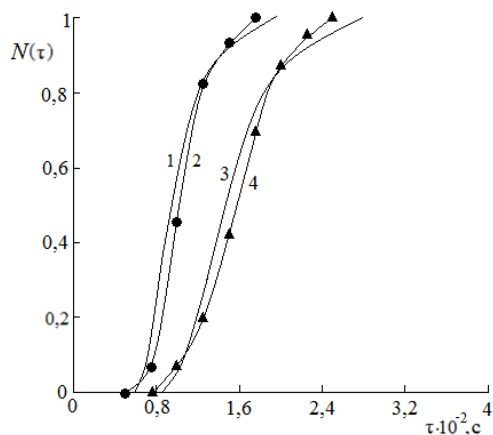


Рис. 3. Сравнение расчетных (1, 3) и экспериментальных (2, 4) выходные кривые ионного обмена $\text{Cu}^{2+} - \text{Na}^+$ в аппарате с кольцевым слоем МЛВ: $Q = 4,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$; $C_{\text{вх}} \cdot 10^2, \text{ кг-экв}/\text{м}^3$:
1 – 1; 2 – 0,5

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гражданская защита: Энциклопедия в 4 томах. Том I (А–И); под общей редакцией В.А. Пучкова; МЧС России. - М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. - 666 с..
2. Дорошевич В.И., Ширко Д.И., Бурак И.И., Пахирко. Основы военной гигиены: учеб. пособие; под ред. В.И. Дорошевича. - Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2014. - 190 с.
3. Иониты в химической технологии / Отв. ред. Б.П. Никольский и П.Г. Романков. – Л.: Химия, 1982. – 416 с.
4. Захаров Д.Е. Равновесие и кинетика ионного обмена на модифицированных целлюлозосодержащих адсорбентах // Д.Е. Захаров, А.А. Быков, Е.А. Дубкова и др. // Междунар. науч.-практич. конф., посвященная 50-летию Нижнекамского хим.-технол. института «Проблемы и перспективы развития химии, нефтехимии и нефтепереработки»: материалы в 2-х т. Т. 1. – Нижнекамск: Нижнекам. хим.-технол. институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский университет», 2014. – С. 259 – 263.

УДК 621.1

П. И. Синодеева, И. И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

ГИДРОАБРАЗИВНАЯ РЕЗКА В УСЛОВИЯХ МЕЛКОСЕРИЙНОГО И ЕДИНИЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация: рассматриваются современные способы обработки материала, сравниваются два метода – самый прогрессивный – гидроабразивная резка и ручной метод с помощью гильотинных ножниц.

Ключевые слова: обработка листового материала, гидроабразивная резка, гильотинные ножницы, лазерная резка, плазменная резка.

P. I. Sinodeeva, I. I. Vedernikova

WATERJET CUTTING IN CONDITIONS OF SMALL-SCALE AND SINGLE PRODUCTION

Abstract: the article discusses modern methods of material processing, compares two methods – the most progressive – waterjet cutting and manual method using guillotine scissors.

Keywords: sheet material processing, waterjet cutting, guillotine shears, laser cutting, plasma cutting.

В современном мире есть множество способов обработки листового материала. Одни из самых распространённых методов – это лазерная, плазменная и гидроабразивная резка металла, а также до сих пор на предприятиях используется ручная резка металла с помощью гильотинных ножниц.

Лазерная резка – технология резки и раскроя материалов, использующая лазер высокой мощности и обычно применяемая на промышленных производственных линиях. Сфокусированный лазерный луч, обычно управляемый компьютером, обеспечивает высокую концентрацию энергии и позволяет разрезать практически любые материалы независимо от их теплофизических свойств. В процессе резки, под воздействием лазерного луча материал разрезаемого участка плавится, возгорается, испаряется или выдувается струей газа. При этом можно получить узкие резы с минимальной зоной термического влияния.

Процесс плазменной резки – это метод термической резки. Это означает, что для плавления металла используется тепло, а не механическая сила. Принцип плазменной резки основан на свойстве воздуха в состоянии ионизации становиться проводником электрического тока. Плазморез создаёт в плазмотроне

плазму (ионизированный воздух, разогретый до высокой температуры) и сварочную дугу, которые осуществляют раскрой материала.

Гидроабразивная резка – вид обработки материалов резанием, где в качестве режущего инструмента вместо резца используется струя воды или смеси воды и абразивного материала, выпускаемая с высокой скоростью и под высоким давлением. В природе подобный процесс, протекающий естественным образом, называется водной эрозией.

Ручная резка металла с помощью гильотинных ножниц. Гильотинные ножницы – это станок, предназначенный для резки металлических листовых заготовок. Резка листа представляет собой рассекание металла по линии смыкания подвижного верхнего ножа и неподвижного нижнего. Линия реза – прямая. В зависимости от типа привода верхнего лезвия гильотинные ножницы бывают ручными, электроприводными (электромеханическими) и гидравлическими.

В данной статье сравниваются два способа раскроя металла – резка гильотинными ножницами, и самый прогрессивный – гидроабразивная резка металла. Ручная резка на гильотинных ножницах происходит в несколько этапов:

1 этап: Разметка листа

Для того, чтобы вырезать контур детали необходимо произвести разметку габаритов детали (рис. 1). Слесарный инструмент, который используется для разметки и обрезки металла представлен на рис. 2.



Рис. 1. Разметка листа



Рис. 2. Слесарный инструмент

2 этап: Обрезка габаритов детали

После того, как слесарь разметил габариты – необходимо вырезать деталь на гильотинных ножницах (рис. 3).

3 этап: Доработка детали

После того как контур детали был вырезан её необходимо опилить и доработать согласно чертежу. Если, например, при на других методах можно сразу выполнить отверстия, то при работе вручную необходимо будет разметить и просверлить их.

В условиях мелкосерийного и единичного производства также используют гидроабразивную резку металла. Данный метод намного экономит время по сравнению с резкой вручную и его процесс намного проще. Для того, чтобы вырезать контур детали необходимо начертить её развертку в программе, запустить станок (рис. 4) и дождаться окончания операции (рис. 5).



Рис. 3. Гильотинные ножницы



Рис. 4. Гидроабразивный станок



Рис. 5. Полученные детали

После того, как заканчивается резка металла деталь отправляется рабочему для дальнейшей обработки: снятие заусенцев и доработки согласно чертежу.

Гидроабразивная резка считается одним из самых прогрессивных методов обработки металла по качеству получаемого среза. Такая резка позволяет раскроить листы металла на детали любой сложности и формы с высокой точностью, а также разрезать металлические заготовки толщиной до 200 мм. При гидроабразивном методе раскрой металла осуществляется с помощью тонкой струи воды, смешанной с абразивными частицами, которая поддается под давлением около 4000 атмосфер через узкое сопло диаметром до 0,4 мм. В результате скорость водяной струи при соприкосновении с поверхностью металла достигает звуковых и даже сверхзвуковых значений, что обеспечивает быструю резку и сравнительно гладкую поверхность реза.

В заключении можно сказать, что гидроабразивный метод раскроя металлических заготовок во многом выигрывает у других методов резки как по качеству, так и по эффективности. По сравнению с ними он обладает следующими преимуществами.

По сравнению с лазерной резкой:

- толщина металла, который можно разрезать, в 10 раз больше (20 мм у лазерной раскройки и 200 мм у гидроабразивной);
- нет температурной деформации и оплавления кромки металла;
- высокая скорость резки разных металлов за счет одинаковых настроек и использования одного и того же расходного материала;
- не нужна шлифовка или полировка края реза;
- возможность раскроя меди, латуни и других отражающих металлов.

По сравнению с гильотинной рубкой металла:

- изготовление деталей сложной формы, в том числе и с минимальным радиусом скругления;

- нет механической деформации раскраиваемых деталей;
- более высокая точность реза;
- большая толщина разрезаемого металла.

По сравнению с плазменной резкой:

- ровная кромка, на которой не образуется грат;
- можно обрабатывать любые материалы, а не только токопроводящие;
- более эффективная раскройка деталей с большой кривизной контура;
- не нужна шлифовка или полировка края реза;
- большая толщина разрезаемого металла;
- нет риска структурных изменений металла и появления микротрещин.

Гидроабразивная резка – это универсальный метод, который подходит практически для любой металлообработки. Фактически, у него только два недостатка – меньшая скорость резки тонких листов металла и сравнительно высокая стоимость за счет большого расхода абразива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазерная резка [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Лазерная_резка
2. Как работает плазменная резка? Преимущества и недостатки [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.stankoff.ru/blog/post/286>
3. Гидроабразивная резка [Электронный ресурс]: Режим доступа: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Гидроабразивная_резка

УДК 621

А. С. Смирнова, Н. А. Кропотова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ТРЕБОВАНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА И БЕЗОПАСНОГО ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ, СВЯЗАННЫХ С РЕМОНТОМ И ТЕХНИЧЕСКИМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ

Аннотация: в статье приводится обзор статистических данных производственного травматизма как в России, так и подразделениях пожарной охраны, на основании которого приводятся основные причины, послужившие обстоятельствами несчастных случаев при осуществлении работ, связанных с ремонтом и техническим обслуживанием пожарной техники. Авторы подтверждают эффективность внедряемых измене-

ний в области охраны труда, которые направлены на повышение квалификации работников и сотрудников пожарной охраны в том числе.

Ключевые слова: охрана труда, ремонт техники, машины и механизмы, правила охраны труда, изменения законодательства по охране труда, безопасность труда, профессиональный риск.

A. S. Smirnova, N. A. Kropotova

REQUIREMENTS OF LABOR PROTECTION AND SAFE PRODUCTION OF WORKS RELATED TO THE REPAIR AND MAINTENANCE OF FIRE EQUIPMENT

Abstracts: the article provides an overview of the statistical data of occupational injuries both in Russia and in fire protection units, based on which the main reasons that served as the circumstances of accidents during the work related to the repair and maintenance of fire equipment are given. The authors confirm the effectiveness of the implemented changes in the field of labor protection, which are aimed at improving the skills of workers and fire protection officers, including.

Keywords: labor protection, repair of machinery, machinery and mechanisms, labor protection rules, changes in labor protection legislation, labor safety, and occupational risk.

Использование различных технических систем нового поколения не имеет смысла без использования специальных мер безопасности и требований охраны труда. Несмотря на то, что охрана труда планомерно переходит на риск-ориентированный подход с 2021 года, сохранение жизни и здоровья работников и сотрудников имеет первоочередную роль в формировании приоритетных направлений деятельности. Для осуществления данного подхода Министерством труда и социальной защиты РФ проведена колоссальная работа по изменению нормативной базы и внесению изменений в законодательную базу, приняты и опубликованы нормативные документы Ростехнадзора РФ, МЧС России, а также других Министерств и ведомств.

Основными причинами несчастных случаев на производстве в России за 2021 г., связанных с техническим обслуживанием и ремонтом техники, выявленные в ходе расследований несчастных случаев на производстве (рис. 1) оказались:

- конструктивные недостатки и недостаточная надежность машин, механизмов, оборудования;
- эксплуатация неисправных машин, механизмов, оборудования;
- неудовлетворительное состояние технических систем;
- нарушение технологического процесса;
- нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств;
- износ оборудования в процессе длительной эксплуатации;
- неудовлетворительная организация производства работ;
- неудовлетворительное содержание и недостатки в организации рабочих мест;
- недостатки в организации и проведении подготовки работников по охране труда;
- неприменение работником средств индивидуальной защиты;

- использование пострадавшего не по специальности;
- нарушение работником трудового распорядка и дисциплины труда;
- производственные дефекты оборудования, приводящие к механическим повреждениям, разрушениям оборудования и возможному возгоранию;
- прочие причины, квалифицированные по материалам расследования несчастных случаев.

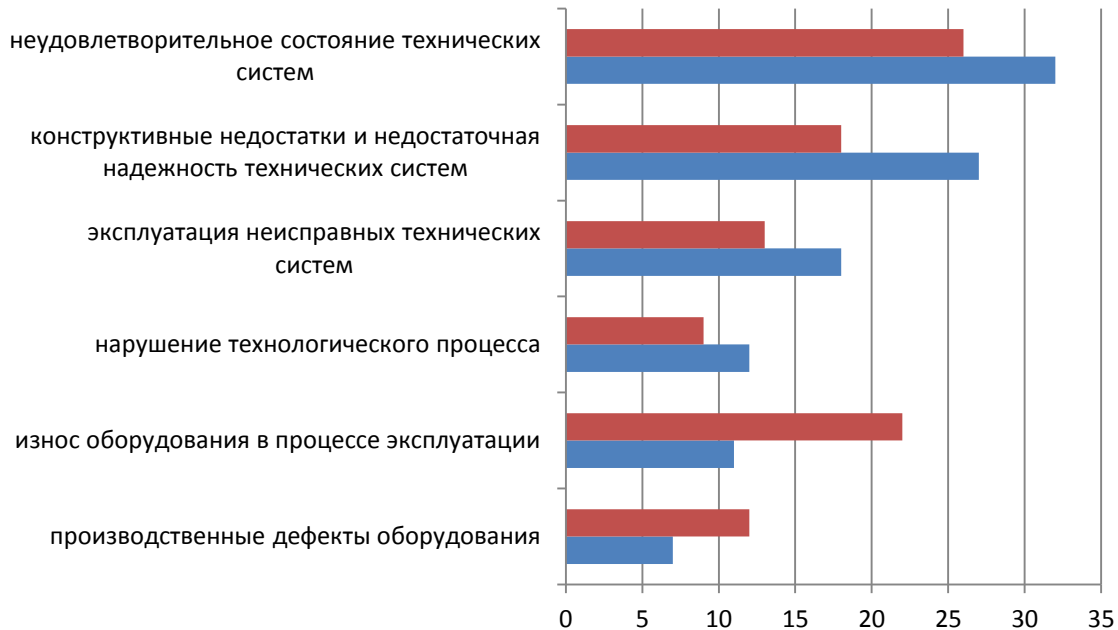


Рис. 1. Основные причины несчастных случаев на производстве, связанных с надежностью технических систем в 2021 г. [1]

Проанализировав статистические данные несчастных случаев за последние года (рис. 1) выявлено, что наибольший вклад в причины несчастных случаев на производстве составила – неудовлетворительное состояние технических систем, используемых в производственной деятельности 23,7 %.

Опасность заключается не только в непредусмотренных (нагрузочных, перегрузочных, аварийных, др.) режимах работы различных систем, которые могут привести к катастрофическим последствиям как для руководителя, так и для работника (работников) приводя к различным производственным травмам [1]. Действительно изменяются механизмы управления, контроля и мониторинга в области охраны труда, по сути реализуется риск-ориентированный подход. Несмотря на то, что гибель работников и его травматизм за последние годы периодически снижается по России. Что касается личного состава системы МЧС России картина совершенно иная (рис. 2). Управлением стратегического планирования и организационной работы ежеквартально проводится обзор травматизма личного состава в системе МЧС России, поясним что за 2021 год произошел рост несчастных случаев, что лишней раз заставляет принимать эффективные меры по предупреждению не только травматизма личного состава, но и предупреждения его гибели.

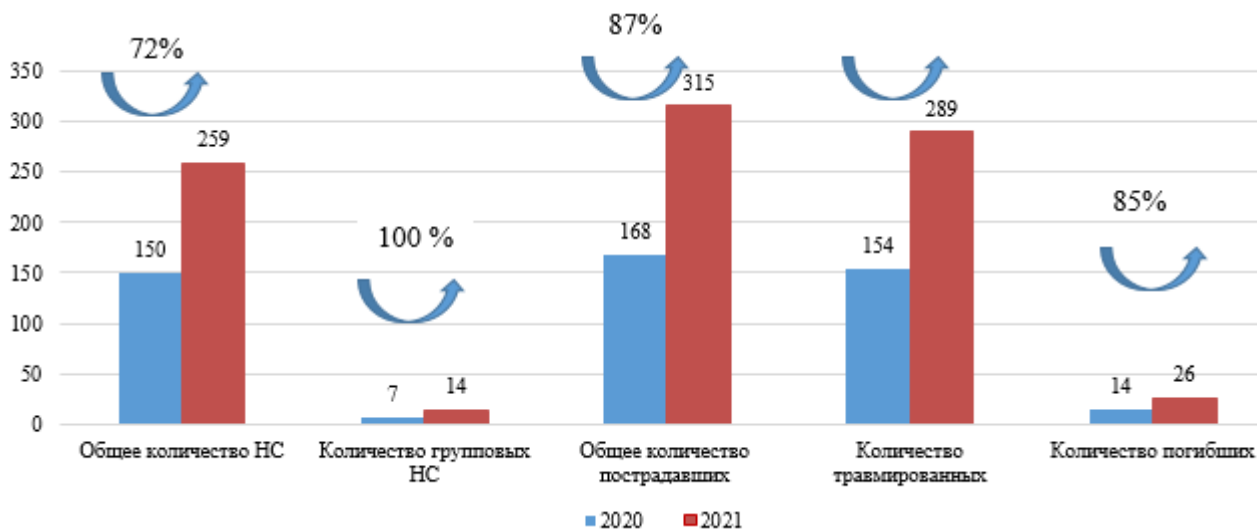


Рис. 2. Анализ травматизма и гибели личного состава МЧС России за 2021 год

42 % от числа всех несчастных случаев произошли с сотрудниками МЧС России и связаны с действиями по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ, так как высока вероятность воздействия опасных производственных факторов при выполнении профессиональной деятельности. Основные причины связаны с обстоятельствами имеющими низкие знания:

- правил дорожного движения;
- правил по охране труда при осуществлении работ на высоте;
- правил электробезопасности и требований охраны труда при работе с электрооборудованием и электроинструментом;
- правил по охране труда при работе с транспортом и требований охраны труда при организации и осуществлении работ с использованием машин и механизмов;
- требований охраны труда при организации и осуществлении работ, связанных с тушением пожара и проведением аварийно-спасательных и других неотложных работ;
- требований охраны труда использованием машин и механизмов [2].

Основные причины травматизма по данным здравоохранения за истекший период 2021 г. остаются:

- падение с высоты в том числе на ровной поверхности;
- воздействие вращающихся предметов и механизмов, деталей машин [3];
- дорожно-транспортные происшествия;
- падение и обвалы предметов на человека, обрушение материалов, земли, пр.

Среди распространенных факторов, которые вызывают смертельные случаи, вызваны в том числе недостаточностью профессиональной подготовки сотрудников по охране труда, нарушение технологического процесса, невыполнение или пренебрежение выполнением требований охраны труда личным составом.

Для предотвращения аварийных ситуаций и повышения квалификации работников организаций в области пожарной и техносферной безопасности, в подготовке молодых специалистов имеется такое направление как охрана труда. Данная подготовка способна обеспечить развитие представлений по следующим направлениям:

- идентификация рисков на производстве, для реализации которой необходима база показателей, критериев или факторов по которым можно их обнаружить;
- оценка выявленных рисков;
- перечень методов (методик, технологий) оценки различных систем;
- фундаментальные знания о поведении различных материалов образующих техническую систему при воздействии различных факторов (низкая или высокая температура, низкое или высокое давление, влажность, кислотность среды, износ деталей, др.).

Стоит отметить действие приказа Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 11 декабря 2020 г. N 833н «Правила по охране труда при размещении, монтаже, техническом обслуживании и ремонте технологического оборудования», которые устанавливают государственные нормативные требования охраны труда при проведении основных технологических операций и работ, связанных с размещением, монтажом, техническим обслуживанием и ремонтом машин и механизмов, устройств и другого оборудования. На основании которого работодатель создает безопасные рабочие места в том числе при организации ремонтных работ и технического обслуживания техники и оборудования.

Известно, что на практике требования к пожарной технике имеют повышенные требования, в сравнении в аналогичной, но которая имеется в автомобильном парке любого производства или предприятия. Пожарная техника каждый раз при заступлении на боевой дежурство проходит контрольный осмотр. Техническое обслуживание данной техники просто необходимо и для того, чтобы убедиться в работоспособности имеющегося пожарно-технического вооружения, безопасных условиях расположения оборудования, др.

Таким образом, работодатель при организации безопасных рабочих мест, на которых выполняются работы, связанные с техническим обслуживанием, и ремонтом техники, в том числе пожарной техники должен учесть новые изменения в законодательстве, которые являются его обязанностями, а именно:

- организация безопасных рабочих мест;
- профилактика микротравм;
- информирование работников и сотрудников по охране труда;
- набор квалифицированного персонала и своевременное обучение сотрудников;
- профилактика травматизма и профессиональных заболеваний.

Что касается новой редакции раздела X Трудового Кодекса Российской Федерации, то необходимо оперативно привести систему управления охраной труда в соответствие с новыми требованиями и обеспечить себе большую самостоятельность в этой области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистика травматизма на производстве. [Электронный ресурс] URL: <https://www.centrattek.ru/info/statistika-proizvod-travmatizm-po-miru-rossija/>
2. Решетова Е.Ю., Кропотова Н.А. Надежность работоспособности механических систем как показатель охраны труда // 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. 84 – 87.

3. Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 74 – 78.

УДК 620.178

Д. А. Тарасова, В. П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ТЕХНИКИ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация: материал статьи затрагивает актуальный вопрос продления срока службы узлов, агрегатов и деталей пожарных автомобилей; особое внимание, в материале статьи, уделяется механическим способам повышения долговечности деталей пожарной техники; проведен обзор современных способов повышения долговечности деталей машин.

Ключевые слова: пара трения, интенсивность изнашивания, механическая обработка, поверхностное упрочнение, долговечность, работоспособность.

D. A. Tarasova, V. P. Zarubin

INCREASING THE DURABILITY OF FIRE EQUIPMENT PARTS WITH THE HELP OF MODERN METHODS OF MECHANICAL PROCESSING

Abstract: the material of the article touches on the topical issue of extending the service life of components, aggregates and parts of fire trucks; special attention is paid in the material of the article to mechanical methods of increasing the durability of fire equipment parts; a review of modern ways to increase the durability of machine parts is carried out.

Keywords: friction pair, wear intensity, mechanical treatment, surface hardening, durability, operability.

Выполнение боевых задач подразделениями пожарной охраны не возможно без использования мобильных средств пожаротушения. В настоящее время все пожарно-спасательные части имеют в своем составе пожарные автомобили для решения оперативных задач. Стоит отметить, что не только наличие автомобиля обеспечивает своевременное и качественное выполнение по-

ставленной задачи, но и его работоспособность. Как известно работоспособность машины – это ее способность выполнять заданные функции и сохранять свои параметры в пределах, установленных нормативно-технической документацией. Пределы нагрузок в которых может работать пожарный автомобиль устанавливает производитель в зависимости от множества факторов. В прямой зависимости с работоспособностью узлов и агрегатов пожарной техники находится их долговечность, т.е. свойство автомобиля или его составной части сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта. Как видно из определений увеличение долговечности деталей машин позволит не только обеспечить требуемую работоспособность, но и увеличить ее. Таким образом повышение долговечности деталей пожарных автомобилей является актуальной задачей.

В настоящее время существует множество направлений в области повышения долговечности. Все эти направления условно можно разделить на две группы. В первую группу можно отнести способы увеличения долговечности на этапе производства деталей или в процессе проведения ремонтных операций, а во вторую группу можно отнести способы увеличения долговечности в процессе эксплуатации машины или механизма. В настоящей работе уделим особое внимание способам увеличения долговечности деталей пожарных автомобилей в процессе их изготовления или в процессе проведения ремонтных операций. Для этого рассмотрим один из важных агрегатов пожарных автоцистерн это пожарный насос. В пожарной автоцистерне насос занимает очень важное место и от исправности его работы напрямую зависит результат выполнения боевой задачи. Анализ причин выхода из строя пожарных насосов позволяет сделать заключение, что одной из поломок является нарушение плотности подвижных соединений. Шейки валов в местах контакта с манжетными уплотнениями изнашиваются и требуют ремонта или замены детали целиком (рисунок 1).



Рис. 1. Следы износа на шейках валов

Замена детали требует определенных финансовых вложений и может потребовать дополнительного времени из-за отсутствия деталей и перебоев в поставках. Поэтому ремонтирование вышедших из строя валов является хорошей альтернативой их замене на новые.

Технология восстановления изношенных шеек валов включает в себя несколько технологических операций. Одной из первых является наплавка изношенного участка вала до необходимого размера с припуском на механическую обработку. Эта операция может быть выполнена с помощью электродуговой сварки плавящимся электродом. Для качественного проведения наплавки подбирается материал электродов, обеспечивающих наплавку слоя с требуемой твердостью. Указанный способ наплавки относительно прост в исполнении и не требует дорогостоящего специализированного оборудования.

Вторым этапом следует механическая обработка посадочного места под манжетное уплотнение. Эта операция может состоять из различного количества этапов. Количество этапов напрямую влияет на результат обработки, а именно на качество получаемой поверхности. Целью, которую преследуют операции по восстановлению изношенных шеек валов, является получение восстановленной поверхности с механическими параметрами, не уступающими поверхности новой детали. Твердость поверхности и ее шероховатость должны находиться в требуемых пределах. Вывести шероховатость на заданный уровень возможно с помощью механической обработки такой как чистовое точение или шлифование. Обеспечение нужной твердости достигается подбором материала электрода для наплавки. Однако стоит отметить, что не всегда вопрос обеспечения необходимой твердости поверхности можно решить подбором марки электродов. В этом случае требуется проведение дополнительных этапов механической обработки.

В область механической обработки, оказывающей влияние на твердость обрабатываемой поверхности попадают способы обработки основанные на уплотнении поверхностного слоя обрабатываемой детали. Они основаны на пластической деформации поверхностных слоев детали.

В настоящее время известны методы обкатки поверхностей деталей роликами, чеканка поверхности и алмазное выглаживание. Из выше перечисленных способов упрочнения поверхностного слоя обрабатываемой детали чеканка является одним из наиболее сложных из-за необходимости применения специализированного чеканного пружинно-кулачкового механизированного приспособления (рисунок 2).

Обкатка роликом и алмазное выглаживание требует применения менее сложных по конструкции приспособлений (рисунок 3, 4).

Однако стоит отметить, что в этом случае «простота» приспособлений для поверхностного упрочнения не снижает эффективности проводимой обработки.

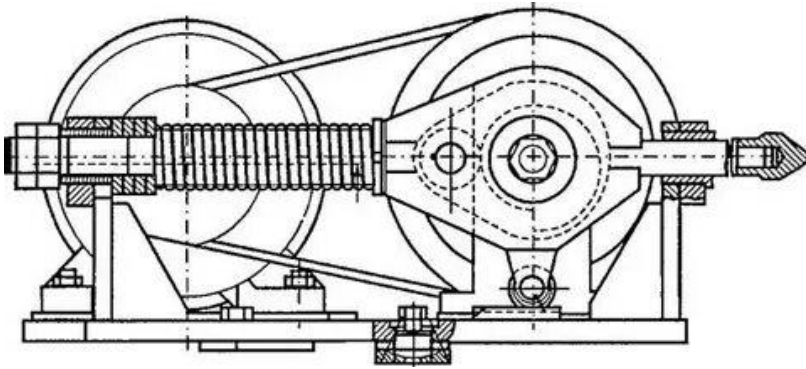


Рис. 2. Схема чеканного пружинно-кулачкового механизированного приспособления

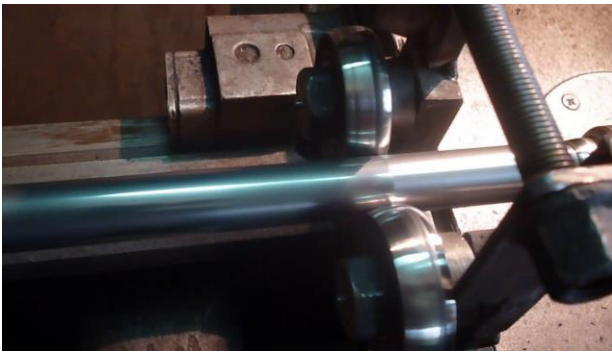


Рис. 3. Общий вид приспособления для обкатки вала роликами

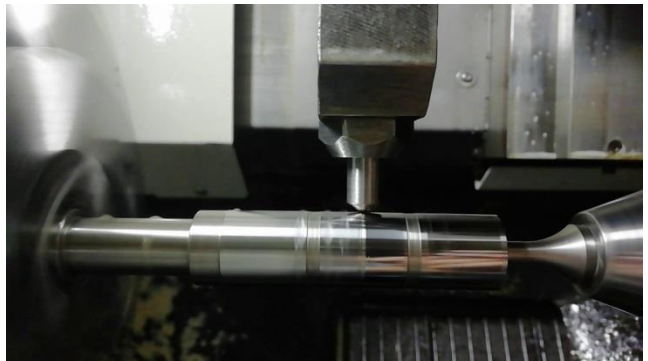


Рис. 4. Общий вид приспособления для алмазного выглаживания

Изучение технологии обкатки деталей роликами и алмазное выглаживание, а также результаты обработки и влияние ее на поверхностную твердость и износостойкость позволяет сделать заключение о том, что алмазное выглаживание оказывает большой положительный эффект на механические и триботехнические свойства обрабатываемой детали. Принцип обработки заключается в действии специального инструмента по радиальному направлению к обрабатываемой детали. За счет силы прижатия алмазного выглаживателя к обрабатываемой поверхности возникают контактные давления деформирующие поверхностный слой металла. Увеличение силы прижатия повышает давление на поверхность тем самым сильнее ее деформируя. В результате обработки микронеровности поверхности выравниваются, шероховатость снижается (рисунок 5).

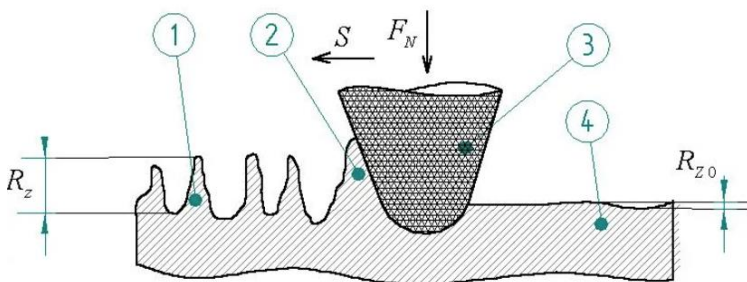


Рис. 5. Деформирование поверхности при алмазном выглаживании:
1 – микронеровности исходной поверхности, 2 – наплыв, 3 – выглаживатель, 4 – поверхность после выглаживания

Одним из показателей положительного действия алмазного выглаживания является повышение микротвердости обработанной поверхности. Анализ изменения показаний микротвердости показывает ее увеличение на 30 – 50 единиц. Стоит отметить, что добиться значительного увеличения износостойкости поверхности увеличением микротвердости в указанных пределах не представляется возможным. Поэтому алмазное выглаживание применяют в совокупности с термической обработкой. В этом случае микротвердость поверхности повышается в 1,5 – 2 раза. На рисунках 6 – 8 представлены значения микротвердости образцов из различной стали с различной комбинацией обработок.

Анализируя результаты измерений можно сделать заключение, что на всех представленных марках сталей максимальное значение микротвердости достигается последовательным применением термообработки и алмазным выглаживанием. Стоит отметить, что процент повышения микротвердости практически одинаковый у исследованных марок сталей.

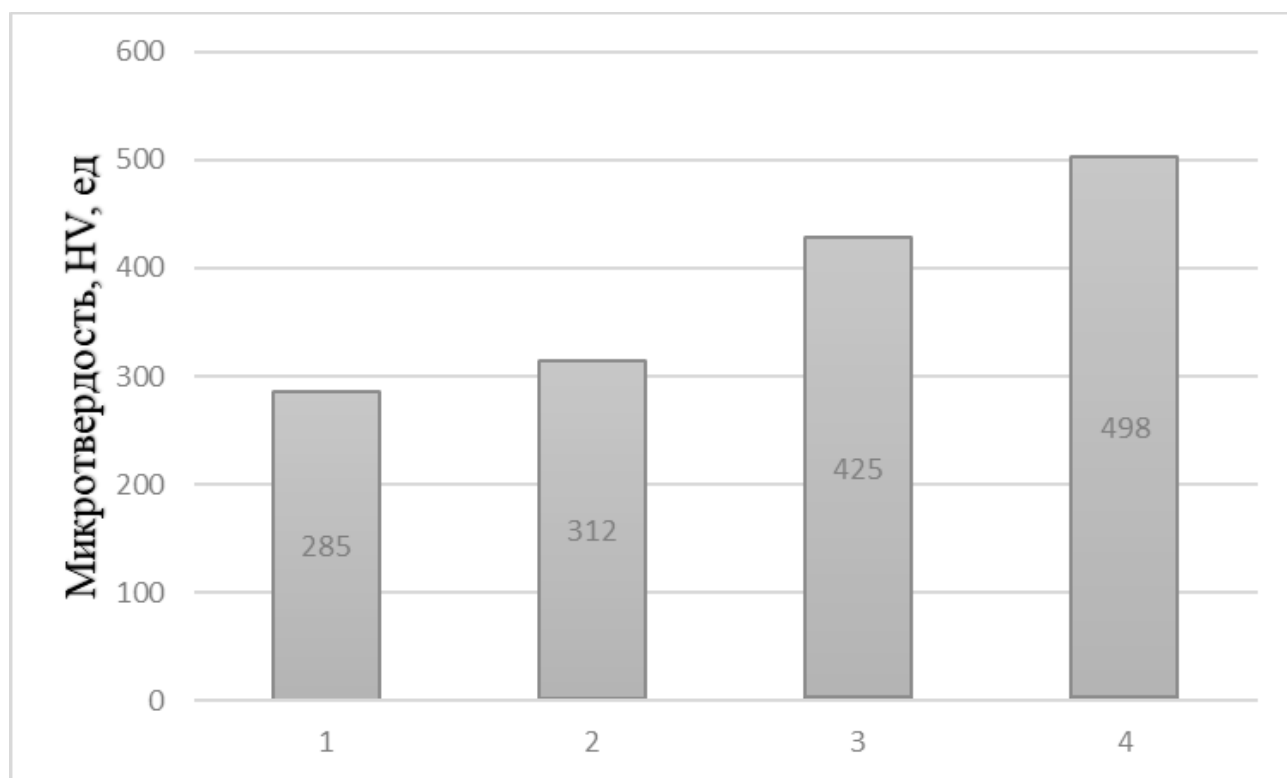


Рис. 6. Зависимость изменения микротвердости HV в зависимости от способа обработки стали 12X18H10T:
1 – точение без термообработки, 2 – точение + алмазное выглаживание,
3 – термообработка, 4 – термообработка + алмазное выглаживание

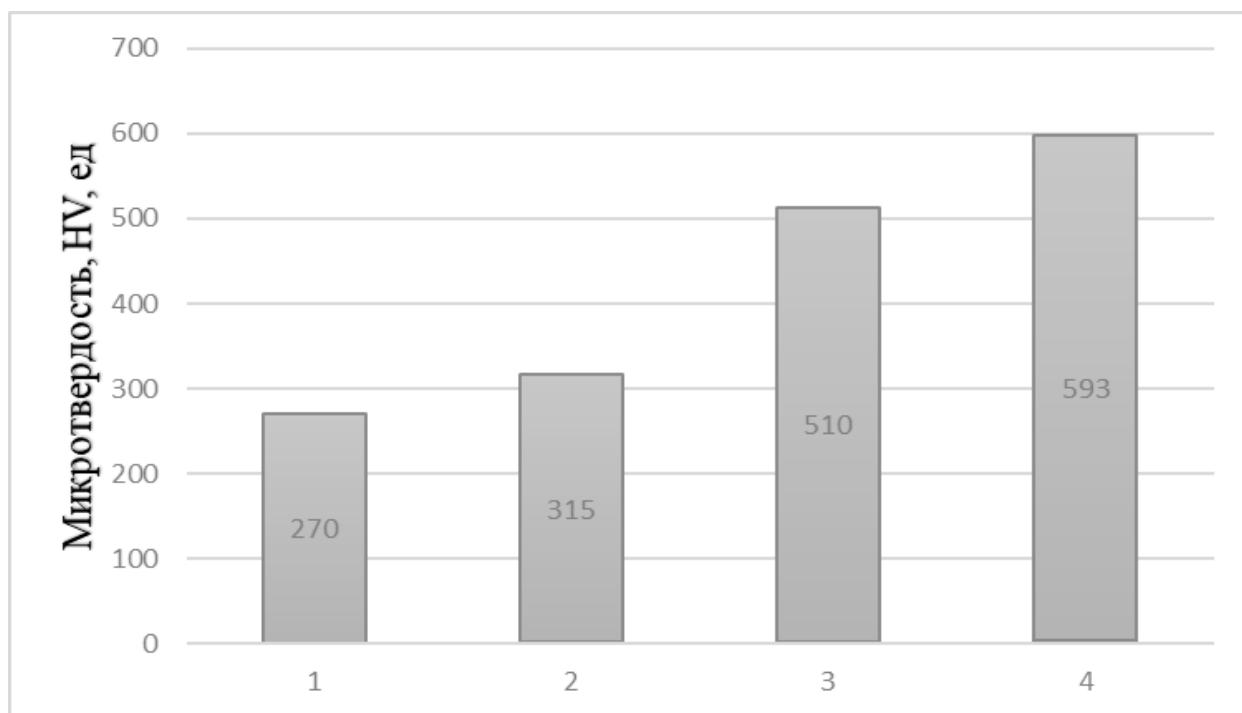


Рис. 7. Диаграмма изменения микротвердости HV в зависимости от способа обработки стали 40X13: 1 – точение без термообработки, 2 – точение + алмазное выглаживание, 3 – термообработка, 4 – термообработка + алмазное выглаживание

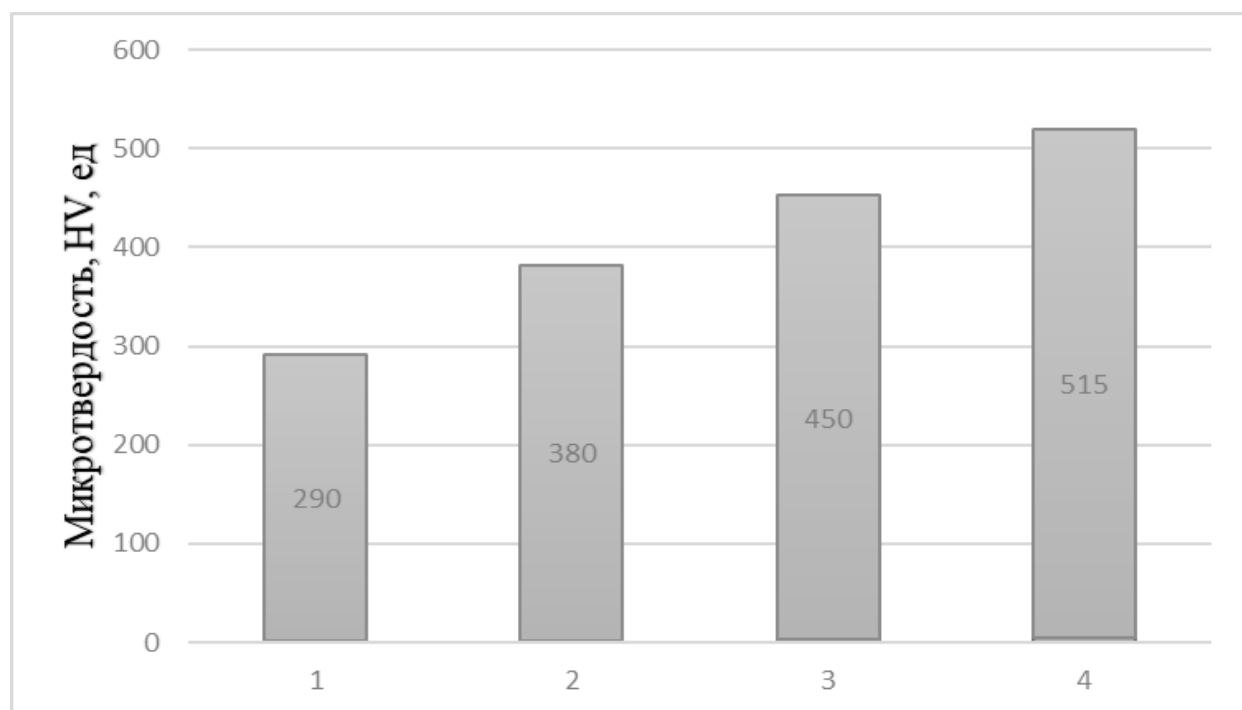


Рис. 8. Диаграмма изменения микротвердости HV в зависимости от способа обработки стали 45: 1 – точение без термообработки, 2 – точение + алмазное выглаживание, 3 – термообработка, 4 – термообработка + алмазное выглаживание

Таким образом можно сделать заключение, что способ механической обработки влияет на свойства поверхности деталей. Применение в качестве финишной обработки алмазного выглаживания позволит снизить шероховатость поверхностного слоя упрочнив его. Это положительно отразится на стойкости материала деталей к износу и как следствие увеличит их долговечность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Папшев, Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1968. – 178 с.
2. Волков А.В., Чернышев С.А. Различные способы модификации поверхностей проточной части динамических насосов с целью повышения их эксплуатационных качеств // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез. докл. двенадцатой Междунар. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. - М., 2006. - Т. 3. – С. 281-282.
3. Сорокин, В.М. Повышение качества поверхности и долговечности деталей машин ударно-импульсной и комбинированной обработкой / В.М. Сорокин.- Н.Новгород: АТМ, 1996. - 246 с.
4. Торбило В.М. Алмазное выглаживание. – М.: Машиностроение, 1972 – 105 с.
5. Маршаков И.К. Термодинамика и коррозия сплавов. – Воронеж, 1983. 167 с.

УДК 629.4.028.8:004.053

В. А. Татаринцев

Брянский государственный технический университет

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЗА СЧЕТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТАЛИ

Аннотация: В статье показано, что для снятия эффекта утраты под действием эксплуатационной нагруженности первоначальных прочностных свойств материала (деградации) корпусных деталей и повышения их трещиностойкости рекомендуется применять после определенной наработки термическую обработку.

Ключевые слова: деформация, деградация, термообработка, трещиностойкость.

V. A. Tatarintsev

ENSURING RELIABILITY BY RESTORING THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF THE PART

Abstract: The article shows that in order to remove the effect of loss under the action of operational loading of the initial strength properties of the material (degradation) of

body parts and increase their crack resistance, it is recommended to apply heat treatment after a certain operating time.

Keywords: deformation, degradation, heat treatment, crack resistance.

Эффективным методом устранения охрупчивающего воздействия на металл детали (деградации) эксплуатационной нагруженности может стать термическая обработка, проводимая при температуре полной перекристаллизации структуры металла деталей. Нами проведено исследование по выбору режима термообработки для снятия эффекта охрупчивания материала корпуса автосцепок под действием эксплуатационной нагруженности. Ранее [1] было предложено применять термоулучшение (нагрев до температуры 900...920 °С с выдержкой 2 часа и охлаждением в воде, имеющей температуру 20...30 °С) и высокий отпуск (нагрев до температуры 600...620 °С с выдержкой 4 часа) для снятия эффекта охрупчивания металла автосцепок и повышения их прочности до требуемого уровня. В результате применения вышеуказанной термообработки нагрузка, соответствующая текучести, и разрушающая нагрузка несколько повысились (таблица 1).

Таблица 1. Результаты испытаний автосцепок на статическое растяжение

Срок службы, год	Смещение осей, мм	Число испытанных автосцепок		Средние значения нагрузки			
				Нагрузка текучести, кН		Разрушающая нагрузка, кН	
		Без термоулучшения	Термоулучшение	Без термоулучшения	Термоулучшение	Без термоулучшения	Термоулучшение
10	50	2	6	2180	2620	2710	3460
20	50	2	6	1700	1910	2570	2900
30	50	2	6	1500	2130	2270	3170

Анализ приведенных значений показывает, что нагрузка текучести для автосцепок, находившихся в эксплуатации свыше 15 лет, несмотря на некоторое увеличение, все же ниже требуемого уровня (2500 кН при смещении 50 мм). Увеличение разрушающей растягивающей силы также невелико (не более, чем в 1,4 раза).

При полном визуальном осмотре всех автосцепок, предназначенных для испытаний, не было обнаружено ни одного не устраненного дефекта. После же испытаний на поверхностях всех изломов были обнаружены усталостные трещины глубиной 1...3 мм и протяженностью от 10 до 15 мм. Встречались и трещины, заваренные со стороны наружной поверхности и распространившиеся вглубь под наплавкой. Подобные случаи довольно часто встречаются в эксплуатации, причем при существующих методах контроля их обнаружить затруднено.

В работах [1, 2] не оценивалось влияние термообработки на трещиностойкость автосцепок и характер их разрушения, в частности, в условиях пониженных эксплуатационных температур. Хотя именно пониженные температуры в случае повышения напряжений, отмеченного при применении термоулучшения, могут привести даже к ухудшению трещиностойкости деталей. Поэтому важно продолжать исследования по выбору режимов термообработки для снятия эффекта охрупчивания металла автосцепок в процессе эксплуатации с оценкой ее влияния на трещиностойкость и характер разрушения в условиях низких эксплуатационных температур (до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Как при статическом деформировании (наклепе), так и при циклическом нагружении в структуре металла происходят идентичные изменения. В связи с этим исследовалась возможность применения термообработки, используемый при снятии наклепа, для устранения охрупчивания автосцепок под действием эксплуатационной нагруженности.

Известно, что для снятия наклепа широко применяют нормализацию и высокотемпературный отжиг (ВТО). Выбор вида термической обработки проводился путем испытаний стандартных цилиндрических пятикратных образцов растяжения, вырезанных из различных зон коробчатого сечения корпуса автосцепки, бывшей в эксплуатации 30 лет. Зоны вырезки образцов соответствуют различной степени деформации материала, то есть различной степени усталостного повреждения. Нормализацию образцов проводили по режиму: нагрев до $900\text{...}920\text{ }^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 25...30 мин и охлаждением на воздухе. Отжиг при нагреве до $650\text{...}680\text{ }^{\circ}\text{C}$ с выдержкой 45...60 мин. с последующим охлаждением на воздухе. Результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2. Изменение механических свойств металла при проведении термической обработки образцов, вырезанных из автосцепки после 30 лет эксплуатации

Место вырезания образцов	Вид термообработки	Механические характеристики		Изменение механических характеристик	
		$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}/\sigma_{0,2\text{ исх}}$	$\sigma_B/\sigma_{B\text{ исх}}$
Верхняя полка	Без термообработки	320	450	1,20	0,98
	Нормализация	290	460	1,07	0,99
	Отжиг	260	450	0,97	0,96
Нижняя полка	Без термообработки	290	460	1,04	0,99
	Нормализация	280	450	1,04	0,97
	Отжиг	280	460	1,04	1,00
Правая стенка	Без термообработки	290	450	1,09	0,96
	Нормализация	260	440	0,97	0,94
	Отжиг	280	470	1,03	1,01
Левая стенка	Без термообработки	300	440	1,14	0,96
	Нормализация	270	450	0,99	0,97
	Отжиг	280	470	1,05	1,02

Как видно из таблицы 2, положительные результаты по снятию эффекта охрупчивания (восстановление площадки текучести) для всех исследуемых зон автосцепки были получены при применении обоих видов термообработки, однако после отжига величины пределов текучести и прочности оказались несколько ниже исходных. В связи с этим в дальнейших исследованиях (оценки влияния термообработки на трещиностойкость автосцепок и характер их разрушения) применялась нормализация, которая, в отличие от отжига, не ухудшает исходных механических свойств металла автосцепок.

Исследование влияния нормализации на изменение трещиностойкости натуральных деталей производилось путем испытаний автосцепок, взятых из эксплуатации после различных сроков службы и имеющих видимые трещины в переходной зоне. Часть деталей, проработавших более 14-15 лет (когда, как было установлено выше, начинает проявляться эффект охрупчивания), подвергли нормализации.

Анализ результатов исследования автосцепок, бывших в эксплуатации свыше 15 лет («старые») и подвергнутых «повторной» нормализации («первичная» делается на заводах-изготовителях) приведены на рисунке. Там же для сравнения показаны результаты испытаний автосцепок, не подвергавшихся «повторной» обработке.

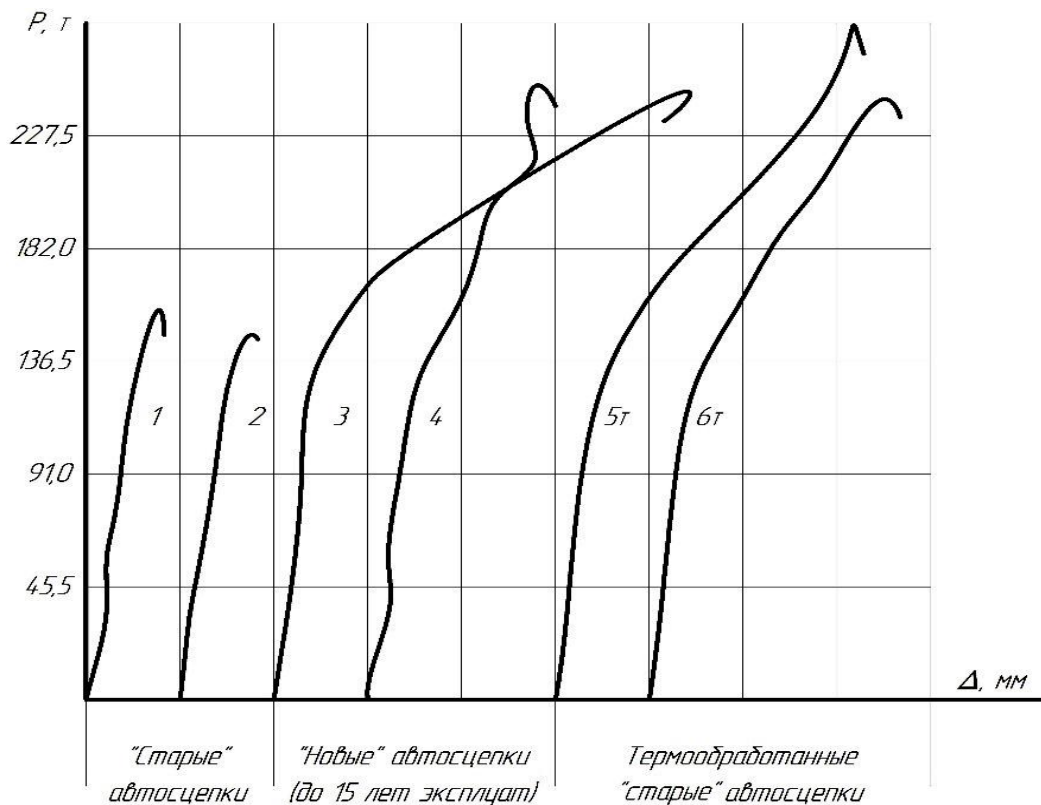


Рис. Диаграммы «нагрузка-смещение», записанные при испытаниях автосцепок с трещинами до разрушения

Характер разрушения (хрупкое, квазихрупкое) устанавливался по виду диаграмм «нагрузка-смещение», который, в свою очередь, оценивался по наиболее распространенному критерию

$$P_{max} \leq 1,1 P_Q,$$

где P_{max} – максимальная нагрузка; P_Q – нагрузка скачка, принимаемая равной нагрузке, соответствующей точке пересечения диаграммы «нагрузка-смещение» с 5% секущей.

Оценка диаграмм по указанному критерию показала, что диаграммы 1 и 2 рисунка соответствуют хрупкому разрушению, а остальные – квазихрупкому. При этом излом деталей носил выраженный вязкий характер с матовым оттенком и утяжкой кромок, непосредственно прилегающих к зоне разрушения.

Таким образом, анализ результатов исследования показал, что автосцепки, бывшие в эксплуатации длительное время и не прошедшие «повторной» нормализации, разрушились хрупко. Тогда как автосцепки, проработавшие свыше 15 лет и подвергнутые нормализации, разрушаются квазихрупко, т.е. аналогично автосцепкам, находившимся в эксплуатации менее 14 лет и еще не успевшим охрупчиться. Причем уровень разрушений в этом случае примерно в 2 раза выше, чем при хрупком разрушении (см. рисунок), а количество разрушений уменьшается примерно в 8 раз.

Окончательно целесообразность применения «повторной» термообработки оценивалась величиной ожидаемого экономического эффекта от ее внедрения. Так как во всех вагоноремонтных заводах и депо имеются печи, способные нагреть автосцепку до требуемой при нормализации температуры (920...940) °С, то основные капиталовложения не нужны. В связи с этим экономический эффект $\mathcal{E}(t)$ за некоторое время t можно определить по следующей очевидной зависимости

$$\mathcal{E}(t) = (N - n) \cdot y - c \cdot k / m,$$

где N – число разрушений автосцепок до внедрения нормализации (за рассматриваемый период времени t); n – ожидаемое число разрушений автосцепок (за тот же период времени) после внедрения нормализации; c – стоимость нормализации партии автосцепок из m штук; m – число автосцепок в партии, одновременно подвергаемых нормализации; k – число автосцепок, которое необходимо подвергнуть нормализации за рассматриваемый период времени t .

Поэтому для снятия эффекта охрупчивания автосцепок под действием эксплуатационной нагруженности и повышения их трещиностойкости рекомендуется применять «повторную» нормализацию, легко осуществимую в условиях вагоноремонтных заводов и депо в период ремонта и как менее трудоемкую по сравнению с термоулучшением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Татаринцев В.А., Толстошеев А.К. Продление жизненного цикла литых деталей вагонов путем реновации утраченных свойств // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2017. – № 6. – С. 23-27.

2. Цветков И.С., Татаринцев В.А. Диагностика качества материала в эксплуатации для оценки времени начала реновации детали // В сборнике: Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование. Сборник научных трудов 4-й Международной молодежной научно-практической конференции. В 3-х томах. Отв. редактор Е.В. Павлов. – 2017. – С. 179-183.

УДК 004.942

А. Л. Тимошенко, Г. Х. Самигуллин

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ НА УСТАНОВКАХ ПАРОВОЙ КОНВЕРСИИ МЕТАНА

Аннотация: В статье предлагается вариант проведения количественного анализа опасностей тяжелых аварий для людей, оборудования и зданий на объектах по производству водорода. Моделирование последствий аварии в данном варианте предлагается с использованием программного обеспечения Process hazard analysis software (PHASt). По результатам моделирования проведена оценка последствий на основе наиболее известных и различных критериев.

Ключевые слова: водород, авария, пожар, взрыв, паровая конверсия.

A. L. Timoshenko, G. H. Samigullin

MODELLING THE EFFECTS OF ACCIDENTS AT STEAM METHANE REFORMING PLANTS

Abstracts: The article presents a model of quantitative analysis of severe accident hazards for people, equipment and buildings at hydrogen production facilities. Simulation of accident consequences in this variant is proposed using Process hazard analysis software (PHASt). Based on the simulation results, consequences are evaluated based on the best known and various criteria

Keywords: hydrogen, accident, fire, explosion, steam reforming.

Быстрый прогресс водородных технологий и огромные инвестиции в его производство, хранение и транспортировку ускоряют скорейший переход к водородной экономике [1, 2]. Во избежание тяжелых аварии с водородом, используемым в промышленности, а также в других целях [1, 3-6], безусловно требуется соблюдения высокого уровня безопасности водородных установок. Для

этой цели разработаны различные методы оценки возможных аварий. Среди них выделяют качественные, полуколичественные и количественные методы. Наиболее распространённым является количественный метод, который часто используют для оценки аварий опасных производственных объектов [7].

Целью настоящего исследования является количественный анализ последствий аварии на установке паровой конверсии природного газа.

Проблема оценки рисков аварий на установках паровой конверсии природного газа в Российской Федерации до настоящего времени не ставилась, поэтому исследования и нормативно-правовая база в данной области крайне мала, либо вовсе отсутствует. Исследования анализа опасностей, возникающих на рассматриваемых установках, проводились, прежде всего, с позиции технической науки. Среди них работы зарубежных исследователей Nilesh Ade, Abdulrahman Alsuhaibani, Mahmoud M.El-Halwagi, Henry Goyette, Benjamin Wilhite, Mohammad Javad Jafari, Iraj Mohammadfam, Esmaeil Zarei, Karl Verfondern, Tetsuo Nishihara, Giulio Guandalini, Stefano Campanari, Gianluca Valenti и др., касающиеся вопросов безопасности при производстве водорода, аспектов безопасности и экономики при проектировании процесса парового риформинга метана зарубежных странах.

Схема анализа последствий, используемая в настоящем исследовании, включает четыре этапа [7], показанные на рис. 1, а также описаны ниже.



Рис. 1. Блок-схема процедуры, используемой для анализа последствий

Выявление уязвимых зон и конкретных опасностей имеет фундаментальное значение в анализе последствий аварии. Одним из первых системных методов идентификации опасности, применяемых в химической промышленности, является метод HAZID [8]. Сценарии начинаются с инцидента, который обычно приводит к выбросу циркулируемого вещества. Типичные инциденты могут включать в себя разрыв трубопровода и трещину в корпусе реактора или прогар змеевика реактора [8]. После определяются наиболее вероятные сценарии для выбранной водородной установки.

При моделировании последствий аварии за пример взята типовая установка паровой конверсии метана длиной 65 м и шириной 25 м, расположенного на территории промышленного предприятия длиной 490 м и шириной 360 м. По сценарию рядом с предприятием, расположены 5 уязвимых объектов с людьми, а также автомобильная трасса. Проезжающие по шоссе автомобилисты будут подвержены предполагаемым авариям на этом объекте по производству водорода. Наиболее опасные струйные и вспышечные пожары будут иметь место соответственно на установках сероочистки и риформинга. Наиболее опасный взрыв парового облака будет вызван взрывом реактора сероочистки. Данный взрыв с избыточным давлением 0,83 бар на расстоянии 45 м приведет к гибели всех людей и разрушению всех зданий и оборудования в зоне поражения. Безопасное расстояние, определенное по модели TNO Multi-Energy и по наихудшему варианту развития событий, равно 260 м. Всего 1200 рабочих, из которых 800 работали днем и 400 ночью. Диаметры труб, используемых на этой установке, составляли от 150 до 300 мм. На этом основании все сценарии были разделены на три группы, включая небольшие (5 мм) отверстия, средние (30 мм) скважины и полнопроходные разрывные (300 мм). В общей сложности было смоделировано 15 сценариев, и их последствия были количественно оценены на основе этой классификации.

При моделировании последствий аварий также используются такие исходные данные и допущения, как температура, давление, молярный объем (%) обрабатываемого вещества, а также атмосферные условия и время суток и года. Модели последствий, использованные в исследовании, основаны на программном инструменте для анализа опасностей технологических процессов (PHAST). Струйные пожары, вспышечные пожары и объемные взрывы по результатам моделирования оказались основными последствиями сценариев на установке по производству водорода. Наконец, на последнем этапе с помощью соответствующих пробит-анализа и оценки распределения населения было оценено количество погибших. При струйном и внезапном пожаре смертельный исход вызван интенсивностью излучения, а при объемном взрыве - избыточным давлением.

В настоящем исследовании был применен новый комплексный метод анализа последствий возможных аварий на установке по производству водорода, использующей процесс риформинга природного газа. В работе представлен метод вероятностной оценки летального поражения обслуживающего персона-

ла техногенного объекта, находящегося в зоне поражения струйных пожаров, вспышечных пожаров и объемные взрывов. Модель позволяет получать поля теплового воздействия и воздействия избыточного давления и с помощью процедуры пробит-анализа численно оценивать условную вероятность поражения персонала. Дальнейшее совершенствование данного метода лежит в области рассмотрения комбинации аварийных сценариев с различными поражающими факторами. Поскольку последствия аварии на объектах водородной энергетики, как правило, могут сопровождаться гибелью людей и огромным материальным ущербом, сделан вывод, что получение водорода методом риформинга природного газа является высокорисковым процессом и всегда должно сопровождаться полным выполнением правил техники безопасности, ношения средств индивидуальной защиты персонала, а также обеспечением комплекса мероприятий противопожарной защиты и взрывозащиты зданий от струйных пожаров и взрывов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pasma HJ, Rogers WJ. Safety challenges in view of the upcoming hydrogen economy: An overview. *J Loss Prevent Proc* 2010; 23(6): 697-4.
2. Li ZhY, Pan XM, Ma JX. Quantitative risk assessment on a gaseous hydrogen refueling station in Shanghai. *Int J Hydrogen Energy* 2010; 35(13): 6822-9.
3. Zarei E, Jafari MJ, Badri N. Risk Assessment of Vapor Cloud Explosions in a Hydrogen Production Facility with Consequence Modeling. *J Res Health Sci* 2013; 13(2):181-187.
4. Regas F, Sklavunos S. Evaluation of hazards associated with hydrogen storage facilities. *Int J Hydrogen Energy* 2010; 30(13- 14): 1501-10.
5. Kletz T. *What went wrong? Case histories of process plant disasters*. 4th ed, Gulf Professional Publishing Co., Houston, US, 1994.
6. Federal Institute for Materials Research and Testing (FIMRT). *Hydrogen safety*, Brussels, German Hydrogen Association. 2002.
7. Center for Chemical Process Safety (CCPS). *Guidelines for chemical process quantitative risk analysis*. 2nd ed, American Institute of Chemical Engineers (AIChE). New York, USA, 2000.
8. Dormohammadi A, Zarei E, Delkhosh MB, Gholami A. Risk analysis by means of a QRA approach on a LPG cylinder filling installation. *Process Saf Prog* 2014, 33(1): 77–84.

УДК621.9.02.002.3

А. В. Токарев

Филиал ПАО «Ил»-ВАСО, г. Воронеж

СВОЙСТВА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СТАЛИ Р6М5 РАЗЛИЧНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛАВОК

Аннотация: исследованы технологические свойства (шлифуемость) двух различных плавок быстрорежущей стали Р6М5 и одной из этих плавок подвергнутой термомеханической обработке (ТМО) по специальной технологии. Установлено, что они обладают различной шлифуемостью. Показано, что в плавках с лучшей шлифуемостью и в плавке, подвергнутой ТМО, карбидные частицы более мелкие, чем в плавке с худшей шлифуемостью.

Ключевые слова: технологические свойства, термомеханическая обработка, шлифуемость, легированность твердого раствора.

A. V. Tokarev

PROPERTIES OF TOOL STEEL R6M5 OF VARIOUS INDUSTRIAL MELTS

Abstracts: the technological properties (grinding) of two different high-speed steel melting Р6М5 and one of these melting subjected to thermomechanical processing (ТМО) by a special technology are investigated. It is established that they have different grinding properties. It is shown that in swimming trunks with the best sanding behaviour and in the melt subjected to the ТМО, the carbide particles are smaller than in the melt with the worst sanding behaviour.

Keywords: technological properties, thermomechanical treatment, sanding behaviour, legirovannogo solid solution.

В настоящее время для изготовления режущего инструмента нормальной производительности широко применяют вольфрамомолибденовую быстрорежущую сталь Р6М5, при закалке которой выявляется значительная нестабильность технологических свойств [1]. Установлено также [2], что шлифуемость этой стали в каждой промышленной плавке разная.

В табл. №1 приведен химический состав стали Р6М5 исследованных промышленных плавок (№1 и №2) и стали плавки №2 подвергнутой ТМО по специальной технологии, а также значения удельной производительности шлифования, которую определяли экспериментально как отношение объема удаленного металла, к объему израсходованного при этом, материала абразивного круга.

Таблица 1

Номер плавки	Химический состав, %						Удельная производ. шлифов. см ³ /см ³
	C	Si	Cr	W	Mo	V	
№1	0,82	0,35	4,10	6,00	5,41	1,82	13,1
№2	0,81	0,32	4,12	5,90	5,26	1,89	7,8
№2 с ТМО	0,81	0,32	4,12	5,90	5,26	1,89	12,8

Химический состав по данным сертификата металлургического завода изготовителя.

Эксперименты по определению шлифуемости стали Р6М5 проводили на плоскошлифовальном станке мод. 3Г71М. При этом имитировали работу абразивного зерна при заточке открытых поверхностей режущего инструмента. Шлифование образцов производили без охлаждения абразивным кругом ПП 250×32×30 с характеристикой 24А25НМ37К1 при скорости резания 25 м/с., продольной подаче 2 м/мин. и глубине шлифования 0,05 мм/дв. ход.

В результате экспериментов установлено, что исследованные плавки существенно различаются по шлифуемости. Так удельная производительность шлифования образцов плавки №1 была в 1,68 раза выше, т.е. эти образцы обладали существенно лучшей шлифуемостью, чем образцы плавки №2, а образцы плавки №2 с ТМО шлифуются в 1,64 раза лучше, чем образцы этой же плавки в состоянии поставки. Очевидно, что ТМО улучшает шлифуемость, создавая предпосылки для применения оптимальной технологии шлифования и заточки инструмента в производственных условиях.

Сопоставление результатов металлографического исследования с экспериментальными данными по удельной производительности шлифования (см. табл. №1) показывает, что в плавке стали, обладающей лучшей шлифуемостью, карбиды занимают большую суммарную площадь микрошлифа, чем в плавке стали с худшей шлифуемостью; в стали с лучшей шлифуемостью карбиды более мелкие.

Следовательно, при нагреве под закалку в плавке №1 и в плавке №2 с ТМО растворилась меньшая доля карбидов, чем в плавке №2 при практически одинаковом химическом составе обеих плавки и одинаковом распределении углерода и легирующих элементов между карбидной фазой и твердым раствором в отожженном состоянии. Поэтому после отпуска легированность твердого раствора и количество карбидов в плавке №1 и в плавке №2 с ТМО также должно быть меньше, чем в плавке №2.

С увеличением легированности твердого раствора шлифуемость быстрорежущей стали ухудшается. Мелкодисперсные карбиды, выделившиеся в процессе отпуска, так же оказывают отрицательное влияние на шлифуемость.

Меньшая легированность твердого раствора, меньшее количество карбидов отпуски и меньшие размеры избыточных карбидов могли явиться причиной лучшей шлифуемости плавки №1 и №2 с ТМО по сравнению со шлифуемостью плавки №2 закаленной и отпущенной из состояния поставки.

Выводы:

1. Исследование показало, что в плавке стали Р6М5, обладающей лучшей шлифуемостью, карбидные частицы мельче, чем в плавке той же марки с худшей шлифуемостью.

2. Термомеханическая обработка стали Р6М5 перед закалкой способствует снижению легированности твердого раствора и измельчению избыточных карбидов, что является основной причиной улучшения служебных свойств режущих инструментов, изготовленных из быстрорежущей стали по сравнению с инструментами, изготовленными из быстрорежущей стали закаленной из состояния поставки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ломакин В.Н. Исследование стабильности плавочных свойств промышленных плавок вольфрамомолибденовой быстрорежущей стали марки Р6М5. / «Станки и инструмент». - 1992. - №9. - С.21.

2. Дегтяренко Н.С., Туменко В.В. Режимы заточки инструмента из быстрорежущих сталей Р6М5, Р12, Р6М3 абразивными кругами. / «Станки и инструмент». - 1992. - №12. - С.19.

УДК 620

П. А. Топорова¹, А. В. Топоров², Е. А. Топорова³

¹МБОУ лицей № 22

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

³Ивановский государственный политехнический университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМИТНЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ РАЗРЕЗАНИЯ ТОНКОЛИСТОВОГО МЕТАЛЛА

Аннотация: В данной работе приводятся результаты расчетов тепловых полей при применении термитных смесей для разрезания тонколистового металла при проведении аварийно-спасательных работ. Проведена оптимизация некоторых параметров процесса разрезания.

Ключевые слова: аварийно-спасательные работы, резка металла, термитная смесь, метод конечных элементов

P. A. Toporova, A. V. Toporov

THE USE OF THERMITE MIXTURES FOR CUTTING SHEET METAL

Abstracts: this paper presents the results of calculations of thermal fields when using thermite mixtures for cutting sheet metal during emergency rescue operations. Optimization of some parameters of the cutting process has been carried out.

Keywords: emergency rescue operations, metal cutting, thermite mixture, finite element method.

Проведение аварийно-спасательных работ часто сопряжено с необходимостью производить вскрытие конструкций, изготовленных из тонколистового металла. Для этого традиционно используется механизированный, немеханизированный инструмент [1]. Альтернативной существующим способам резки металла может быть использование пиротехнических составов, при горении которых выделяется значительное количество теплоты, что позволяет прожигать относительно тонкий листовой металл.

Пиротехническая смесь или термит – это состав из измельченных компонентов железной окалины и алюминия. Такие составы наиболее востребованы в строительных операциях (как правило, сварочных) и промышленности. Это обусловлено тем, что активация смеси путем поджигания сопровождается повышением температуры и активным выделением теплоты. Хотя смесь термитная железная более известна как феррумная, ключевую роль в ее действии играет алюминий. В частности, процесс алюмотермии определяет эффективность реакций, благодаря которым возможна сварка и резка стальных конструкций [2].

Основой таких составов является топливо и окислитель, но в усложненном виде. К используемым компонентам можно отнести хлорат калия (основная часть состава), карбонат стронция (примерно четверть) и серу, окрашивающую пламя. Функцию окислителя выполняет хлорат калия, а сера действует как горючий элемент. В процессе горения пиротехнической термитной смеси также активно выделяется тепло и повышается температура: дымовые составы обеспечивают сотни градусов, а осветительные достигают 3 000 °С. Как правило, пиротехнические смеси не используются для обеспечения теплового воздействия, их сгорание сопровождается довольно интенсивным формированием пламени.

Что бы оценить эффективность предложенного метода были проведены расчеты тепловых полей методом конечных элементов. Основными задачами качественного расчета тепловых полей при использовании термитного состава для резки металла является оценка температуры в зоне разрезания стали, и определение толщины разрезаемой стали. На рисунке 1 представлена расчетная область.

Расчеты производились для стали 20, зона, занимаемая термитной смесью, в сечении представляла из себя полукруг радиусом 2,5 мм опирающийся на сталь. Температура зоны горения термита принималась равной 2300 К. Свободное пространство в модели обозначалось как воздух. В качестве теплоизоляционного материала принималась пенокерамика (пенобетон). На границах расчетной области температура принималась равной 300 К.

В ходе моделирования получена зависимость величины температуры на внешней поверхности разрезаемого металла от его толщины (рисунок 2).

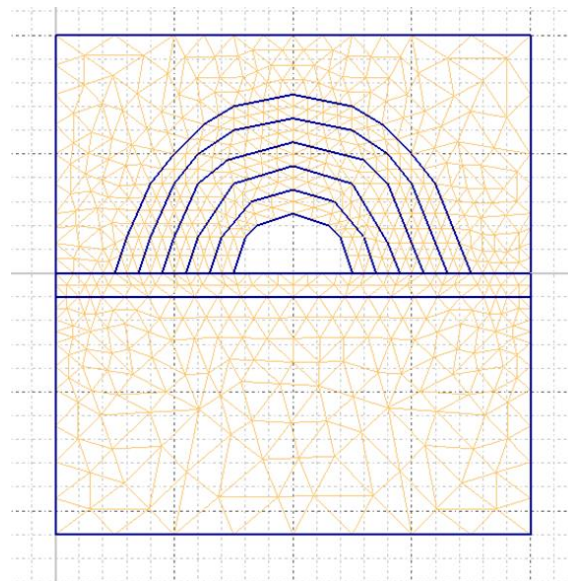


Рис. 1. Расчетная область

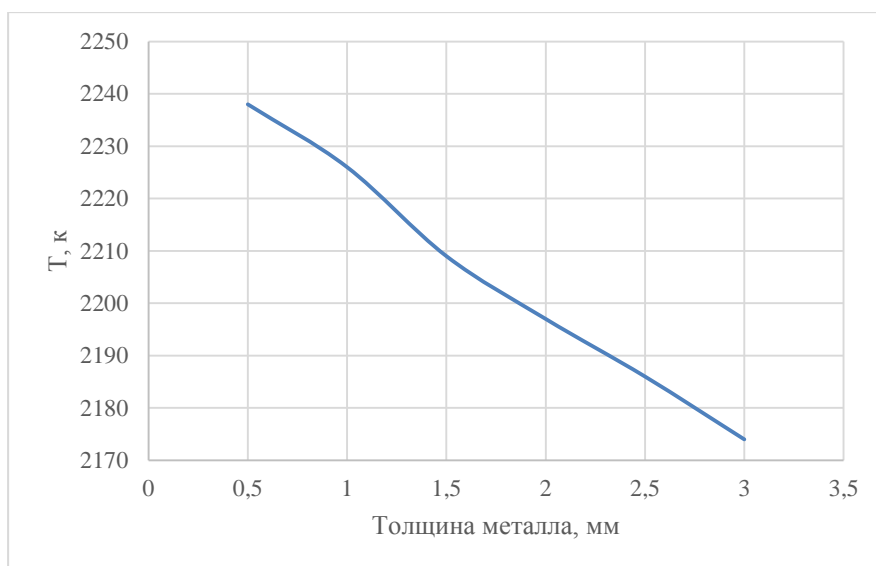


Рис. 1. Зависимость величины температуры на внешней поверхности разрезаемого металла от его толщины

С увеличением толщины стального листа наблюдается снижение температуры, что может быть обусловлено более значительным рассеянием теплоты. Иными словами, стальной лист работает как радиатор, передавая тепло из зоны разрезания в менее нагретые области. Это отчетливо видно на картине распределения тепловых полей (рисунок 3).

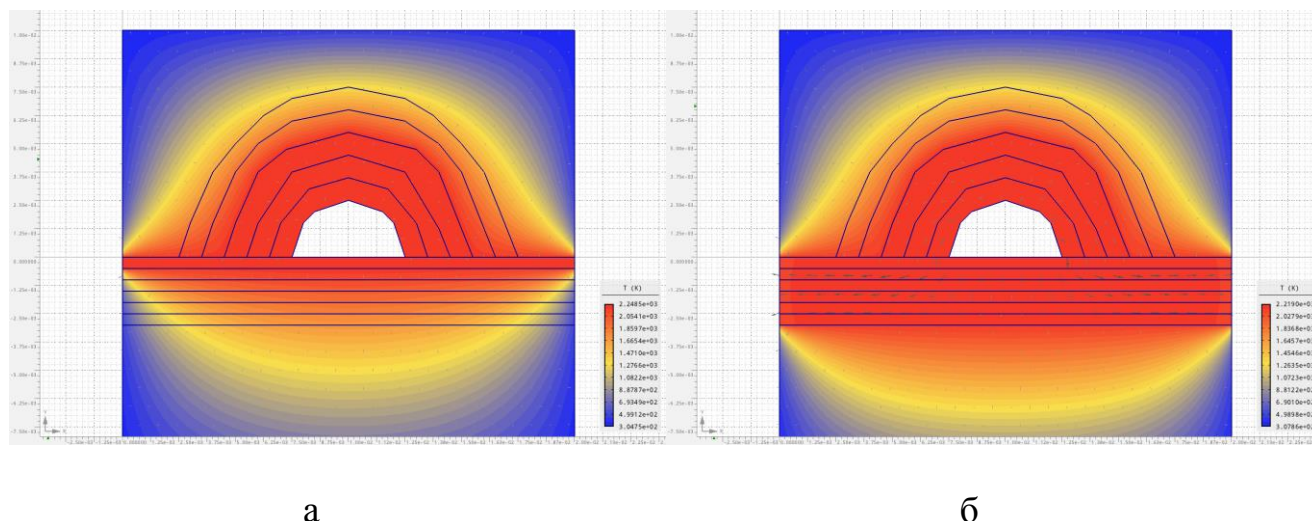


Рис. 3. Картина распределения тепловых полей при различной толщине стального листа а- толщина 0,5 мм; б-толщина 3,5 мм

Обращает на себя внимание относительно небольшое в абсолютном выражении снижение величины температуры. Данный эффект может быть обусловлен погрешностями в вычислениях, поскольку при расчетах не учитываются конвекционные перемещения окружающего воздуха вызывающие более интенсивную теплопередачу и охлаждение частей системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Учебник спасателя / С. К. Шойгу, С. М. Кудинов, А. Ф. Неживой, С. А. Ножевой; Под общ. ред. Ю. Л. Воробьева. - М.: МЧС России : Дружба и Благая Весть, 1997. - 519 с.
2. Термитная сварка Малкин Б.В., Воробьев А.А. - М.: Издательство МКХ РСФСР, 1963. – 104 с.

УДК 621.3.019.3

Н. Ю. Федорова

Научно-образовательный центр воздушно-космической обороны «Алмаз-Антей»
им. академика В. П. Ефремова

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ДАТЧИКА ПОЖАРА НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Аннотация: Данная работа посвящена исследованию применению новых методов для анализа надежности технических систем на этапе проектирования. В каче-

стве исследуемой системы выбран электронный датчик пожара, являющийся важной частью любой системы пожарной сигнализации. В качестве нового метода рассматривается современный и перспективный инструмент вероятностной оценки – аппарат Байесовских сетей доверия. В ходе исследования была построена модель Байесовской сети доверия электронного датчика пожара и проведен анализ надежности. На основании результатов исследования предложены рекомендации по повышению надежности.

Ключевые слова: надежность, байесовская сеть, электронный датчик.

N. Yu. Fedorova

RELIABILITY ANALYSIS OF FIRE SENSOR AT THE DESIGN STAGE

Abstract: This work is devoted to the study of the application of new methods for analyzing the reliability of technical systems at the design stage. An electronic fire sensor, which is an important part of any fire alarm system, was chosen as the system under study. Bayesian trust networks is considered as a new method reliability analysis, which is a modern and promising tool for probabilistic assessment. In the course of the study, a model of the Bayesian trust network of an electronic fire sensor was constructed and a reliability analysis was carried out. Based on the results of the study, recommendations for improving reliability are proposed.

Keywords: reliability, bayesian network, electronic sensor.

Характерной особенностью современного развития экономики является разработка и производство высоконадежных технических систем. Наиболее результативное совершенствование надежности может быть достигнуто только на ранних стадиях жизненного цикла технической системы. Реализация действенных мероприятий в области предупреждения критических отказов при проектировании систем может существенно снизить затраты на доработку конструкции при возникновении отказов на испытаниях или в эксплуатации.

Основная цель изучения надежности технической системы на этапе проектирования состоит в определении достигнутого (ожидаемого) уровня надежности и его совершенствование. Цель может быть достигнута за счет решения ряда конкретных задач, таких как: оценка показателей надежностей, определение возможных отказов и путей их возникновения, поиск способов повышения надежности системы и др. В ходе проектирования анализ надежности может выполняться неоднократно в зависимости от вводимых схемно-конструктивных изменений.

Следовательно, для проведения эффективного анализа надежности необходимо, чтобы метод анализа надежности обладал гибким инструментом, позволяющим своевременно проводить оценку и прогнозирование показателей надежности. Однако известные методы анализа надежности [1] в одном случае не позволяют проводить всесторонний анализ надежности с учетом тенденций изменения схемно-конструктивного построения, с другой стороны, являются

сложными методами, которые не рекомендуются для применения на ранних этапах жизненного цикла.

Новые возможности в области практического решения задачи анализа надежности открывает применение аппарата байесовских сетей доверия (БСД). Байесовские сети, являясь универсальным математическим аппаратом, представляют мощный и эффективный инструмент исследования и воспроизведения реальной картины процессов, который применяют для решения задач вероятностного прогнозирования и оценки.

Байесовские сети основываются на байесовском подходе к статистическому оцениванию и теореме Байеса. Согласно классическому определению, байесовская сеть доверия – это ациклический направленный граф G с тензорами условных вероятностей в узлах [2]. Ациклический направленный граф – граф, в котором отсутствуют направленные циклы.

Одним из главных преимуществ БСД является возможность обновления значений вероятностей событий в вершинах всякий раз, когда становится доступной новая информация. Математической основой для этого является формула Байеса, которая позволяет по известному факту события вычислить вероятность того, что оно было вызвано данной причиной.

В общем случае, Байесовская сеть для конкретной распределенной системы может быть получена тремя способами [3]:

- 1) составлена экспертом на основе его знаний об отдельных компонентах системы и их взаимосвязи;
- 2) обучена на основе имеющихся данных;
- 3) вначале составлена экспертом, а затем дообучена на основе исторических данных.

В рамках задачи анализа надежности Байесовская сеть строится экспертом на основе знаний о системе. Модель БСД для технических систем строят на основе логико-вероятностного подхода, используя анализ блок-схемы надёжности или структуры дерева отказов системы. Основными исходными данными для построения модели БСД являются принципиальная схема и значения вероятности отказов элементов системы.

В работе [4] было рассмотрено построение модели БСД на основе дерева отказов для анализа надежности электронного датчика пожара. Электронные датчики пожара являются частью любой системы пожарной сигнализации и реагируют на пламя, тепло или дым. Данные технические средства выполняют предупредительную функцию. Байесовская сеть доверия электронного датчика была построена по априорной информации о вероятности отказов элементов датчика и структуре дерева отказов. Модель БСД была разработана в среде GeNIe Modeler (Рис.1).

Разработанная модель БСД позволяет по априорной информации о надежности элементов оценить показатель надежности, а именно определить значение вероятности безотказной работы для требуемого времени работы датчика. Кроме того, модель БСД датчика дает возможность определить возмож-

ные отказы и исследовать пути повышения надежности датчика. В БСД это реализуется через процедуру пропагации свидетельств. В модели БСД были смоделированы ситуации отказа датчика, которые позволили определить критические элементы, вероятность возникновения отказов которых наибольшая. Соответственно, пути совершенствования надежности электронного датчика заключаются в уменьшении вероятности отказов критических элементов, в том числе за счет замены критических элементов на более надежные.

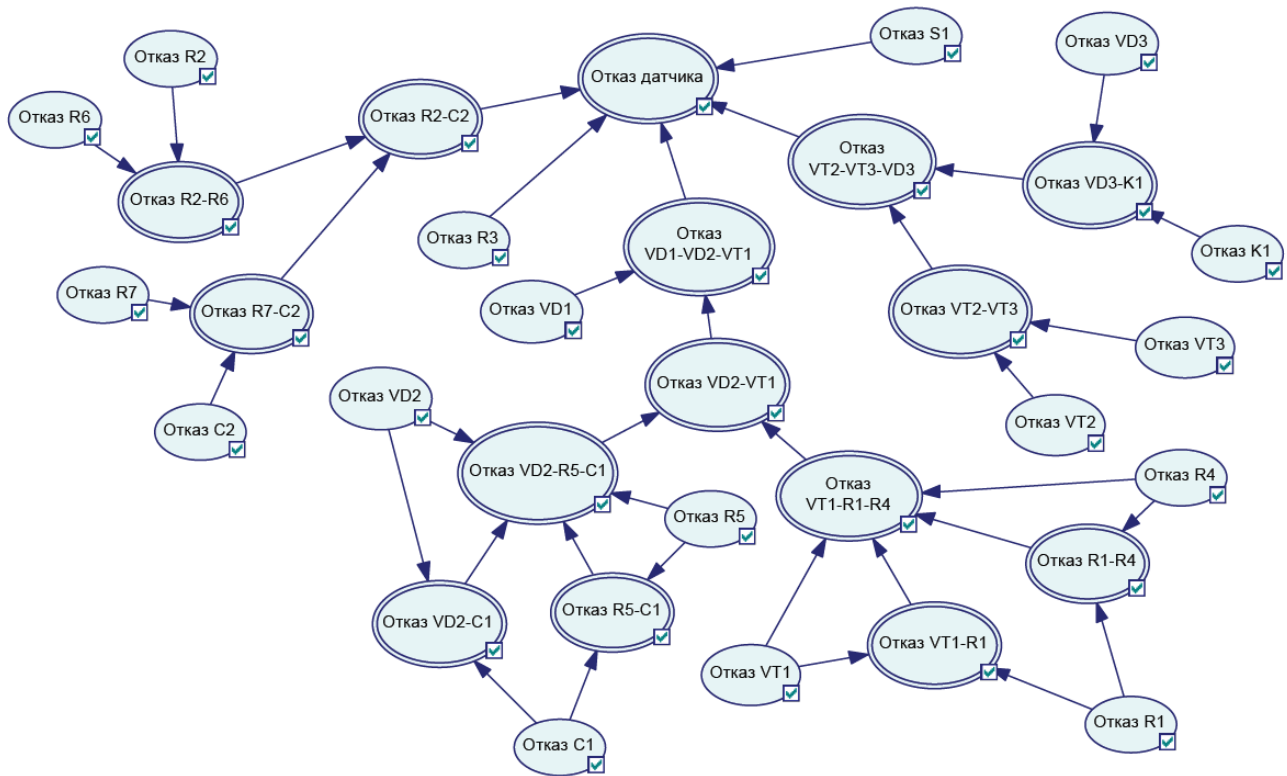


Рис. 1. Байесовская сеть доверия электронного датчика пожара

Таким образом, предложенный подход к анализу надежности с помощью БСД позволяет начать изучение проекта на самых ранних стадиях проектирования и затем легко модифицировать модель БСД в соответствии с вводимыми схемно-конструктивными изменениями. Более того, данный подход существенно упрощает проведение анализа за счет простого преобразования логических моделей в соответствующие вероятностные характеристики.

Результатом реализации предложенного подхода к анализу надежности может стать сокращение времени и затрачиваемых ресурсов на поиск оптимального решения обеспечения требуемого значения показателя надежности в заданных эксплуатационных, технических и экономических условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 27.301-2011. Управление надежностью. Техника анализа безотказности. Основные положения [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Техэксперт».
2. Тулупьев А. Л. Основы теории байесовских сетей: учебник/ А. Л. Тулупьев, С. И. Николенко, А. В. Сироткин. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2019. – 399 с.
3. Фирсов А. Н. Использование байесовских сетей для оценки надежности асинхронных распределенных систем, устойчивых к произвольным отказам / А. Н. Фирсов // Прикладная информатика. – 2013. - №6(48). – С. 103-110
4. Федорова Н. Ю. Применение байесовских сетей доверия для анализа надежности технических систем / Н. Ю. Федорова // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2022. – Т. 19, №1. – С.18-25

УДК 623.459.64

Г. Е. Фионин, И. В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ ПОЖАРНЫХ И СПАСАТЕЛЕЙ

Аннотация: в статье представлен анализ средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД) зарубежного и отечественного производства. Отражены отличительные особенности каждого рассматриваемого комплекта СИЗОД, которые позволяют определить предпочтительный комплект на ранней стадии технического оснащения подразделений пожарной охраны.

Ключевые слова: СИЗОД, анализ, дыхательный аппарат.

G. E. Fionin, I. V. Saraev

ANALYSIS OF MODERN MEANS OF INDIVIDUAL RESPIRATORY PROTECTION OF FIREFIGHTERS AND RESCUERS

Abstract: the article presents an analysis of personal protective equipment of respiratory and visual organs (PPE) of foreign and domestic production. The distinctive features of each considered set of SIZOD are reflected, which make it possible to determine the preferred set at an early stage of technical equipment of fire protection units.

Keywords: SIZOD, analysis, breathing apparatus.

Общеизвестно, что для успешного выполнения поставленных задач, пожарно-спасательные подразделения МЧС России (ПСП) должны находиться в постоянной боевой готовности [1], что, несомненно, зависит от уровня оснащённости ПСП, в том числе и средствами индивидуальной защиты, а также грамотного и эффективного их применения. Таким образом, применение наиболее надёжных и максимально быстро применимых средств индивидуальной защиты является важной и актуальной задачей.

Одним из основных и важных средств индивидуальной защиты являются средства индивидуальной защиты органов дыхания (СИЗОД), которые предназначены для обеспечения нормальных условий работы газодымозащитников в непригодной для дыхания среде, отвечать всем требованиям эргономичности, быть просты и удобны в применении, а также обслуживании.

В настоящее время на территории России происходит значительное количество пожаров, подавляющая часть которых происходит в зданиях (сооружениях) – до 70% от общего числа пожаров. Как показывает статистика, гибель людей на пожаре, как правило, возникает в результате отравления токсичными продуктами горения (66,4%). Поэтому для работы в условиях непригодной для дыхания среды (НДС) ПСП используют специальные СИЗОД, при помощи которых обеспечивается не только безопасная работа пожарных в условиях НДС, но и успешная эвакуация пострадавших [2].

Исходя из данных, полученных в ходе литературного обзора по данной тематике следует, что выбор и оснащение ПСП современными образцами СИЗОД представляет непростую задачу.

В последнее время на рынке аварийно-спасательных средств и средств защиты наблюдается тенденция по непрерывному совершенствованию СИЗОД. С целью определения современного состояния рынка СИЗОД был сделан соответствующий обзор.

Рассмотрим хедлайнеров проектирования и производства СИЗОД, и начнём с MSA Safety [3]. MSA Safety – широко известная фирма по производству СИЗОД, подвесных систем и других комплекующих. В настоящее время передовым продуктом компании в нише СИЗОД является аппарат MSA M1 SCBA [4] (рисунок 1).



Рис. 1. Дыхательный аппарат MSA M1

Данный аппарат имеет следующие особенности:

1. Универсальность и модульность: легко собрать и надеть; настройте свой аппарат в соответствии с вашими потребностями; обновления могут быть установлены в полевых условиях; улучшенная гигиена.

2. Легко чистить и разбирать: пыле- и водоотталкивающий материал ремня сокращает время механической очистки; весь дыхательный аппарат можно стирать в машине (разборка не требуется); улучшенная эргономика.

3. Задняя панель с инновационной регулировкой высоты аппарата: уникальная S-образная обвязка с мягкой подкладкой предотвращает сдавливание и скольжение; набедренный ремень и конструкция спинки распределяют большую часть веса на бёдра; самый лёгкий дыхательный аппарат с регулировкой высоты на рынке (менее 4 кг); наивысшие стандарты безопасности.

4. Повышенная химическая стойкость благодаря инновационному составу материала: повышенная безопасность для пожарных за счёт улучшенной очистки; сниженный риск защемления шлангов подачи воздуха за счёт направляющих шлангов в задней пластине; лучшая видимость благодаря светоотражающим элементам ремня безопасности; сниженная стоимость эксплуатации.

5. Все компоненты рассчитаны на более длительный срок службы (гарантия 10 лет): снижение затрат на техническое обслуживание благодаря увеличенным интервалам обслуживания; легко обновлять и обслуживать без инструментов; связь организована по последнему слову техники; лёгкая гарнитура легко прикрепляется к маске с внешней стороны. Конструкция микрофона защищает от окружающего звука.

Далее рассмотрим компанию-мастодонта средств безопасности – Dräger [5]. В настоящее время компания производит широкий спектр средств безопасности в который входят и СИЗОД.

Начнём обзор с аппарата Dräger PSS AirBoss [6] (рисунок 2). По заявлению производителя, Dräger PSS AirBoss является лучшим в своём классе по эргономике и является одним из самых лёгких дыхательных аппаратов для тушения пожара. При производстве данного аппарата учтён опыт пожарных со всего мира, а также последние технологические инновации. Всё это привело к созданию ещё более безопасной и «чистой» системы дыхательных аппаратов, позволяющих дышать дольше и легче.

Эргономика AirBoss значительно снижает физическую нагрузку, которой подвергается пожарный при эксплуатации аппарата. Из ключевых особенностей аппарата можно выделить регулировку по высоте, поворотный и скользящий поясной ремень, а также легко регулируемые ремни безопасности, подходящие для любого размера и формы пожарного. Прочная конструкция пространственной рамы обеспечивает малый вес и низкий профиль, одновременно сохраняя центр тяжести дыхательного аппарата в оптимальном положении для лучшего распределения веса.

Наряду с AirBoss компания Dräger может предложить аппараты Dräger PSS 5000 и Dräger PSS 7000 [7] (рисунок 3).



Рис. 2. Дыхательный аппарат Dräger PSS AirBoss

Дыхательный аппарат Dräger PSS 7000, разработан профессионалами для профессионалов и является важной вехой в непрерывной разработке дыхательных аппаратов для профессиональных пожарных.

Отличительные особенности аппарата включают: готовность к работе с телеметрией с системой Dräger PSS Merlin; доступен со стандартным механическим манометром, датчиком с электронным мониторингом Dräger Bodyguard 1500 или Bodyguard 7000; комфортная и очень прочная набивка плечевого и поясного ремня с надёжной поверхностью с высоким коэффициентом трения для уменьшения скольжения; раздвижной и поворотный поясной ремень в сборе; 3-х точечная регулировка по высоте; дыхательные шланги встроены в заднюю пластину; светоотражающие и флуоресцентные рукава для шлангов для лучшей видимости; быстроразъёмная пневматика, плечевой и поясной ремни в сборе для лёгкого обслуживания и ремонта; дополнительная система цилиндров Quick-Connect для быстрой замены в полевых условиях и в мастерской.

Всё это позволяет предположить, что СИЗОД от фирмы Dräger являются практически внеконкурентными при равной стоимости закупки и эксплуатации.

Продолжим обзор и рассмотрим СИЗОД компании 3M Scott Fire & Safety [8] дыхательный аппарат Scott Air-Pak X3 Pro (рисунок 4).



Рис. 3. Дыхательный аппарат Dräger PSS 7000



Рис. 4. Дыхательный аппарат Scott Air-Pak X3 Pro

Данный аппарат имеет следующие особенности: соответствует требованиям стандарта национальной ассоциации пожарной охраны США (NFPA 1981,) Стандарту автономных дыхательных аппаратов открытого цикла для аварийных служб, издание 2018 г.; соответствует NFPA 1982, стандарту по системам безопасности личного оповещения (PASS), издание 2018 г.; новые материалы ремня безопасности обеспечивают большую стойкость к химическому воздействию и меньшее водопоглощение, что помогает минимизировать загрязнение; легко снимаемый ремень позволяет упростить чистку СИЗОД; новый дизайн плечевых ремней упрощает надевание и сводит к минимуму точки давления, помогая снизить утомляемость пожарного; естественность движений (например, поясная подкладка) обеспечивает пожарному большой диапазон

движений, при этом вес переносится на бёдра для более сбалансированной нагрузки; проверенная конструкция редуктора обеспечивает низкое сопротивление дыханию, что помогает снизить нагрузку на пожарного и повысить эффективность его работы.

Аппарат Scott Air-Pak X3 Pro построен на основе дублирующих функций безопасности, обеспечивая беспрецедентную производительность для защиты пожарных, которые рассчитывают на лучшее в самых сложных условиях.

Далее рассмотрим СИЗОД американской компании Honeywell, а именно Honeywell TITAN [9] (рисунок 5).

Компания Honeywell разработала СИЗОД TITAN с расширенными функциями для обеспечения безопасности пожарных, такими как надёжность и удобство использования, благодаря обширному сотрудничеству и тестированию с пожарными. TITAN интуитивно понятен и прост в использовании, плюс обеспечивает комфорт и гибкость, чтобы двигаться вместе с пожарным. Опыт Honeywell в области электроники, который использовался в Honeywell Aerospace, был передан TITAN за превосходную надёжность и долговечность.

Особенности и преимущества:

1. Эргономичный.

Поворотная конструкция задней рамы позволяет дыхательному аппарату перемещаться вместе с пожарным во всех положениях.

Крепко сидит на бёдрах – весь вес снимается с плеч.

Изогнутые плечевые ремни обеспечивают полную свободу движений рук и обеспечивают безопасность – нагрудный ремень не нужен.

2. Умный.

Двойные датчики движения сводят к минимуму ложные оповещения о человеке.

ThermAlert стандарт для всех TITAN – сигнализирует, когда пожарным достигнута критическая точка давления воздуха на манометре.

Wellness Check обеспечивает звуковую и визуальную сигнализацию, если возникнет проблема с каким-либо электронным компонентом дыхательного аппарата.

3. Интуитивно понятный.

Большие ручки легко найти и использовать руками в перчатках в условиях сниженной видимости.

Регулятор второй ступени Air Klic каждый раз фиксируется на месте.

Низкие эксплуатационные расходы.

Лёгкий доступ ко всем основным компонентам.

Шланги проложены в конструкции ремней для облегчения доступа.

Стандартные батареи типа C – не нужно заряжать и заменять специальные батареи в световой индикации давления в баллоне.

Далее рассмотрим СИЗОД китайской компании HUSTEC the safety company [10] (рисунок 6).



Рис. 5. Дыхательный аппарат Honeywell TITAN



Рис. 6. Дыхательный аппарат HY01CG04-6.8 t-Tek

И пусть вас не смущает, что это китайская компания, её рынок снабжения – Ближний Восток, Азия, Южная Америка и т.д.

Многолетний опыт работы с пожарными подразделениями позволило понять требования конкретных СИЗОД для пожарных. Компания HYTEC предлагает ассортимент высококачественной продукции, которая предназначена для решения задач пожаротушения, и уделяет особое внимание производству прочных, надёжных, а также простых в использовании и комфортных СИЗОД.

Продукция компании одобрена европейскими сертификатами качества EN137-2006/EN14954-2005 по СИЗ.

Дыхательный аппарат HY01CG04-6.8 t-Tek может применяться в пожаротушении, спасании, нефтегазовой промышленности и других отраслях.

Наряду с зарубежными, отечественные компании-производители СИЗОД предлагают целый спектр СИЗОД, отвечающих самым высоким требованиям ПСП.

Одной из таких компаний является АО «ПТС» [11], производящая СИЗОД: ПТС «Светофор»; ПТС «Профи»-МП; ПТС «Профи»-М; ПТС «Профи»-МТ; ПТС «Базис»; ПТС «Фарватер»; ПТС «Фарватер-мини»; ПТС «Профи»-А; ПТС «Авиа».

Рассмотрим наиболее распространённые образы, а именно ПТС «Профи»-М (рисунок 1.22) и ПТС «Базис» (рисунок 7).

Дыхательный аппарат на сжатом воздухе ПТС «Профи»-М (модификация ПТС «Профи») разработан с использованием современных технологий и предназначен для индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия непригодной для дыхания токсичной и задымленной газовой среды при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ в зданиях, сооружениях и на производственных объектах различных отраслей народного хозяйства при температуре окружающей среды от минус 40⁰ до +60⁰С.

Дыхательный аппарат не изменяет свои технические параметры после пребывания в среде с температурой 200⁰С в течение 60 с. и выдерживает воздействие открытого пламени с температурой (800±50)⁰С в течении 5 с.

Изделие включено в «Нормы табельной положенности пожарно-технического вооружения и аварийно-спасательного оборудования для основных и специальных пожарных автомобилей, изготавливаемых с 2006 года» [12].

Дыхательный аппарат ПТС «Профи»-М призван обеспечить устойчивые характеристики и максимальный комфорт пользователя в самых критических ситуациях.

Дыхательный аппарат ПТС «Базис», предназначен для индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия непригодной для дыхания токсичной и задымленной газовой среды при тушении пожаров в зданиях, сооружениях и на производственных объектах, а также выполнения других видов аварийных работ в различных областях хозяйственной деятельности при температуре окружающей среды от минус 40о до +60⁰С и относительной влажности до 98%.

Аппарат не изменяет свои технические параметры после пребывания в среде с температурой +200⁰С в течение 60 с. и выдерживает воздействие открытого пламени с температурой (800±50⁰С) в течение 5 с.



Дыхательный аппарат ПТС «Профи»-М



Дыхательный аппарат ПТС «Базис»

Рис. 7. Дыхательный аппарат

Основные исполнения и технические характеристики ПТС «Базис»:

1. Конструктивные преимущества: оригинальная подвесная система с термоогнестойкими ремнями и пластиковой эргономично профилированной спинкой снабжена нагрудным ремнем и мягкими плечевыми накладками, что значительно снижает нагрузку на спину и обеспечивает пользователю комфорт в самых критических условиях; универсальная система крепления, подходящая ко всем типам баллонов, отличается простотой и надежностью фиксации; высокопроизводительный редуктор обеспечивает превосходные параметры потока воздуха к легочному автомату (1000 л/мин); новый легочный автомат неболь-

шой массы с высокой производительностью; равномерное избыточное давление под лицевой частью при различных дыхательных нагрузках обеспечивает незначительное сопротивление дыханию при максимальном расходе воздуха; удобное размещение контрольных и сигнальных устройств.

2. Спасательное устройство дыхательного аппарата (дополнительная опция): капюшонного типа с избыточным давлением и постоянным расходом воздуха спроектировано таким образом, чтобы его можно было надеть максимально просто, независимо от формы лица и размера головы.

Далее рассмотрим продукцию ещё одной отечественной компании АО «КАМПО» [13]: дыхательный аппарат АП-98-7КМ; дыхательный аппарат АП «Омега»; дыхательный аппарат АП «Альфа».

Более подробно остановимся на СИЗОД АП «Омега», так как это наиболее распространённый вид СИЗОД, применяемый в ПСП.

Аппарат дыхательный АП «Омега» (рисунок 8) относится к типу изолирующих СИЗОД на сжатом воздухе и предназначен для защиты органов дыхания и зрения человека от вредного воздействия токсичной и задымленной газовой среды. Аппарат обеспечивает защиту не только пожарному или спасателю, но и пострадавшему при его эвакуации из зоны с непригодной для дыхания газовой средой (при наличии спасательного устройства).

У дыхательного аппарата АП «Омега» имеется несколько модификаций [14]: АП «Омега»-1; АП «Омега»-2; АП «Омега»-Север-1; АП «Омега»-Север-2.

Цифровые индикаторы после наименования аппарата говорят о количестве баллонов с воздухом.

Усовершенствованная подвесная система с эргономичным облегчённым основанием (спинкой), изготовленным из полиамида – материала, обладающего высокой износостойкостью, прочностью, эластичностью и малой плотностью: специальная конструкция спинки обеспечивает четыре уровня регулировки по росту человека; мягкая поясная накладка снижает нагрузку на поясничный отдел позвоночника, что обеспечивает пользователю удобство в работе, особенно с аппаратом в двухбаллонном исполнении; механизм поворота поясного ремня обеспечивает пользователю удобство в работе при наклонах туловища.

В аппаратах дыхательных АП «Омега» большинство данных опций являются базовыми, что дает возможность покупателю приобретать аппарат, имеющий уже в базовой комплектации, по сути, премиальное исполнение.

Ещё одним преимуществом, обеспечивающим комфортную эксплуатацию аппарата, является его масса. Благодаря эффективным конструктивным решениям АП «Омега» является одним из самых лёгких ДАСВ на Российском рынке.



Рис. 8. Дыхательный аппарат АП «Омега»

Благодаря применению качественных, износостойких материалов, внедрению новых технологий АП «Омега» является одним из самых надёжных и простых в эксплуатации аппаратов.

На аппараты дыхательные АП «ОМЕГА» устанавливается неограниченный срок службы (при выполнении мероприятий по своевременному техническому обслуживанию аппарата).

Далее рассмотрим ещё один СИЗОД отечественного производства – дыхательный аппарат со сжатым воздухом РСТ «РУСИЧ» [15] (рисунок 9).

Дыхательный аппарат со сжатым воздухом РСТ «РУСИЧ» является СИЗОД изолирующего типа, работающий независимо от окружающей атмосферы в течение всего заявленного защитного действия при проведении работ по ликвидации пожара в зонах чрезвычайных ситуаций, а также при эвакуации людей во время пожара или иной чрезвычайной ситуации.

Дыхательный аппарат РСТ «РУСИЧ» обеспечивает безопасную и комфортную работу в задымленной или загазованной среде, где невозможно применение фильтрующих противогазов, а также в местах, где существует потенциальная угроза выброса веществ, опасных для органов дыхания и зрения человека, концентрацию и состав которых невозможно предугадать.

Универсальность и простота использования дыхательного аппарата РСТ «РУСИЧ» позволяет в считанные минуты приступить к работе в дыхательном аппарате. Воздух для дыхания подаётся человеку из баллона (или нескольких) со сжатым воздухом через редуктор давления, лёгочный автомат, управляемый дыханием в полнолицевую маску. Выдыхаемый воздух отводится через выпускной клапан маски в окружающую атмосферу.

Модульная конструкция аппарата позволяет пожарному самому подбирать комплектность дыхательного аппарата, в соответствии с потребностями и исходя из своих возможностей.

Полнолицевая маска 3S, входящая в состав СИЗОД, имеет более мягкую обтюрацию контура лица. Широкие ремни оголовья и более подмасочник позволяет увеличить эксплуатационные качества маски, а благодаря большему сечению клапана достигается очень низкое сопротивление воздуха при выдохе.

Дыхательный аппарат оборудован быстроразъёмным соединением для подключения спасательного устройства капюшонного типа. Конструкция спасательного капюшона позволяет быстро и легко его надеть.

Для быстрой дозаправки баллонов дыхательного аппарата, не снимая его с плеч возможно оборудование СИЗОД дополнительной системой БРС высокого давления QuickFill.



Рис. 9. Дыхательный аппарат РСТ «РУСИЧ»

Далее рассмотрим СИЗОД «ЗЕВС», отечественного производства [16] (рисунок 10).

Дыхательный аппарат «ЗЕВС» относится к изолирующим СИЗОД со сжатым воздухом и предназначен для защиты органов дыхания, зрения, кожного покрова лица пожарного от воздействия токсичной и задымленной газовой среды, от вредных веществ, содержащихся в атмосфере, независимо от их концентрации при тушении пожаров в зданиях, сооружениях и на производственных объектах различного назначения, при аварийно-спасательных работах на промышленных объектах и судах, на воздушных судах, самолётах и вертолётах, на объектах инфраструктуры аэропортов (склады, ангары).

Возможность комплектации аппарата масками и лёгочными автоматами со штекерным или резьбовым соединением.

Наличие на шланге среднего давления тройника с быстроразъёмными соединениями типа «евромуфта» для подключения капюшона или маски спасаемого.

Возможность коммутации и использования аппаратов с любыми костюмами химзащиты всех классов (открытого и закрытого типа).

Таким образом, из обзора современных СИЗОД отечественного и зарубежного производства, приведённого выше, следует, что в настоящее время рынок СИЗОД насыщен различными предложениями и выбор конкретного СИЗОД для оснащения пожарно-спасательных подразделений МЧС России представляет непростую задачу.



Рис. 10. Дыхательный аппарат «ЗЕВС»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 16 октября 2017 года № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ».
2. Российский статистический ежегодник. 2020: Стат.сб. - Р76 М.: Росстат. 2020. – 700 с.
3. Официальный сайт MSA Safety. [Электронный ресурс]: URL: <https://ru.msasafety.com> (дата обращения: 31.10.2021).
4. Официальный сайт MSA Safety. [Электронный ресурс]: URL: <https://ru.msasafety.com/Supplied-Air-Respirators-%28SCBA%29/Self-Contained-Breathing-Apparatus-%28SCBA%29/MSA-M1-SCBA/p/000010000500001360> (дата обращения: 31.10.2021).
5. Официальный сайт компании Draeger. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.draeger.com> (дата обращения: 01.11.2021).
6. Официальный сайт компании Draeger. [Электронный ресурс]: URL: https://www.draeger.com/en_uk/Products/PSS-AirBoss (дата обращения: 01.11.2021).

7. Официальный сайт компании Draeger. [Электронный ресурс]: URL: https://www.draeger.com/en_uk/Products/PSS-7000 (дата обращения: 01.11.2021).
8. Официальный сайт компании 3M Scott Fire & Safety. [Электронный ресурс]: URL: https://www.3m.com/3M/en_US/p/d/b5005047169 (дата обращения: 01.11.2021).
9. Официальный сайт компании Honeywell [Электронный ресурс]: URL: <https://sps.honeywell.com/us/en/products/safety/respiratory-protection/self-contained-breathing-apparatus-scba/honeywell-titan-scba> (дата обращения: 01.11.2021).
10. Официальный сайт компании HYTEC the safety company. [Электронный ресурс]: URL: <http://hanyu-house.com/Company.asp?Title=Company%20Profile> (дата обращения: 01.11.2021).
11. Официальный сайт компании АО «ПТС». [Электронный ресурс]: URL: <https://pto-pts.ru> (дата обращения: 01.11.2021).
12. Приказ МЧС России от 28.03.2014 № 142 «О внесении изменений в Приказ МЧС России от 25.07.2006 №425».
13. Официальный сайт компании АО «КАМПО». [Электронный ресурс]: URL: <http://www.kampo.ru/content/pozharnaya-tehnika> (дата обращения: 01.11.2021).
14. Официальный сайт компании АО «КАМПО». [Электронный ресурс]: URL: <http://www.kampo.ru/content/apparat-dyhatelnyy-ap-omega> (дата обращения: 01.11.2021).
15. Официальный сайт компании ООО «Торговый Дом РУСИНТЕК». [Электронный ресурс]: URL: <https://www.rusintec.ru/products/dyhatelnye-apparaty/dyhatelnyj-apparat-so-szhatym-vozduhom-rst-rusich/> (дата обращения: 01.11.2021).
16. Официальный сайт компании ООО «Зелинский групп». [Электронный ресурс]: URL: https://protivogaz.ru/product/dykhatelnyy_apparat_so_szhatym_vozdukhom_dasv_yupiter/ (дата обращения: 01.11.2021).

УДК 623.746.4-519

Р. В. Хамхоев, И. В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА DJI PHANTOM 3

Аннотация: в статье рассмотрен беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 3. Приведены его основные достоинства и перечень выявленных в ходе эксплуатации недостатков, которые влияют на выполнение задач по назначению. Намечены пути повышения надёжности основных узлов и агрегатов беспилотного летательного аппарата, что позволит увеличить его жизненный цикл.

Ключевые слова: надёжность, беспилотный летательный аппарат, БЛА, БПЛА, конструкция.

R. V. Hamhoviev, I. V. Saraev

DEVELOPMENT OF TECHNICAL SOLUTIONS TO IMPROVE THE DJI PHANTOM 3 UNMANNED AERIAL VEHICLE

Abstract: the article discusses the DJI Phantom 3 unmanned aerial vehicle. Its main advantages and a list of shortcomings identified during operation that affect the performance of tasks for their intended purpose are given. The ways of increasing the reliability of the main components and assemblies of the unmanned aerial vehicle are outlined, which will increase its life cycle.

Keywords: reliability, unmanned aerial vehicle, UAV, UAV, design.

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) с недавних пор являются неотъемлемой частью сил и средств МЧС России, применяемых для множества задач.

По официальным данным [1], в настоящее время на вооружении МЧС России стоит 1591 единица БЛА, из них 1554 единицы мультироторного (вертолётного) типа (132 оснащены тепловизорами) и 37 единиц самолётного типа (рисунок 1).

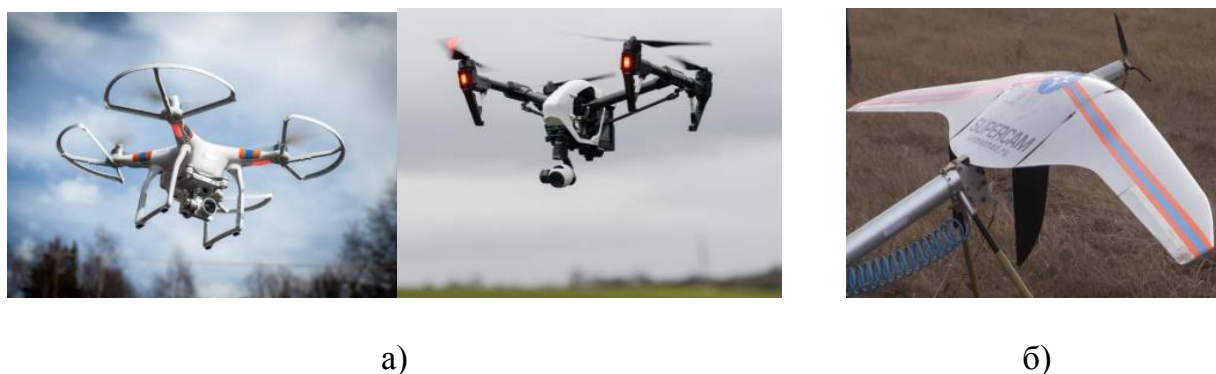


Рис. 1. Беспилотные летательные аппараты, стоящие на вооружении МЧС России: а – вертолётный тип; б – самолётный тип

В качестве основных задач БЛА МЧС России можно выделить следующее [1]:

- 1) контроль зон ЧС с определением точных координат границ района ЧС и объектов поиска;
- 2) воздушный поиск различных объектов и наблюдение за ними, воздушное патрулирование заданных районов, контроль надводной обстановки, а также выполнение задач воздушной разведки;
- 3) мониторинг пожароопасной, паводковой и ледовой обстановки, разведка путей движения;

4) аэрофотосъемка заданных районов (территорий) с последующей топографической привязкой фотоснимков, а также видеофотодокументирование объектов контроля для получения обзорных и детальных изображений.

Наиболее часто встречающимся на вооружении пожарно-спасательных подразделений МЧС России БЛА является DJI Phantom 3 (рисунок 2).



Рис. 2. Беспилотный летательный аппарат DJI Phantom 3

БЛА DJI Phantom 3 предназначен для детальной разведки района пожара (ЧС) на объектах или группы объектов, оценки их состояния, осмотра отдельных элементов строений, сооружений, в том числе и внутри них, отдельных участков местности, дорог, мостов и др., проведения воздушной разведки, определения маршрутов ввода наземных аварийно-спасательных сил [2]. Из основных технических характеристик можно выделить следующее:

- 1) встроенная видеокамера 12 Мп с разрешением видеосъёмки 1920x1080 пикселей и частотой 60 кадров в секунду;
- 2) система телеметрии с возможностью передачи сигналов с установленных датчиков температуры, радиационного загрязнения и т.п.;
- 3) максимальная скорость до 54 км/ч;
- 4) максимальная продолжительность полёта до 23 мин.;
- 5) максимальная высота полёта до 500 м.;
- 6) радиус применения до 2000 м.;
- 7) взлётный вес до 1300 гр.

Но, наряду с перечисленными достоинствами, БЛА DJI Phantom 3 не лишен недостатков, которые были выявлены в ходе его практического применения по назначению. Из наиболее значимых недостатков можно выделить следующее:

- 1) нарушение целостности винтов (пропеллеров) при эксплуатации;
- 2) отсутствие штатной защиты винтов (пропеллеров);
- 3) слабая защищённость корпуса БЛА в месте установки электродвигателей;
- 4) отсутствие автономного GPS (ГЛОНАС) датчика для поиска БЛА при разряде основной батареи;

5) короткая длина взлётно-посадочных шасси зачастую приводит к повреждению штатной видеокамеры;

6) обморожение внутренних элементов системы при использовании БЛА в условиях низких температур.

В виду вышеизложенного, разработка технических решений по совершенствованию беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 3 является актуальной задачей. Наряду с этим особую важность принимает разработка технических решений без вложения значительных материальных затрат.

Следует отметить, что все предложения и разработанные технические решения направлены на устранение выявленных в ходе эксплуатации недостатков.

По первому недостатку – замена стандартных пластиковых винтов (пропеллеров) на нитилоновые [3] позволит существенно повысить надёжность и целостность винтов (пропеллеров) при эксплуатации, поскольку нитилон имеет свойство памяти формы и при деформации винта может восстановить свою форму.

По второму недостатку – оснащение БЛА стационарными или быстросъемными каркасными элементами для защиты винтов (пропеллеров), которые также могут быть выполнены из нитинола или из композитных материалов [4].

По третьему недостатку – оснащение БЛА дополнительными защитными элементами в месте установки электродвигателей.

По четвёртому недостатку – для поиска БЛА при разряде аккумуляторной батареи можно установить GPS (ГЛОНАСС) -трекер, который позволит определить местонахождение БЛА. Например, PALMEXX iTag Bluetooth Key Finder [5].

По пятому недостатку – оснащение БЛА уединённым взлётно-посадочных шасси позволит избежать деформацию и выход из строя установленной фото-видеокамеры.

По шестому недостатку – оснащение БЛА быстросъёмной заглушкой, выполненной из обычной пластмассы, позволит снизить влияние отрицательных температур на узлы и механизмы БЛА, а также повысить общий уровень надёжности БЛА.

Таким образом можно сделать промежуточный вывод, что разработка технических решений по совершенствованию беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 3 позволит продлить жизненный цикл данного БЛА и повысить надёжность его функционирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беспилотные летательные аппараты. [электронный ресурс]. Официальный сайт МЧС России. Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/omisterstve/tehnika/aviacionnaya-tehnika/bespilotnye-letatelnye-apparaty>. (дата обращения: 01.04.2022).

2. DJI Phantom 3. [электронный ресурс]. Официальный сайт МЧС России. Режим доступа: <https://www.mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/tehnika/aviacionnaya-tehnika/dji-phantom-3>. (дата обращения: 01.04.2022).

3. Нитинол. [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stankiexpert.ru/spravochnik/materialovedenie/nitinol.html>. (дата обращения: 01.04.2022).

4. Кербер М. Л., Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.

5. Брелок PALMEXX iTag Bluetooth Key Finder. [электронный ресурс].

УДК 621.002.5-192

А. В. Широухов, Д. В. Павлов

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Аннотация: Статья посвящена исследованию влияния термических воздействий, вызывающих внутренние термические напряжения в полимерных материалах, которые при определенных условиях могут вызвать критические деформации, приводящие к разрушению деталей, т. е. к ограничению их прочности.

Ключевые слова: воздействие температур, показатель напряжений, температурная деформация, торможение смежности, торможение формы, терморезактивные полимеры, стеклообразное состояние, самовосстановление, термофлуктуационный механизм, коэффициент Пуассона, модуль упругости, коэффициент теплопроводности материала, изотропная структура материала, закон Фурье, коэффициент термического расширения.

A. V. Shiroukhov, D. V. Pavlov

DETERMINATION OF STRESSES IN POLYMER MATERIALS

Abstract: The article is devoted to the study of the effects of thermal effects that cause internal thermal stresses in polymeric materials, which under certain conditions can cause critical deformations that lead to the destruction of parts, that is, to the limitation of their strength.

Keywords: effect of temperatures, stress index, temperature deformation, adjacent braking, mold braking, thermosetting polymers, glassy state, self-healing, thermoflucture mechanism, Poisson coefficient, modulus of elasticity, coefficient of thermal conductivity of material, isotropic structure of material, Fourier law, coefficient of thermal expansion.

В настоящее время передовые отрасли промышленности испытывают затруднения в реализации конструкторских решений из-за скудного спектра кон-

струкционных материалов, соответствующих актуальным требованиям. В свете изложенной проблемы становятся актуальными вопросы, связанные с рассмотрением технологий создания полимерных материалов и, соответственно, изучением их механических свойств. Одним из востребованных направлений является направление исследований, связанных с изучением механических свойств полимерных материалов и разработкой методик определения прочностных характеристик, используемых в проектных и проверочных расчетах. Отдельного рассмотрения требуют расчеты, связанные с воздействием температур, как высоких, так и низких, так как полимеры, склонны к значительному изменению своих механических свойств в условиях температурного воздействия. При этом следует учитывать, что динамика изменения свойств полимеров по сравнению с металлами носит характер степенной функции.

Механические свойства любого материала представляют собой разнонаправленные, как в физико-химическом, так и в структурно-механическом понимании параметры, которые в целом характеризуют материал с точки зрения способности сопротивляться действующим нагрузкам без разрушения и деформаций, т.е. с точки зрения прочности и жесткости. Основным показателем, характеризующим прочность, принято считать показатель напряжений, которые способен выдержать материал без разрушений. Следовательно, для определения прочностных возможностей изделий необходимо определить действующие значения напряжений и сравнить их с предельными. В большинстве случаев методика решения задач по определению действующих напряжений отработана, но следует учитывать, что в условиях температурного воздействия в гамму напряжений, возникающих в структуре деталей, добавляются и напряжения, вызванные температурной деформацией.

При рассмотрении напряжений, возникающих в результате теплового воздействия необходимо выделить два случая: материал имеет возможность свободно деформироваться под воздействием тепловых расширений и возможность свободной деформации отсутствует. Второй вариант является наиболее интересным, так как в данном случае при колебаниях температуры материал лишен возможности свободно расширяться или сжиматься, соответственно в нем возникают дополнительные тепловые напряжения. В данном контексте процесс препятствования тепловым деформациям принято называть торможением [2]. Следует выделять два вида торможения: торможение смежности, то есть ограничение деформации соприкасающимися поверхностями и торможение формы – ограничение деформации детали вследствие взаимодействия смежных слоев или волокон материала.

При проведении тепловых и прочностных расчетов торможение смежности следует учитывать, если материал детали имеет достаточную теплопроводность и высокий показатель термического расширения, например, металлы и их сплавы. В этом случае торможение формы оказывает незначительное влияние на общие значения возникающих напряжений. Если рассматривать материал деталей с низкими значениями теплопроводности и термического расширения,

например, полимеры, то в этом случае основная доля возникающих напряжений приходится именно на напряжения, вызванные торможением формы.

По своей физической структуре и свойствам среди полимеров следует выделить две группы: термопластические и терморезистивные [3]. Термопластические полимеры имеют преимущественно линейную структуру с отсутствием поперечных химических связей, терморезистивные полимеры имеют сетчатую структуру, образующую пространственную сетку. Энергия нагрева в структуре полимера реализуется в виде колебательных движений цепочек молекул, в металлах данная энергия реализуется в виде колебаний узлов кристаллической решетки. Следовательно, в полимерах, при малых температурах нагрева не происходит существенного изменения структуры, но физические свойства при этом (твердость, вязкость и т.д.) могут существенно изменяться, при дальнейшем увеличении температуры возникают такие формы колебаний, при которых структура материала постоянно меняется. В данном случае материал полимера находится в аморфном состоянии, при этом постоянная температура плавления отсутствует, но с повышением температуры происходит размягчение материала. Таким образом, при температурном изменении структуры полимера следует выделить три физических состояния: вязкотекучие полимеры, высокоэластичные и стеклообразные [1,7]. Находясь в стеклообразном состоянии терморезистивные полимеры обладают сравнительно большой жесткостью, при этом закон деформации их близок к линейному. Подобные полимеры обладают уникальным свойством самовосстановления. Так как в основе механизма разрушения связей молекулярных цепей полимера лежит термофлуктуационный механизм [4], то некоторые разрушенные связи с течением времени восстанавливаются. На ранних стадиях деформации, в структуре полимера появляются микротрещины, которые либо со временем стабилизируются и частично исчезают, либо развиваются в макротрещины [5,6]. Таким образом, по своим механическим свойствам наибольший интерес с точки зрения применения в качестве конструкционных материалов представляют терморезистивные полимеры в стеклообразном аморфном состоянии, которые могут найти свое применение в качестве термо и электроизолирующих элементов механизмов и аппаратуры. Соответственно, исследование вопроса, связанного с механической прочностью данных элементов в условиях температурного воздействия, становится наиболее актуальным, и в данном контексте тепловые напряжения, вызванные торможением формы, становятся наиболее значимыми.

Тепловые напряжения, вызванные торможением формы, возникают при неравномерном нагреве структуры полимера, когда отдельные волокна материала лишены возможности расширяться в соответствии с законом тепловой деформации. В отличие от торможения смежности здесь напряжения возникают только при перепаде температур в теле детали (при стационарном тепловом потоке, когда тепло переходит от горячих участков к более холодным, или при неустановившемся тепловом потоке, например, при тепловом ударе, когда волна тепла распространяется по телу детали). Как общее правило, горячие участ-

ки детали с температурой, превышающей среднюю, испытывают напряжения сжатия, а более холодные – напряжения растяжения. Это же справедливо при отрицательных температурах: менее холодные участки подвергаются сжатию, а более холодные – растяжению. Таким образом, механика возникновения напряжений в материале будет одинакова и при нагреве, и при охлаждении, решающую роль будет играть разница температур.

Представим себе плоскую стенку толщиной s (рис. 1а), через которую в направлении, перпендикулярном ее плоскости, проходит равномерный тепловой поток Q . Пусть поверхность стенки, обращенная к источнику теплоты, имеет температуру t_1 , а противоположная поверхность t_2 , причем $t_1 > t_2$. Температура в поперечном сечении стенки, как известно из теории теплопередачи, изменяется по прямолинейному закону, тогда средняя температура стенки определяется как:

$$t_{cp} = 0,5(t_1 + t_2). \quad (1)$$

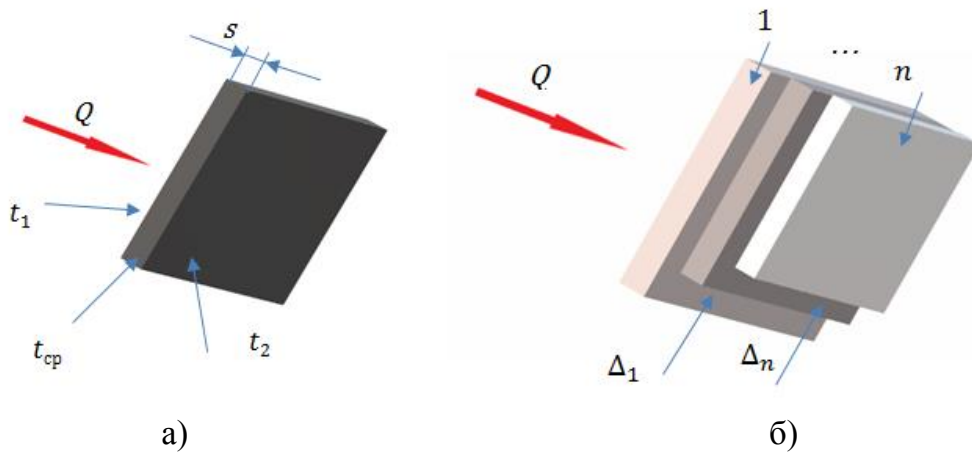


Рис. 1. Расчетная схема для плоской пластины

Мысленно разрежем пластинку на ряд тонких параллельных слоев n (рис. 1б). Если бы все они имели возможность свободно расширяться под действием температуры, то слои с температурой выше t_{cp} удлинились бы по сравнению со средним слоем, а слои с температурой ниже t_{cp} приобрели бы размеры меньше размеров среднего слоя. Относительное удлинение крайнего, наиболее нагретого слоя:

$$\Delta_1 = \alpha(t_1 - t_{cp}) = 0,5\alpha(t_1 - t_2). \quad (2)$$

Относительное удлинение крайнего, наиболее холодного слоя:

$$\Delta_n = \alpha(t_{cp} - t_2) = 0,5\alpha(t_1 - t_2), \quad (3)$$

где α – коэффициент относительной термической деформации.

Таким образом:

$$\Delta_n = \Delta_1 = 0,5\alpha(t_1 - t_2). \quad (4)$$

Если пластинка сохраняет при нагреве плоскую форму, что характерно для условий работы в качестве изоляторов, то все слои в силу совместности деформации будут иметь одинаковые размеры, равные размерам среднего слоя. В такой пластинке наиболее нагретые слои сжаты тормозящим действием смежных более холодных слоев, а наиболее холодные – растянуты действием более горячих слоев, каждый по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Наибольшие напряжения возникают в крайних, поверхностных слоях. Как известно из теории упругости [2], относительное удлинение при двухосном напряженном состоянии по осям x и y определяется (рис.2а):

$$\Delta_x = \frac{1}{E}(\sigma_x - \mu\sigma_y), \quad \Delta_y = \frac{1}{E}(\sigma_y - \mu\sigma_x), \quad (5)$$

где Δ_x, Δ_y – относительное удлинение по осям x и y , соответственно;

σ_x и σ_y – напряжения соответственно по осям x и y ;

E – модуль упругости;

μ – коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона), при условии, что материал имеет изотропную структуру.

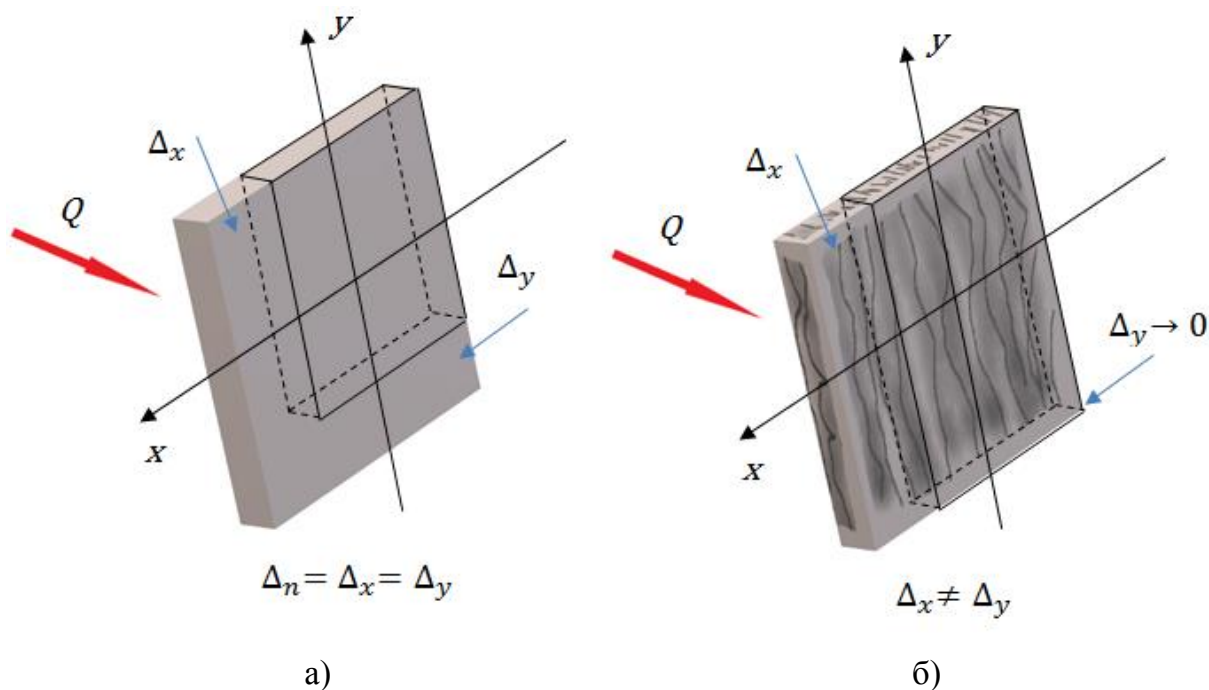


Рис. 2. Схема деформации материала:
 а – изотропной структуры, б – анизотропной структуры

При симметричном растяжении-сжатии, когда $\Delta_n = \Delta_x = \Delta_y$, $\sigma_n = \sigma_x = \sigma_y$:

$$\sigma_n = E\Delta_n \frac{1}{1-\mu}. \quad (6)$$

Используя зависимость (4), получаем возможность определения максимального значения напряжений в наиболее нагруженных (крайних) слоях:

$$\sigma_{max} = \pm \frac{E\alpha}{2} (t_1 - t_2) \frac{1}{1-\mu}. \quad (7)$$

Знак плюс относится к растяжению, а минус – к сжатию. В тех случаях, когда структура рассматриваемого материала относится к анизотропным средам, например данная структура характерна для термопластичных или армированных полимеров, говорить о симметричном растяжении-сжатии нельзя. Для подобных материалов значения коэффициентов деформации и модуля упругости приобретают осевую направленность, т.е.

$E_x \neq E_y$, $\mu_x \neq \mu_y$, соответственно $\Delta_x \neq \Delta_y$ и $\sigma_x \neq \sigma_y$ (рис.2б).

В этом случае приходится учитывать ориентацию структуры материала относительно направления действия теплового потока. При этом зависимости (6) примут вид:

$$\sigma_x = E_x \Delta_x + \mu_x \sigma_y, \quad \sigma_y = E_y \Delta_y + \mu_y \sigma_x. \quad (8)$$

Принимая во внимание принятые ранее допущения о рассмотрении только аморфных стекловидных полимеров, варианты полимеров с анизотропными свойствами структуры в дальнейшем не рассматриваются.

Учитывая, что напряжение в слоях зависит от перепада температур (7), то и характер его изменения можно считать линейным. Перепад температур, в свою очередь, можно выразить через количество теплоты Q , проходящей через стенку в единицу времени на единицу поверхности. По закону Фурье:

$$Q = \frac{\lambda}{s} (t_1 - t_2), \quad (9)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала;

s – толщина стенки,

Учитывая зависимость (7) и (9), получаем:

$$\sigma_{max} = \frac{QsE\alpha}{2\lambda} \cdot \frac{1}{1-\mu}. \quad (10)$$

Таким образом, на основании изложенного материала следует сделать заключение. При проектировании деталей из полимеров следует учитывать деформации и как следствие внутренние напряжения, вызванные односторонним термическим воздействием. Подобные термические напряжения, при определенных условиях, могут вызвать критические деформации и вызвать разрушения деталей, т.е. могут лимитировать прочность проектируемых деталей.

В целях недопущения термического разрушения для конструкций, работающих в условиях одностороннего термического воздействия необходимо выбирать материалы (полимеры) с малыми коэффициентами термического расширения либо компенсировать данные деформации за счёт применения оптимальных геометрических форм деталей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айнбиндер С.Б., Тюнина Э.Л., Цируле К.И. Свойства полимеров при различных напряженных состояниях. М.: Химия, 1981. 232 с.
2. Орлов П.И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие в 3-х книгах. М.: Машиностроение, 1977. 623 с.
3. Павлов П.А. Основы инженерных расчетов элементов машин на усталость и длительную прочность. Л.: Машиностроение, 1988. 252 с.
4. Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.Е. Кинетическая природа прочности твердых тел. М.: Наука, 1975. 560 с.
5. Тумаж В.П., Куксенко В.С. Механика разрушения полимерных материалов. Рига: Зинатне, 1978. 284 с.
6. Уайт О., Дью-Хьюз Д. Металлы, керамика, полимеры. М.: Атомиздат, 1979. 580 с.
7. Ферри Дж. Вязкоупругие свойства полимеров. М.: Изд. Иностран. лит-ры, 1963. 535 с.

УДК 621.9

С. А. Шмелев¹, Е. В. Зарубина², Т. В. Шмелева¹, А. В. Волков²

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ С ГИДРАВЛИКОЙ В ХОЛОДНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация: Особенности работы с гидравликой с определением прочностных характеристик соединений. Расчет и подбор оптимальных параметров насосов.

Ключевые слова: жесткость вала, система водоснабжения, критическое состояние системы, надежность системы водоснабжения.

S. A. Shmelev, E. V. Zarubina, T. V. Chmeleva, A. V. Volkov

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A DEVICE FOR INSPECTION OF FIRE-FIGHTING WATER SUPPLY SYSTEMS

Abstracts: Features of working with hydraulics with determination of strength characteristics of joints. Calculation and selection of optimal pump parameters.

Keywords: shaft stiffness, water supply system, critical condition of the system, reliability of the water supply system.

С повышением скоростного режима вала усилия, возникающие в его узлах, возрастают пропорционально квадрату скорости [4].

Так как жесткость вала велика сравнительно с жесткостью опор, рассмотрим схему абсолютно жесткого вала, вращающегося в упругих подшипниках. [5].

При рассмотрении этой схемы, будем считать коэффициенты жёсткости опор c_1 и c_2 различными и не зависящими от направлений перемещений концов вала в плоскостях xz (перпендикулярных оси ротора y). Ротор будем считать полностью уравновешенным; его моменты инерции, относительно проходящих через центр тяжести осей x , y и z , равны I_x, I_y, I_z , причем для уравновешенного вала $I_x = I_z$.

Для определения критической скорости вращения главного вала рассмотрим критическое состояние конструкции (рис. 1).

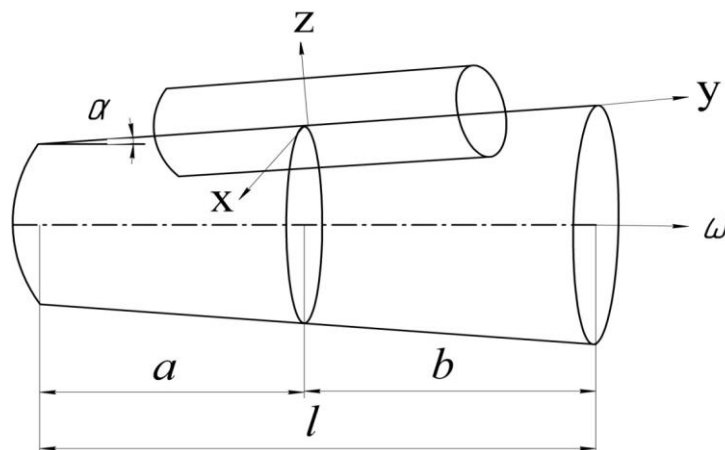


Рис. 1. К определению критической скорости вращения главного вала

Здесь левый конец вала описывает окружность радиуса r вокруг невозмущенного положения, а ось вала отклонена на угол α от первоначального положения и описывает коническую поверхность.

В критическом состоянии система центробежных сил и сил упругости находится в равновесии независимо от масштаба отклонений.

Поэтому можно записать:

$$m\omega_{кр}^2(r + \alpha a) = c_1 r + c_2(r + \alpha l), \quad (1)$$

где $r + \alpha a$ - радиальное смещение центра тяжести;
 $m\omega_{кр}^2(r + \alpha a)$ – центробежная сила инерции вала;
 $r + \alpha l$ – радиальное смещение правого конца вала;
 $c_1 r$ и $c_2(r + \alpha l)$ - реакции опор;

Кроме того, в рассматриваемом движении на вал действует момент опорных реакций вокруг оси x

$$M_x = c_1 r a - c_2(r + \alpha l). \quad (2)$$

Его значение должно удовлетворять динамическому уравнению Эйлера:

$$I_x \dot{\omega}_x + (I_z - I_y) \omega_y \omega_z = M_x, \quad (3)$$

где ω_x , ω_y и ω_z - проекции угловой скорости $\omega_{кр}$ на связанные с валом оси x , y и z .

Соответственно рис. 1

$$\begin{cases} \omega_x = 0; \\ \omega_y \approx \omega_{кр}; \\ \omega_z \approx -\omega_{кр} \alpha. \end{cases} \quad (4)$$

Тогда уравнение Эйлера [6] принимает вид:

$$M_x = (I_y - I_z) \omega_{кр}^2 \alpha. \quad (5)$$

Приравняв выражения (1), (2) и решая его относительно r и a , получим биквадратное уравнение.

$$\omega_{кр}^4 + \omega_{кр}^2 \left(\frac{c_1 a^2 + c_2 b^2}{I_y - I_z} - \frac{c_1 + c_2}{m} \right) - \frac{c_1 c_2 l^2}{m(I_y - I_z)} = 0, \quad (6)$$

учитывая, что

$$I_y = 2I_z$$

$$c_1 = c_2 = c_n$$

$$a = b = \frac{l}{2}.$$

Получим:

$$\omega_{кр}^4 + \omega_{кр}^2 \left(\frac{c \frac{l}{2} + c \frac{l}{2}}{2I_z - I_z} - \frac{c + c}{m} \right) - \frac{ccl^2}{m(2I_z - I_z)} = 0$$

или

$$\omega_{кр}^4 + \omega_{кр}^2 \left(\frac{cl}{I_z} - \frac{2c}{m} \right) - \frac{c^2 l^2}{mI_z} = 0$$

Динамическая грузоподъемность подшипников $C=150000$ Н [3].

$l = 1056$ (мм) = 1,056 (м)

$m = 393,6$ (кг) = 3936 (Н)

m – масса вала.

$$I_z = \frac{\pi d^4}{64} \left(1 - \left(\frac{d_1}{d} \right)^4 \right), \quad (7)$$

где $d_1 = 638$ (мм) = 0,638 (м);

$d = 670$ (мм) = 0,67 (м);

d – наружный диаметр вала;

d_1 – внутренний диаметр вала.

$$I_z = \frac{3,14 \cdot 0,67^4}{64} \cdot (1 - 0,822) = 17,598 \cdot 10^{-4} \text{ (м}^4\text{)}$$

$$b = \left(\frac{cl}{I_z} - \frac{2c}{m} \right) = \left(\frac{150000 \cdot 1,056}{17,6 \cdot 10^{-4}} - \frac{2 \cdot 150000}{3936} \right) = 87,78 \cdot 10^6$$

$$c = \frac{c^2 l^2}{mI_z} = \frac{150000^2 \cdot 1,056^2}{3936 \cdot 17,6 \cdot 10^{-4}} = 3445,79 \cdot 10^6$$

$$\omega_{1,2} = \pm \sqrt{\frac{1}{2}(-b + \sqrt{b^2 + 4c})}$$

$$\omega_{1,2} = 192,3 \frac{1}{c}$$

По результатам расчета мы можем сделать вывод, что рабочая угловая скорость $\omega = 125,6 \frac{1}{c}$ не попадает в зону резонанса $192,3 \frac{1}{c} \pm 30\%$.

При повышении скоростного режима насосов влияние нарушений технологических развонок на бесперебойную и равномерную подачу жидкости резко возрастает.

Таким образом в зависимости от конструктивных параметров, скорости вращения вала можно определить оптимальное значение усилий в подшипниках и возникающие при этом деформации вала.

Из уравнений видно, что при увеличении толщины стенки δ одновременно с повышением цилиндрической жесткости вала происходит уменьшение деформации противоположного знака (от давления ЦМПЛ), которая компенсируется

вала часть нагрузок от центробежных сил. Кроме того с увеличением δ несколько увеличиваются центробежные силы, действующие на поверхность вала, так как увеличивается его масса. С другой стороны, следует, что более эффективно снижает деформацию повышение модуля упругости E материала вала. В среднем деформация стального вала примерно в два раза меньше деформации чугунного.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.С. Горячев, С.М. Убайдатов, Е.В. Зарубина. Разработка и исследование устройств для обследования систем противопожарного водоснабжения. // Материалы V Международная научно-практическая конференция «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». Иваново, 14 октября 2021 г. С. 238;
2. С.М. Убайдатов, Н.С. Горячев, Е.В. Зарубина, Т.В. Шмелева*. Исследование устройств для для обследования систем противопожарного водоснабжения и разработка рекомендаций по их усовершенствованию. // Материалы V Международная научно-практическая конференция «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». Иваново, 14 октября 2021 г. С. 368.
3. Анурьев, В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. / В.И. Анурьев. – М.: Машиностроение, 1978. – 1980. Т. I. 1980. – 728 с.; Т. II. 1979. – 559 с.; Т. III. 1978. – 557 с.
4. Коритыцкий, Я.И. Колебания в текстильных машинах / Я.И. Коритыцкий. – М.: Машиностроение, 1973. – 320 с.
5. Пановко, Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний / Я.Г. Пановко. – М.: Машиностроение, 1957. - 316с.
6. Бидерман, В.Л. Прикладная теория механических колебаний / В.Л. Бидерман. – М.: Высшая школа, 1972. - 416с.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК: 004.02, 621.9

А. П. Акулова, Е. В. Егорычева

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

3D ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ПРИ ПЛАНИРОВКЕ ПОМЕЩЕНИЙ С СОБЛЮДЕНИЕМ ПРОТИВОПОЖАРНЫХ ТРЕБОВАНИЙ

Аннотация: в статье рассмотрен процесс прототипирования жилого помещения с помощью сред AutoCAD, 3ds Max и технологий 3D печати при соблюдении противопожарных требований. Рассмотрены вопросы соблюдения правил и нормативов пожарной безопасности на этапе проектирования объекта, применения технологий параметризации на этапе моделирования, а также создания физического объекта при использовании 3D принтера.

Ключевые слова: прототипирование, пожарная безопасность, модель, 3D печать, AutoCAD, 3ds Max, технология Fused Deposition Modeling.

A. P. Akulova, E. V. Egorycheva

3D PROTOTYPING IN THE PLANNING OF PREMISES IN COMPLIANCE WITH FIRE PROTECTION REQUIREMENTS

Abstract: The article discusses the process of prototyping a living space using AutoCAD, 3ds Max and 3D printing technologies, subject to fire safety requirements. The issues of compliance with fire safety rules and regulations at the design stage of an object, the use of parameterization technologies at the modeling stage, as well as the creation of a physical object using a 3D printer are considered.

Keywords: prototyping, fire safety, model, 3D printing, AutoCAD, 3ds Max, Fused Deposition Modeling technology.

Перед тем как начать производство нового изделия, многие предприятия предпочитают проводить его предварительное тестирование. Изготовление модели представляет собой комплексный процесс, при котором происходит создание технического образца продукта. Его можно продемонстрировать целевой аудитории для функциональной оценки, свойств и других характеристик

перед запуском в массовое производство. Если раньше для изготовления прототипов применялись исключительно чертежи, сегодня почти все работы выполняются в специальных программных средах. Такой подход несет в себе множество преимуществ, позволяя оценить как достоинства, так и недостатки изделия перед началом серийного производства [1]. Применение новейших технологий помогает сократить расходы на тестирование при минимальных временных затратах. Чаще всего для этого используют 3D прототипирование. В данной работе исследовался процесс прототипирования жилого помещения. Работа проводилась в несколько этапов. Сначала была выполнена компьютерная модель будущего объекта по заданным параметрам с применением технологии параметризации в системах AutoCAD и 3ds Max. Затем с помощью 3D печати был изготовлен макет [2].

За последние несколько лет технологии 3D прототипирования перешли на качественно новый уровень, который позволяет использовать их в различных сферах жизни, в том числе в архитектуре и различных отраслях строительства. Современные аддитивные технологии дают возможность изготавливать макеты строительных сооружений с минимальными затратами.

В статье рассматривается процесс прототипирования жилого помещения с помощью сред AutoCAD, 3ds Max и технологий 3D печати при соблюдении противопожарных требований. Создание модели прототипа производится посредством специального компьютерного ПО для инженерной трехмерной графики. С появлением различных современных средств временные затраты сократились и стало возможным быстро и качественно сделать муляж любого уровня сложности. На этапе 3D моделирования также широко используется технология параметризации. Использование в системах трёхмерного проектирования параметрического режима, предоставляющего возможность устанавливать различные ограничения на элементы модели, а также зависимости между ее параметрами, позволяет ускорить процесс моделирования и сделать его более качественным. Процесс построения начинается с создания самой 3D модели, и далее посредством внесения изменений в таблицу, содержащую все переменные, относящиеся к данной модели, производятся изменения ее объектов. При этом изменение одного параметра влечет за собой изменение и всех остальных, связанных с ним определенной зависимостью [3, 4]. Присваивая этим переменным различные числовые значения, можно существенным образом менять геометрическую форму моделируемого изделия, размеры и другие его свойства, зависящие от формы и размеров.

Проектирование объекта начинается с выбора объёмно-планировочных решений, которые будут удовлетворять действующим нормативам и требованиям в области пожарной безопасности, которые требуют неукоснительного соблюдения. С проверки на соответствие этим требованиям начинается процесс проектирования и заканчивается ввод объекта в эксплуатацию. Действующая нормативная база предъявляет требования как к объёмно-планировочным ре-

шениям в общем, так и к отдельным элементам, их характеристикам, материалам, из которых они проектируются.

В данной работе рассмотрены общие требования пожарной безопасности на примере одной квартиры в многоквартирном жилом доме высотой 14 этажей.

На примере модели мы можем видеть, что в квартире сформировано отдельное помещение балкон. Балкон в современных многоквартирных жилых домах является эвакуационным выходом, если соответствует следующим требованиям: имеет глухой простенок шириной не менее 1,20 м со стороны тупиковой части балкона или 1,60 м между соседними проемами. Стены, отделяющие балкон от других помещений квартиры, имеют предел огнестойкости не менее предела огнестойкости остальных наружных ограждающих конструкций. Помещение кухня с размещенным в нем газоиспользующим оборудованием отделено от остальных помещений перегородками и имеет дверной проем с установленной в нем дверью, открывающейся во внутрь помещения. Объем кухни должен составлять не менее 15 м³. Также в ней должны располагаться датчики-газоанализаторы для газов СО и СН. Помещение кухни должно оборудоваться легкобрасываемыми оконными конструкциями. Окна из помещений квартиры должны выходить на пожарный проезд около дома. В зданиях выше 28 м высотой (пожарно-техническая высота) пожарные проезды ориентированы вдоль двух продольных сторон и располагаются на расстоянии 8-10 метров от наружной стены здания, имея ширину 4,2 м. Выход из квартиры запроектирован в межквартирный коридор, оборудованный системой противодымной защиты (дымоудаление, компенсация удаляемого воздуха). Межквартирный коридор ведет в лифтовый холл - зона безопасности МГН (маломобильных групп населения), который в свою очередь оборудован подпором воздуха с подогревом. Все листы в многоквартирном жилом доме оборудованы подпором воздуха в шахту лифта. Один из листов имеет функцию перевозки пожарных подразделений. Лестницы в таких домах проектируются незадымляемыми (с переходным балконом или с подпором воздуха). Квартиры оборудуются системами поквартирного пожаротушения (шланг с точкой подключения от стояка холодного водоснабжения). Все квартиры и иные помещения дома оборудуются системами пожарной сигнализации и оповещения людей. Все окна с панорамным остеклением должны иметь экранное ограждения высотой 1,20 м. Расстояние от верха проема нижележащего этажа до низа проема следующего этажа должно быть не менее 1,20 м, а предел огнестойкости не менее EI60. Требования пожарной безопасности прописаны в целом комплексе нормативных документов, примером которых могут служить следующие: СП 4.13130.2013, СП 1.13130.2020, СП 484.1311500.2020, СП 485.1311500.2020, СП 486.1311500.2020 и т.п.

Когда макет создан, софт анализирует все сечения изделия, подбирает оптимальный алгоритм наплавления и формирует команды для принтера. Далее производится печать на 3D-принтере, который представляет собой устройство, способное выводить трехмерные данные объемной геометрии. Этот аппарат выдает физический объект, созданный на основе заданных параметров. В осно-

ве его работы находится принцип послойного наращивания. В данной статье рассматривается технология Fused Deposition Modeling (нанесение пластин термопласта), использующая в качестве материала для 3D-печати ABS-пластик (рис. 1).

Пластик поступает на рабочую поверхность через экструдер и сопло, его подача при этом контролируется микропроцессором. В экструдере материал нагревается, становится пластичным и «вклеивается» в создаваемую модель. Прикрепленные к экструдеру вентиляторы способствуют скорейшему затверждению материала. После завершения печати одного слоя платформа принтера опускается.

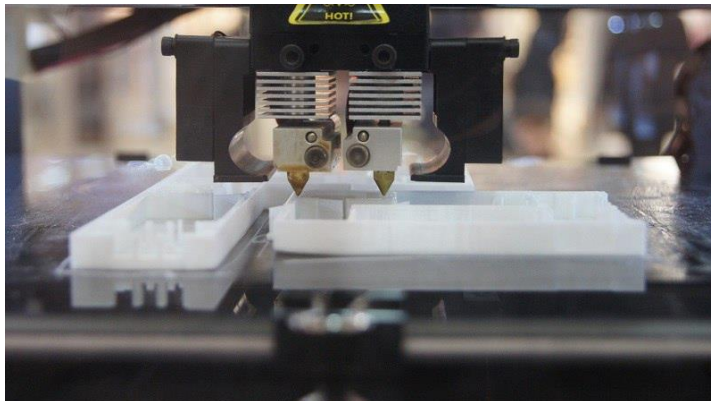


Рис. 1. Процесс 3D-печати

Этот процесс повторяется до тех пор, пока модель не будет полностью напечатана. Оптимальные температура плавления для печати ABS-пластиком составляет 240–260 °С, а скорость печати 30–60 мм/с.

Требования к техническому образцу включают следующее:

- точность, что обеспечивается качественно выполненным 3D-моделированием в ПО для создания инженерной трехмерной графики;
- наглядность – на этапе проектирования используется функция визуализации;
- функциональность.

Готовый прототип был протестирован, конструкция доработана и скорректирована (рис. 2).

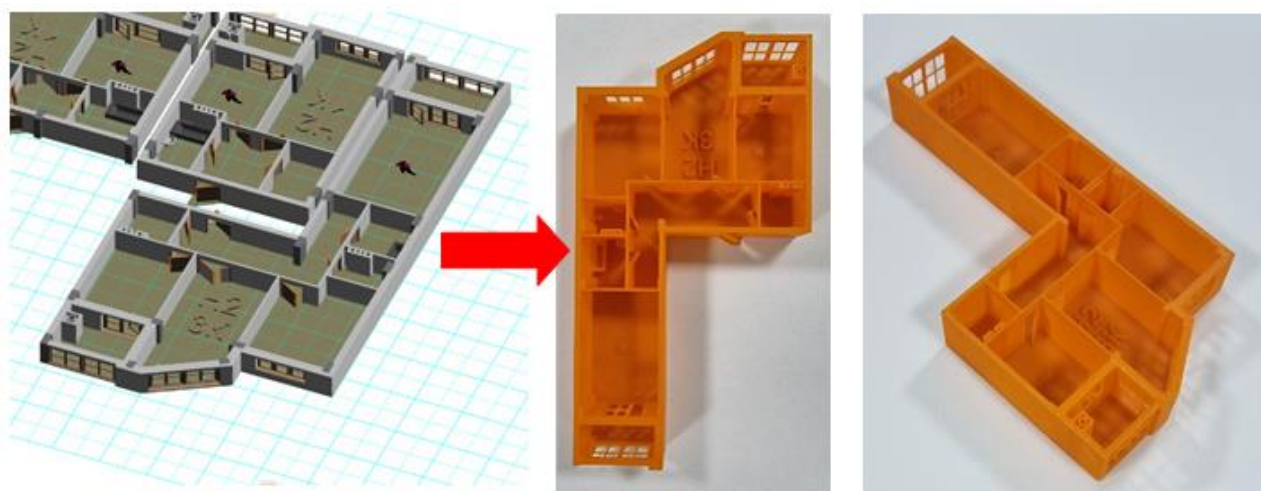


Рис. 2. Прототип жилого помещения

Таким образом, благодаря технологии 3D прототипирования можно значительно уменьшить время, затрачиваемое на создание опытных моделей. Метод позволяет оценить как достоинства, так и недостатки объекта перед началом производства. Трехмерное прототипирование существенно снижает риск дефектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чемпинский, Л.А. К вопросу обучения основам компьютерного геометрического моделирования // Модернизация профессионально-педагогического образования: тенденции, стратегия, зарубежный опыт: материалы международной научной конференции, г. Барнаул, 18–20 октября 2017 года / под науч. ред. М.П. Тыриной, Л.Г. Куликовой. – Барнаул : АлтГПУ, 2017. С.140-143.
2. Рэдвуд Б. 3D-печать. Практическое руководство / ДМК Пресс. – 2020. 220 с.
3. Новожилова, С.А., Егорычева, Е.В. Информационное обеспечение в современных технологиях обучения графическим дисциплинам / Геометрия и графика: Журнал. — Москва: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М». 2013. №3.— т.1, ч.1. С.33 – 35.
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 621.8

В. В. Анисимова, И. А. Легкова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ФИКСАЦИИ ВОРОТ ГАРАЖА ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ

Аннотация: В работе предложено устройство для фиксации ворот гаража пожарно-спасательной части в открытом положении, применение которого позволит уменьшить время сбора и выезд по тревоге личного состава, а также исключить возможность травматизма личного состава и повреждения пожарной техники.

Ключевые слова: тушение пожаров; пожарно-спасательная часть; ворота гаража; устройство для фиксации; выезд по тревоге; пожарная техника.

V. V. Anisimova, I. A. Legkova

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR FIXING THE GARAGE DOOR OF THE FIRE AND RESCUE UNIT

Abstract: The article proposes a device for fixing the garage door of the fire and rescue unit in the open position, the use of which will reduce the time of collection and departure for the alarm of personnel, as well as eliminate the possibility of injury to personnel and damage to fire equipment.

Keywords: extinguishing fires; fire and rescue unit; garage gates; fixing device; departure on alarm; fire equipment.

Время сбора и выезда по тревоге личного состава подразделений пожарной охраны непосредственно влияет на локализацию и ликвидацию пожара, так как необходимо реагировать быстро и без промедлений, ведь порой именно первые минуты пожара имеют большое значение из-за возможности быстро ликвидировать возгорание и, соответственно, не допустить гибель людей и минимизировать материальный ущерб.

При поступлении вызова личный состав караула должен как можно скорее прибыть в гаражное помещение, надеть на себя специальную одежду, расположенную на стеллажах, и открыть ворота для выезда техники.

Ворота пожарной части – важный элемент технического оснащения объекта [1]. Данная конструкция должна быть с высокой скоростью открытия и надежной фиксацией в открытом положении, это обеспечит оперативность работы, а также безопасность личного состава и пожарной техники. Требования к их конструкции регламентируются нормами проектирования объектов пожарной охраны [2].

Как правило, ворота гаража для предотвращения самопроизвольного закрывания оборудуются ручными фиксаторами. Например, в 36 ПСЧ «8 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Московской области» крепление створ ворот осуществляется за счёт ручных запоров, представляющих собой поворотностоечные запоры в вертикальном исполнении. Запор представляет собой металлическое изделие, выполненное в виде вертикального штыря с изогнутым наконечником в верхней части для удобства использования (рис. 1).

Крепления створ ворот в виде поворотностоечных запоров в вертикальном исполнении являются ненадёжными, так как они, при открытии ворот гаража, вставляются в отверстие в земле, которое никаким образом не защищается от негативного воздействия окружающей среды. Зимой возможно уплотнение снега и образование наледи, что не позволяет надёжно закрепить ворота и повышается вероятность их самопроизвольного закрывания. В тёплое время года данное углубление засоряется почвой, листвой и мусором, что также влияет на эффективность крепления створ ворот.

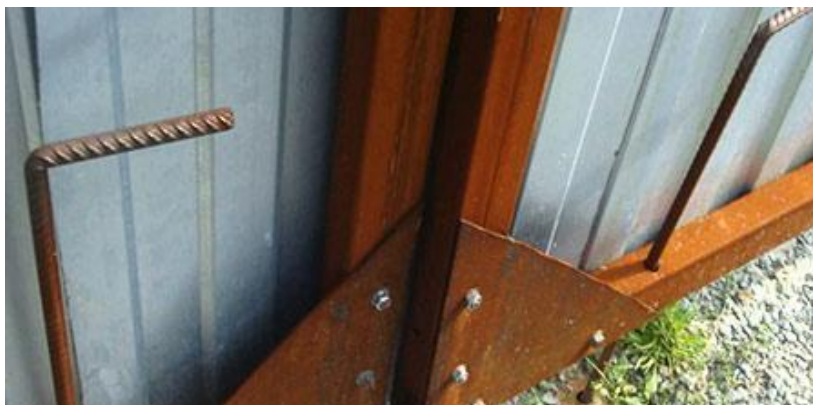


Рис. 1. Металлический запор для ворот

Значительную роль при оценке расположения пожарного депо имеет направление ветра, так как именно оно позволяет судить о вероятности самопроизвольного закрывания ворот гаража пожарной части под воздействием силы ветра. Анализ климатических условий показал, что ветер преобладающего западного направления будет оказывать воздействие на открытые створы ворот гаража 36 ПСЧ «8 ПСО ФПС ГПС ГУ МЧС России по Московской области».

Вследствие этого возникает необходимость разработки более эффективного и надежного устройства для фиксации створ ворот рассматриваемого подразделения пожарной охраны (рис. 2).

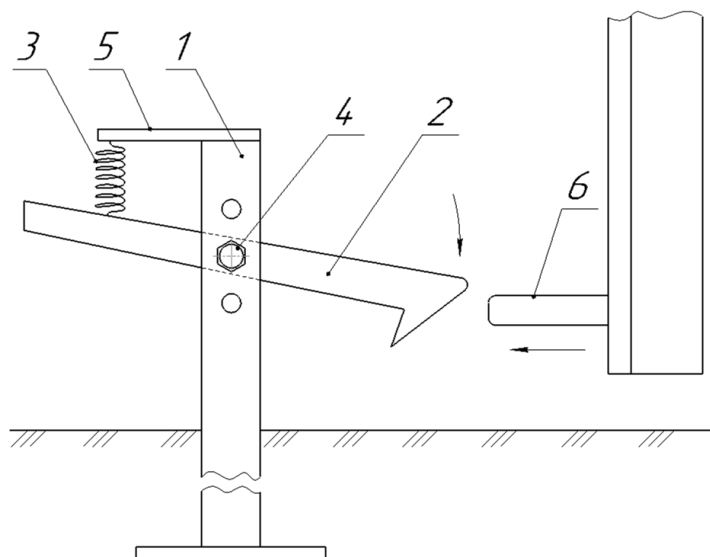


Рис. 2. Общий вид устройства для фиксации ворот:
1 – стойка цилиндрическая; 2 – крюк; 3 – пружина; 4 – ось качения;
5 – пластина-ограничитель; 6 – скоба-фиксатор

Основной частью устройства для фиксации ворот в открытом положении является металлическая стойка 1 кольцевого сечения (рис. 2). Высота стойки определяется величиной заглубления в грунт и высотой расположения нижней границы открываемой створки ворот. Величина заглубления стойки зависит от плотности грунта и должна обеспечивать надежную ее фиксацию от возможного перемещения во всех направлениях. В нашем случае этот параметр составляет 300 мм с дополнительным бетонированием основания стойки. Высоту над уровнем земли выбираем 250 мм с учетом компенсации свободного пространства до нижней границы створок ворот. Таким образом полная длина стойки цилиндрической составляет 550 мм. В случае необходимости указанные выше параметры можно изменить в обе стороны в допустимых пределах. Параметры поперечного сечения стойки определяются на основании прочностного расчета с учетом силовых факторов действующих на нее [3]. Верхняя часть стойки имеет продольный сквозной паз прямоугольного сечения и вертикальный ряд сквозных отверстий круглой формы расположенных в перпендикулярной плоскости к прямоугольному пазу. В прямоугольный паз стойки 1 (рис. 2) вставлен плоский крюк 2 с поперечной осью качания 4. Для возможности регулировки высоты расположения крюка с целью обеспечения надежной фиксации створок ворот, ось 4 имеет возможность переставляться в круглых отверстиях. Пружина 3 (рис. 2), устройства для фиксации ворот, предназначена для упругой фиксации осевого вращения крюка 2. Она позволяет крюку 2 отклоняться на угол достаточный для защелкивания за ответную скобу-фиксатор 6 на створке ворот и надежно ее удерживать.

Принцип работы устройства для фиксации ворот в открытом положении заключается в следующем. Ворота гаража пожарно-спасательной части отпираются из гаража и отталкиваются для открывания. Каждая створка ворот, по инерции доходит до фиксатора установленного с учетом обеспечения нужного угла открывания. Створка ворот ударяется скобой-фиксатором 6 (рис. 2) в крюк 2, который от удара поворачивается относительно оси 4 и за счет усилия пружины 3 защелкивается за скобу-фиксатор 6 удерживая створки ворот в открытом положении. При необходимости закрывания створок ворот необходимо приложить силу (нажать) на свободный конец крюка 2. При нажатии пружина 3 растянется и крюк 2 выйдет из зацепления со скобой-фиксатором 6. Створка ворот освободится.

Для возможности установки разрабатываемого устройства для фиксации необходимо наличие жесткого грунта перед воротами подразделения, ворота должны быть распашного типа с жестким металлическим каркасом в основе для надежного крепления ответной планки.

Предлагаемое устройство для фиксации ворот имеет простую конструкцию, состоит из доступных материалов и имеет невысокую стоимость в отличие от автоматических ворот. Для изготовления фиксатора не требуется применения специального и сложного оборудования и инструмента.

Таким образом, при установке и эксплуатации предложенного устройства фиксация ворот становится более надежной и удобной, сокращается время на ее выполнение, а соответственно и время сбора и выезда по тревоге личного состава подразделения пожарной охраны, при этом уменьшается вероятность травматизма личного состава и повреждения пожарной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ МЧС России от 01 октября 2020 года № 737 «Об утверждении Руководства по организации материально-технического обеспечения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий».
2. «Нормы проектирования объектов пожарной охраны. НПБ 101-95» (утв. ГУГПС МВД РФ, введены Приказом ГУГПС МВД РФ от 30.12.1994 N 36).
3. Легкова И.А., Зарубин В.П., Никитина С.А., Сычев С.А. Возможности современной компьютерной техники для проведения инженерных расчетов. // Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Иваново: ИПСА ГПС МЧС России, 2016. – С.265-267.

УДК 614.843

А. С. Антамохин, В. П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ СУШКИ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Аннотация: материал статьи посвящен вопросу повышения качества проведения технического обслуживания пожарных рукавов; основной акцент в статье сделан на этапе сушки пожарных рукавов после их использования; рассмотрены различные способы сушки рукавов и предложена конструкция для сушки рукавов обеспечивающая качество проведения операции без применения башенной сушилки и других специальных устройств.

Ключевые слова: пожарный рукав, техническое обслуживание пожарных рукавов, хранение рукавов, долговечность рукавов, сушка пожарных рукавов.

A. S. Antamokhin, V. P. Zarubin

DESIGN DEVELOPMENT FOR DRYING FIRE HOSES

Abstract: the material of the article is devoted to the issue of improving the quality of maintenance of fire hoses; the main emphasis in the article is made at the stage of drying

fire hoses after their use; various methods of drying hoses are considered and a design for drying hoses is proposed that ensures the quality of the operation without the use of a tower dryer and other special devices.

Keywords: fire hose, maintenance of fire hoses, storage of sleeves, durability of sleeves, drying of fire hoses.

Техническое обслуживание пожарных рукавов является важным мероприятием для предотвращения преждевременного выхода их из строя. Комплекс мероприятий достаточно обширный и требует выполнения всех этапов. Одним из основных мероприятий является сушка рукавов после их отмачивания и мойки [1,2]. Невыполнение сушки или нарушение ее режимов негативно сказывается на долговечности рукавов и может привести к преждевременному выходу их из строя.

В настоящее время вопрос сушки стоит достаточно остро. Это связано с тем, что один из самых эффективных способов сушки рукавов в башенных сушилках недоступен большинству пожарно-спасательных частей. Отсутствие башенных сушилок или не надлежащее их техническое состояние не позволяет качественно проводить обслуживание рукавов. Сушка рукавов в горизонтальном положении не позволяет эффективно отводить влагу с наружной и внутренней поверхностей рукава, что значительно увеличивает время сушки. Отечественная и зарубежная промышленность выпускает специальные сушильные шкафы для сушки рукавов [3]. Однако конструкция шкафов не позволяет сушить рукава в расправленном виде, что приводит к образованию перегибов и заломов на рукавах. Кроме этого стоимость такого оборудования достаточно высокая и не все пожарно-спасательные части могут быть укомплектованы сушильными шкафами. В условиях отсутствия башенных сушилок и сушильных шкафов рукава сушат непосредственно на территории гаражных боксов или участках для технического обслуживания рукавов, а при благоприятных погодных условиях на фасаде пожарно-спасательной части. Такие способы достаточно трудоемкие, рукава расположенные для сушки на территории боксов затрудняют перемещение техники и персонала и не обеспечивают должного качества сушки.

В настоящей работе предлагается специальная конструкция для сушки рукавов на территории участка по ремонту и техническому обслуживанию рукавов. Общий вид конструкции представлен на рисунке 1.

Основное назначение конструкции – сушка рукавов после их использования и мойки. Вид конструкции ориентирован на размещение рукавов в полную длину на ограниченном участке помещения. Возможность сушки рукавов в расправленном состоянии минимизирует образование заломов и перегибов и обеспечивает полное стекание влаги, что улучшает процесс испарения влаги как с наружных так и внутренних поверхностей рукава.

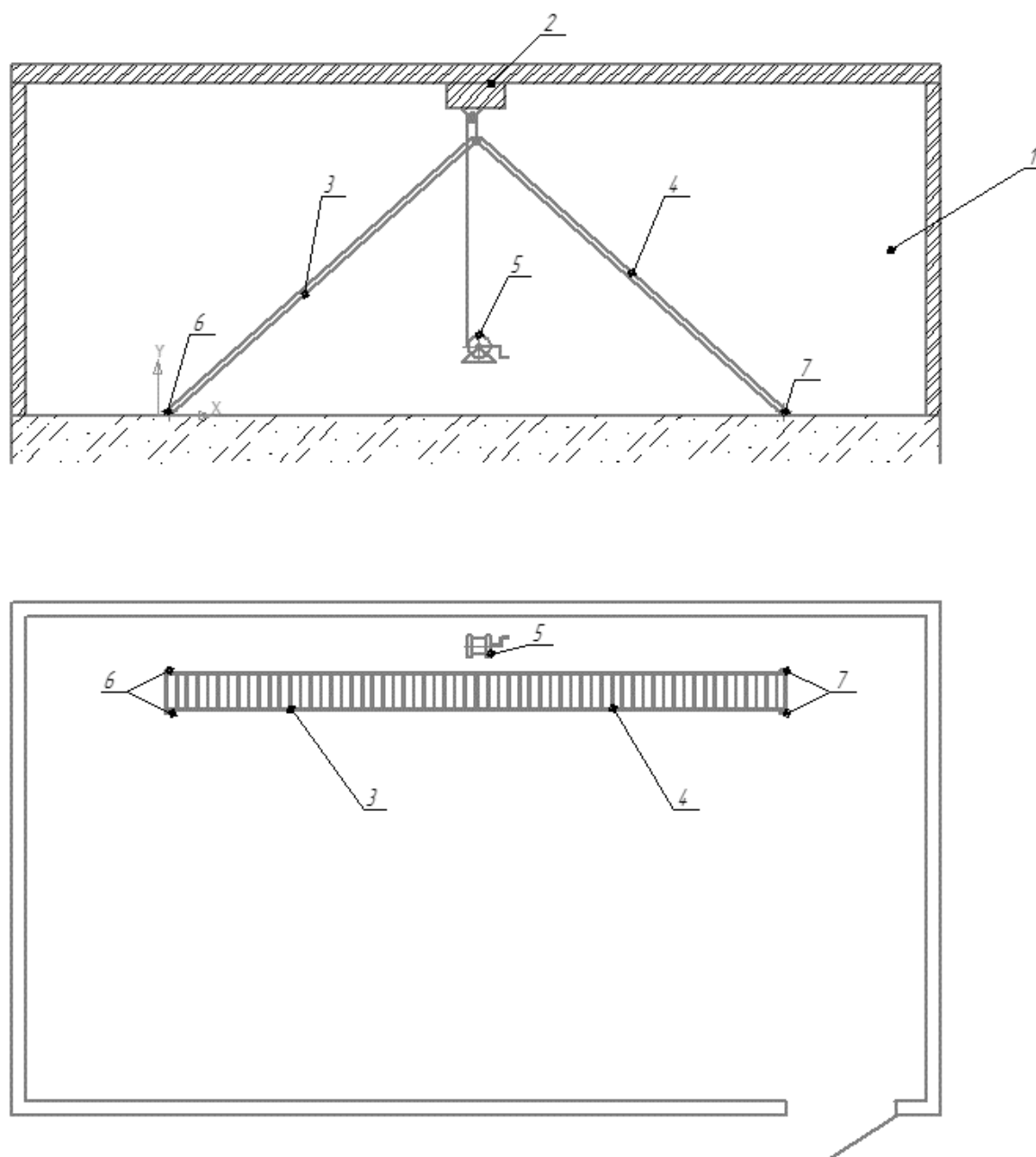


Рис. 1. Общий вид конструкции для сушки пожарных рукавов
1 – помещение участка; 2 – балка потолочная; 3, 4 – секции сварные;
5 – подъемный механизм; 6, 7 – колесо опорное

В помещении участка по техническому обслуживанию и ремонту пожарных рукавов 1 (рис. 1) на расстоянии 0,3 м от стены на полу располагается сварная конструкция состоящая из двух секций 3 и 4 (рис.1) шарнирно соединенных между собой. Рамка секций выполнена из уголка, поперечные балки из прутка. Общий вид сварной секции представлен на рисунке 2.

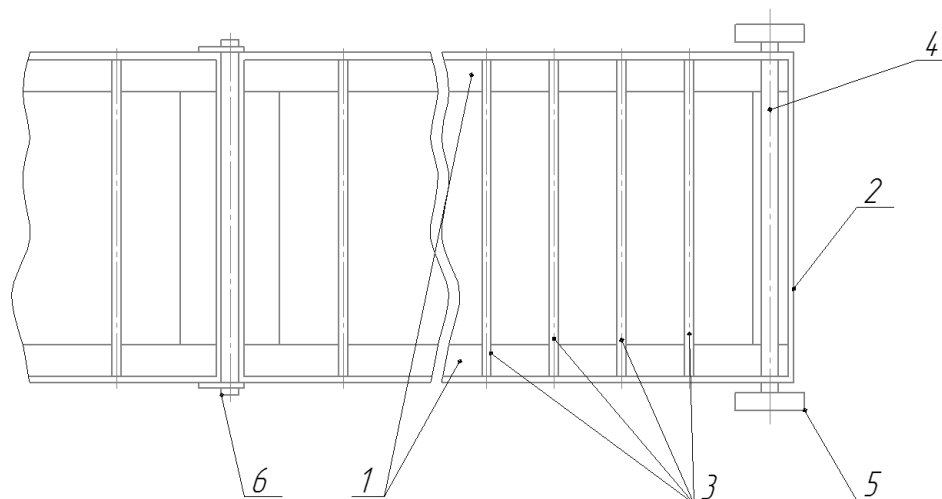


Рис. 2. Секция сварная конструкции для сушки пожарных рукавов
 1 – уголок продольный; 2 – уголок поперечный; 3 – поперечные балки; 4 – ось;
 5 – колесо; 6 – ось шарнира

К оси шарнира 6 (рис. 2) крепится трос подъемного механизма 5 (рис. 1). При вращении ручки подъемного механизма 5 (рис. 1) средняя часть конструкции поднимается вверх к балке 2 (рис.1). При этом правый и левый конец секций 3 и 4 опираясь на колеса 6 и 7 передвигаются по полу. В максимально поднятом состоянии секции 3 и 4 занимают положение под углом 20 градусов к полу. Для приведения секций 3 и 4 в исходное положение достаточно переключить подъемный механизм 5 в режим опускания и вращая ручку опустить среднюю часть конструкции. При этом левый и правый конец секций на колесах переместятся на максимальное расстояние друг от друга.

Принцип сушки рукавов на предлагаемой конструкции заключается в следующем. Секции 3 и 4 конструкции занимают горизонтальное положение на уровне пола. На них раскатываются пожарные рукава требующие сушки. Ширина секций рассчитана с учетом одновременного расположения до пяти рукавов. С помощью подъемного механизма средняя часть секций поднимается и рукава вместе с секциями занимают наклонное положение. Угол наклона обеспечивает естественное стекание влаги из рукавов. В таком положении рукава находятся до полного высыхания. Сушка осуществляется за счет естественного испарения влаги. Расположение конструкции в помещении участка обеспечивает защиту рукавов от воздействия на них атмосферных осадков и негативного действия ультрафиолета, что позволяет проводить сушку в любое время года при любых погодных условиях. После завершения сушки конструкция опускается в горизонтальное положение и рукава скатываются для размещения на стеллажах или в отсеках пожарного автомобиля.

Для удобства скатки сухих пожарных рукавов на конструкции для сушки предусмотрен специальный быстросъемный механизм. Общий вид быстросъемного механизма для скатки рукавов представлен на рисунке 3.

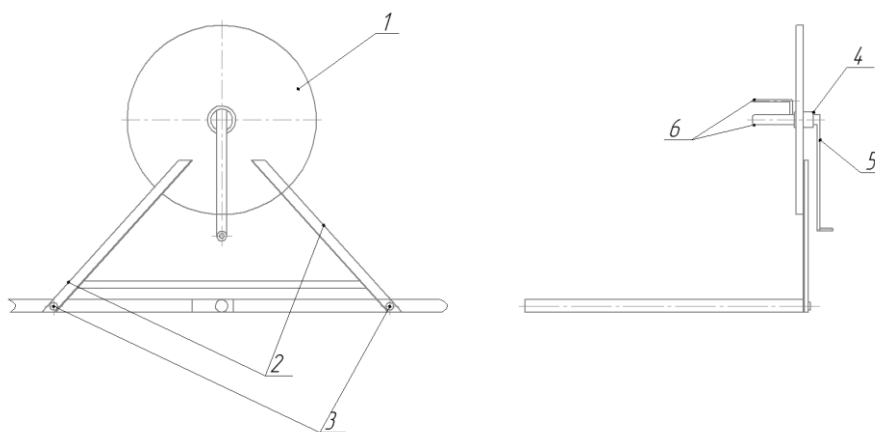


Рис. 3. Быстросъемный механизм для скатки пожарных рукавов
1 – диск; 2 – опоры; 3 – штырь; 4 – втулка; 5 – ручка; 6 – ось намотки

Быстросъемный механизм устанавливается в отверстия секций 3 и 4 (рис. 1) над осью 6. По средствам опор 2 (рис. 3) и штырей 3 диск 1 располагается над серединой расправленных рукавов лежащих на конструкции. Сухой рукав накидывается на ось намотки 6 (рис. 3). При вращении ручки 5 ось намотки 6 начинает вращаться во втулке 4 и рукав скатывается образуя двойную скатку. После завершения скатки рукав снимается с оси намотки 6 и укладывается на стеллаж или в отсек пожарного автомобиля.

Таким образом, предлагаемая конструкция позволит улучшить процесс сушки пожарных рукавов и облегчит работы по их скатке в условиях отсутствия башенных сушилок и сушильных шкафов. Относительная компактность конструкции позволяет разместить до пяти рукавов в расправленном состоянии на ограниченной площади помещения. Отсутствие дорогостоящих материалов в конструкции, а так же простота ее изготовления делает ее доступной для изготовления в условиях ремонтной мастерской пожарно-спасательной части. Эксплуатация и обслуживание устройства не требует специальной подготовки персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53277-2009 Техника пожарная. Оборудование по обслуживанию пожарных рукавов. Общие технические требования. Методы испытаний.
2. НПБ 152-2000 Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Технические требования пожарной безопасности. Методы испытаний.
3. Эксплуатация пожарной техники: Справочник / Ю.Ф. Яковенко, А.И. Зайцев, Л.М. Кузнецов и др. – М.: Стройиздат, 1991. – 451 с.

УДК 620

Д. М. Борисов, А. В. Топоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ ПНЕВМОГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация: В данной работе приводятся общие сведения о компоновке пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента с учетом замечаний, сделанных на основании его опытного использования.

Ключевые слова: Гидравлический аварийно-спасательный инструмент, испытание, привод, компоновка, эргономика

D. M. Borisov, A. V. Toporov

DEVELOPMENT OF THE LAYOUT SCHEME OF THE PNEUMOHYDRAULIC DRIVE OF THE HYDRAULIC RESCUE TOOL

Abstracts: This paper provides general information about the layout of the pneumohydraulic drive of the hydraulic rescue tool, taking into account the comments made on the basis of its experimental use.

Keywords: Hydraulic emergency rescue tool, testing, drive, layout, ergonomics

Гидравлический аварийно-спасательный инструмент приводится в действие различными внешними источниками энергии – ручным насосом, электроприводным насосом, моторизированным насосом. Недостатком насосов с двигателями внутреннего сгорания является трудоемкость обслуживания, необходимость хранения и транспортировки топлива, проблемы с запуском при низких температурах. Ручные насосы просты в эксплуатации и обслуживании, однако менее эффективны, по сравнению с бензиновыми насосами, и требуют для работы дополнительную единицу расчета из числа личного состава. Электрические насосные станции имеют ограниченное время работы, определяемое емкостью батарей. В пневмоприводных насосах в качестве источника энергии использовать газ под давлением. Накопленный в ресивере газ воздействует на рабочую жидкость, которая по шлангам высокого давления подается к исполнительному органу [1].

Часто работа пожарных и спасателей происходит в непригодной для дыхания среде. Для этих случаев пожарные оснащены дыхательными аппаратами, также размещенными на спине. Для решения проблемы совмещения дыхатель-

ного устройства и пневмоприводного насоса была разработана конструкция привода, позволяющая приводить в действие гидравлический аварийно-спасательный инструмент и снабжать воздухом дыхательную систему. Созданный опытный образец отличается тем, что он дополнительно оснащен дыхательной системой со сжатым воздухом (рис. 1) [2].

Были проведены испытания привода, по результатам которых был выявлен ряд недостатков, основными из которых является значительная масса, достигающая 40 кг, невозможность использовать дыхательный аппарат без системы привода, низкая эргономичность.

Предлагается следующая компоновка устройства (рисунок 2).



Рис. 1. Пневмогидравлический привод, совмещенный с дыхательным аппаратом

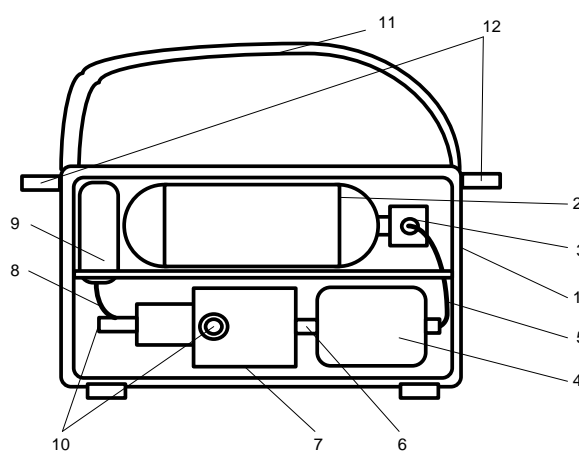


Рис. 2. Предлагаемая компоновка пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента

Корпус 1, изготовленный из легких сплавов, выполнен в виде несущей рамной конструкции разделен на две секции. В верхней секции помещается баллон со сжатым воздухом 2, снабженный редуктором 3. В нижней секции помещается рабочая часть, состоящая из ресивера 4 присоединенного при помощи шланга 5 к редуктору 3. К ресиверу 4 с через штуцер 6 присоединяется пневмогидравлический насос 7, преобразующий давление сжатого воздуха в давление рабочей жидкости. К пневмогидравлическому насосу 7 через шланг 8 подключен расширительный бачек 9, в котором находится запас жидкости для гидравлической системы. Рукава высокого давления, подключенные к гидравлическому аварийно-спасательному инструменту (не показаны) присоединяются к быстроразъемным соединениям 10 расположенным на пневмогидравлическом насосу 7. Для удобства переноски к корпусу 1 крепится плечевой ремень 11, и ручки 12.

Представленная компоновка привода, по сравнению с первоначальной имеет ряд достоинств:

- независимость дыхательной системы и пневматической системы привода по используемым баллонам;
- возможность применения привода отдельно от дыхательной системы;
- возможность оставить привод на месте проведения аварийно-спасательных работ при необходимости экстренной эвакуации.

Таким образом, изготовление пневмогидравлического привода в виде отдельного блока, и исключение из него дыхательного аппарата является более рациональным с точки зрения эргономики, удобства эксплуатации и гибкости применения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков П.В., Топорова Е.А., Топоров А.В., Киселев В.В., Марков В.В. Гидравлический аварийно – спасательный инструмент с пирогенератором давления рабочей среды. Патент на полезную модель RU 115267 U1. – 2012.

2. Топоров А.В., Малый И.А., Киселев В.В., Потемкина О.В., Маслов А.В., Иванов В.Е., Пучков П.В., Зарубин В.П., Кропотова Н.А., Покровский А.А., Легкова И.А., Мальцев А.Н. Переносной гидравлический аварийно-спасательный инструмент. Патент на полезную модель RU (11) 175 901 (13) U1. – 2017.

УДК 621.787

М. Ю. Волкова, И. А. Малафеева

ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D ПРИНТЕРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕХМЕРНОГО ОБЪЕКТА

Аннотация: Статья посвящена актуальным проблемам 3d моделирования и визуализации объекта в учебном процессе на примере создания вазы. Анализируется комплексное влияние различных факторов на качество изделия. К ним относятся как вопросы моделирования, выбор различных режимов воспроизводства, так и выбор использованного материала.

Ключевые слова: конструирование и параметрическое моделирование, трехмерная графика, примитивы, полигоны, булевы операции, конструктивные особенности.

M. Y. Volkova, I. A. Malafeeva

USING A 3D PRINTER TO MODEL AND VISUALIZE A THREE-DIMENSIONAL OBJECT

Abstract: The article is devoted to the actual problems of 3D modeling and visualization of an object in the educational process by the example of creating a vase. The complex influence of various factors on the quality of the product is analyzed. These include both modeling issues and the choice of different playback modes, as well as the choice of the material used.

Keywords: construction and parametric modeling, three-dimensional graphics, primitives, polygons, Boolean operations, design features.

Как известно, при решении проблем расчета и конструирования машин и механизмов применяется комплексный системный подход с использованием программных средств компьютерного проектирования, моделирования и 3D печати. Одной из самых популярных программ для 3D моделирования в настоящее время считается Blender. На основе сочетания различных технологий возможен комбинаторный выбор наилучших вариантов для печати модели на принтере.

Программа Blender это многофункциональный софт, позволяющий работать с трехмерной графикой. В то же время программа позволяет выполнять концептуальный дизайн, включающий методику вычислительного проектирования или же параметрического моделирования, что дает возможность оценить риски технологического процесса. Параметрическое моделирование использует размерную комбинаторику элементов модели, а также соотношения между отдельными частями, что позволяет наглядно оценить как эстетические свойства, так и конструктивные особенности.

Параметризация дает возможность за короткое время сравнить различные варианты построения с помощью изменения размеров или геометрических соотношений. Для получения 3D модели, максимально учитывающей одновременно многие факторы, необходимо иметь возможность закладывать в процесс проектирования требуемое количество данных и ограничений. Параметрические методы работают с самыми актуальными данными. В результате исследований доказано, что проектирование, берущее за основу параметрические методы исследования, становится фундаментальным условием для создания изделия.

Целью работы стало исследование, изучение и применение на практике различных методов и возможностей программа Blender 3D и 3D принтера, а также контроль качества применяемого материала.

В рамках работы по 3D моделированию выявлено, что в программе доступно большое количество инструментов для создания и редактирования 3D моделей самых разных уровней сложности. На практическом примере доказано, что моделировать объекты можно при помощи доступных примитивов, полигонов, NURBS-кривых и кривых Безье. Дополнительно предусмотрен функционал для формирования метасфер и управления формой при помощи булевых операций (рис.1).

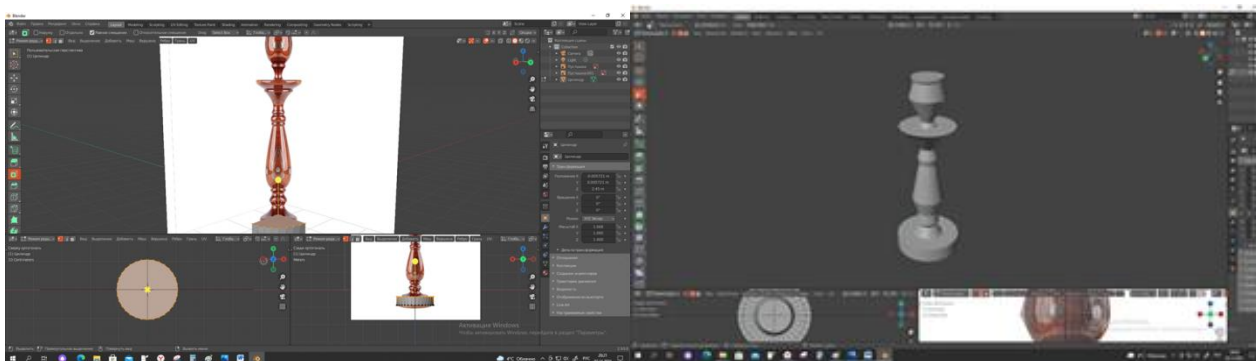


Рис. 1. Пример моделирования вазы в программе Blender 3D

Функциональная задача в целом заключалась в изучении и анализе всех этапов процесса визуализации, позволяющих в полной мере получить качественное воспроизведение предмета в заданном масштабе, с решенными конструктивными и технологическими характеристиками. При этом сумму всех условий, наилучшим образом обеспечивающих процесс воспроизводства модели определили комплексом функциональных условий.

В рамках поэтапного моделирования в программе Blender объект помещался на плоскость, при этом задавались оптимальные параметры для 3д печати данной модели перед слайсингом («нарезкой» модели на слои). Затем, с помощью встроенной программы-слайсера CuraEngine модель разрезалась на слои, для нависающих объектов, для улучшения качества печати нависающих объектов были заданы опоры (рис.2).

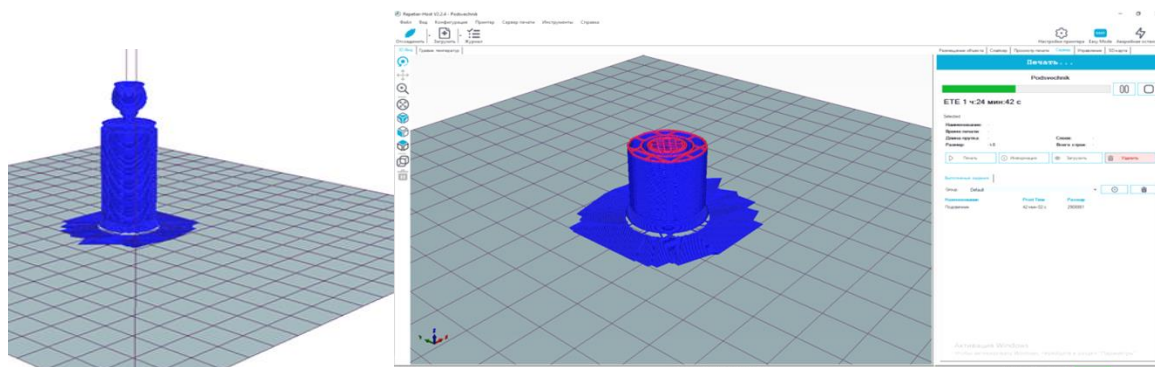


Рис. 2. Результат работы встроенной программы-слайсера CuraEngine

В результате исследований и последовательных экспериментов было выявлено, что Cura 3D является оптимальной программой для печати (рис. 3).

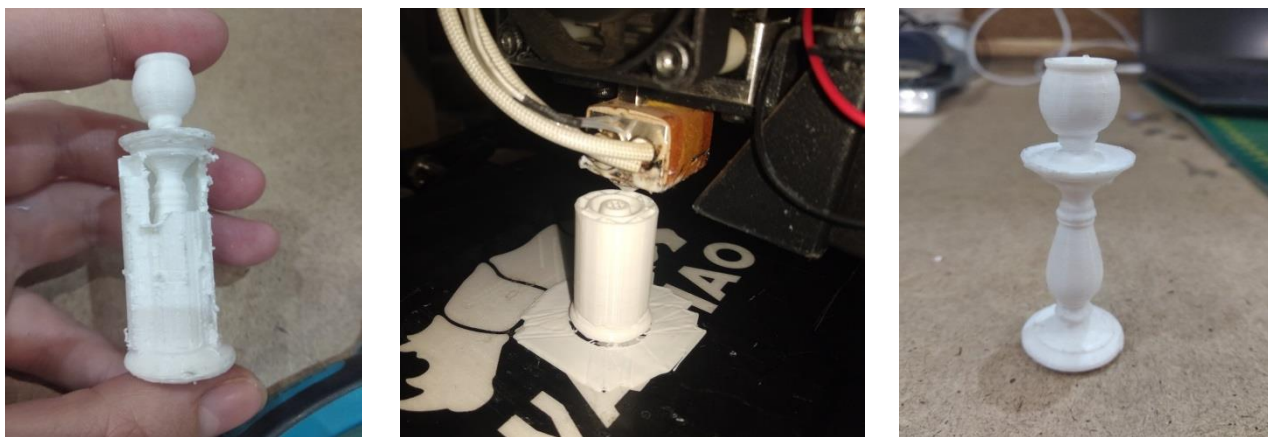


Рис. 3. Результат работы встроенной программы-слайсера CuraEngine

Cura 3D берет 3D-модель и нарезает ее (slice) на слои. Таким образом получается файл, известный как G-Code, в котором содержатся коды, понимаемые 3D-принтером. Для исследований использован принтер WANHAO DUPLICATOR I3.

Для того чтобы модель можно было напечатать на 3д принтере, в программе Блендер, модель подсвечника экспортировалась в stl формат. Далее включалась программа Repetier-Host V2.2.4.

В исследованиях для печати модели использовался белый пластик PLA.

Для PLA пластика на принтере задавались данные характеристики:

- температура стола – 50 С⁰;
- температура экструдера – 210 С⁰.

Экспериментальным путем подобраны оптимальные характеристики взаимодействия различных программных средств и выбранного материала для выполнения качественной модели подсвечника. Экспериментальным путем доказано, что процесс воспроизводства модели определяется комплексом функциональных условий.

Наилучший результат обеспечивается при соблюдении всех технических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю. Исследование законов формообразования геометрических тел // Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. Иваново, 2019.

2. Волкова М.Ю., Куликов С.А. 3D моделирование и визуализации трехмерного объекта в учебном процессе на примере создания модели самолета // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XII Всерос-

сийской научно-практической конференции. ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2021. С.

3. Волкова М.Ю. [Инструменты вычислительного и аналитического моделирования для проектирования объектов](#) // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 391-393.

УДК 621.787

М. Ю. Волкова

ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ПЕЧАТИ 3D ПРИНТЕРА ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТРЕХМЕРНОГО ОБЪЕКТА

Аннотация: Статья посвящена актуальным проблемам 3d моделирования и 3D печати. Анализируется комплексное влияние различных факторов на окончательное качество изделия. К ним относятся как вопросы технического моделирования, выбор различных режимов печати, выбор применяемого материала.

Ключевые слова: модели для печати, трехмерная графика, примитивы, полигоны, булевы операции, конструктивные особенности, многофункциональный софт.

M. Y. Volkova

INVESTIGATION OF 3D PRINTER PRINTING FEATURES IN MODELING AND VISUALIZATION OF A THREE-DIMENSIONAL OBJECT

Abstract: The article is devoted to the actual problems of 3D modeling and 3D printing. The complex influence of various factors on the final quality of the product is analyzed. These include issues of technical modeling, the choice of different printing modes, the choice of the material used.

Keywords: models for printing, three-dimensional graphics, primitives, polygons, Boolean operations, design features, multifunctional software.

Как известно, при решении проблем расчета и конструирования машин и механизмов широко используются программные средства компьютерного проектирования, моделирования и 3D печати. Одной из самых популярных про-

грамм для 3D моделирования в настоящее время считается Blender. На основе сочетания различных технологий возможен комбинаторный выбор наилучших вариантов для печати модели на принтере.

Программа Blender это многофункциональный софт, позволяющий работать с трехмерной графикой. В то же время программа дает возможность выполнять концептуальный дизайн, включающий методику вычислительного проектирования или же параметрического моделирования. Это дает возможность оценивать риски технологического процесса. Параметрическое моделирование использует размерную комбинаторику элементов модели, а также соотношения между отдельными частями, что позволяет наглядно оценить как эстетические свойства, так и конструктивные особенности.

Параметризация дает возможность за короткое время сравнить различные варианты построения с помощью изменения размеров или геометрических соотношений. Для получения 3D модели, максимально учитывающей одновременно многие факторы, необходимо иметь возможность закладывать в процесс проектирования требуемое количество данных и ограничений. Параметрические методы работают с самыми актуальными данными. В результате исследований доказано, что проектирование, берущее за основу параметрические методы исследования, становится фундаментальным условием для создания изделия.

Целью работы стало исследование, изучение и применение на практике различных методов и возможностей программа Blender 3D и 3D принтера, а также контроль качества получаемого изделия и зависимость качества от применяемого материала и расположения модели при печати.

В рамках работы по 3D моделированию выявлено, что в программе доступно большое количество инструментов для создания и редактирования 3D моделей самых разных уровней сложности. На практическом примере доказано, что моделировать объекты можно при помощи доступных примитивов, полигонов, NURBS-кривых и кривых Безье. Дополнительно предусмотрен функционал для формирования метасфер и управления формой при помощи булевых операций (рис.1).

В ходе исследования при печати модели были использованы два пластика:

ABS (черный) и PLA (белый). Для ABS пластика на принтере задавались данные характеристики:

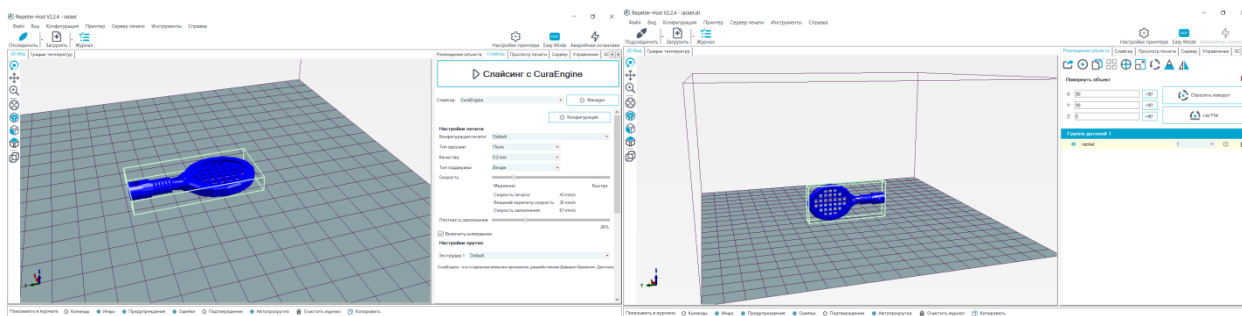
Температура стола – 90⁰ С

Температура экструдера – 245⁰ С

Для PLA пластика на принтере задавались данные характеристики:

Температура стола – 50⁰ С

Температура экструдера – 210⁰ С



а)

б)

Рис. 1. Пример вариантов фиксирования положения предмета в программе Blender 3D: а – горизонтальное расположение при печати; б – положение горизонтальное на ребро

Функциональная задача в целом заключалась в изучении и анализе всех этапов процесса визуализации, позволяющих в полной мере получить качественное воспроизведение предмета в заданном масштабе, с решенными конструктивными и технологическими характеристиками. При этом сумму всех условий, наилучшим образом обеспечивающих процесс воспроизводства модели определили комплексом функциональных условий.

В рамках поэтапного моделирования в программе Blender объект помещался на плоскость, при этом задавались оптимальные параметры для 3д печати данной модели перед слайсингом («нарезкой» модели на слои). Затем, с помощью встроенной программы-слайсера CuraEngine модель разрезалась на слои, для нависающих объектов, для улучшения качества печати нависающих объектов были заданы опоры (рис.2).

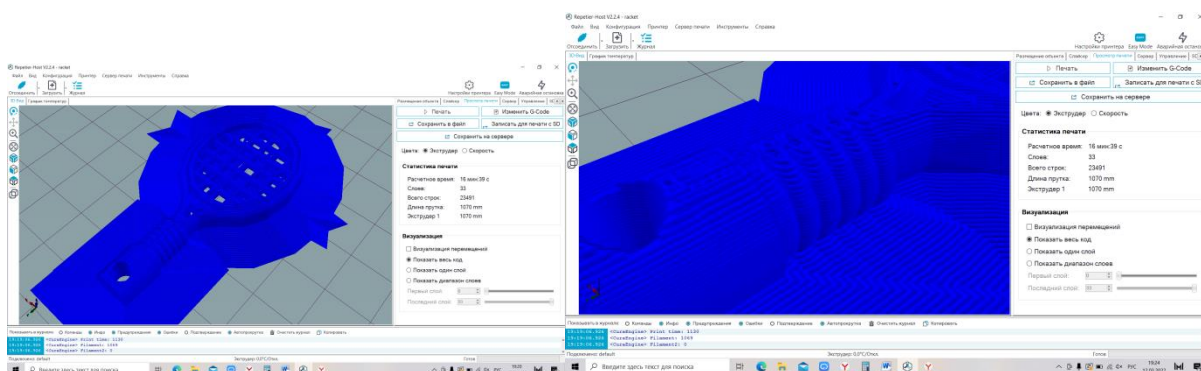


Рис. 2. Результат работы встроенной программы-слайсера CuraEngine

В результате исследований и последовательных экспериментов было выявлено, что Cura 3D является оптимальной программой для печати (рис. 3).

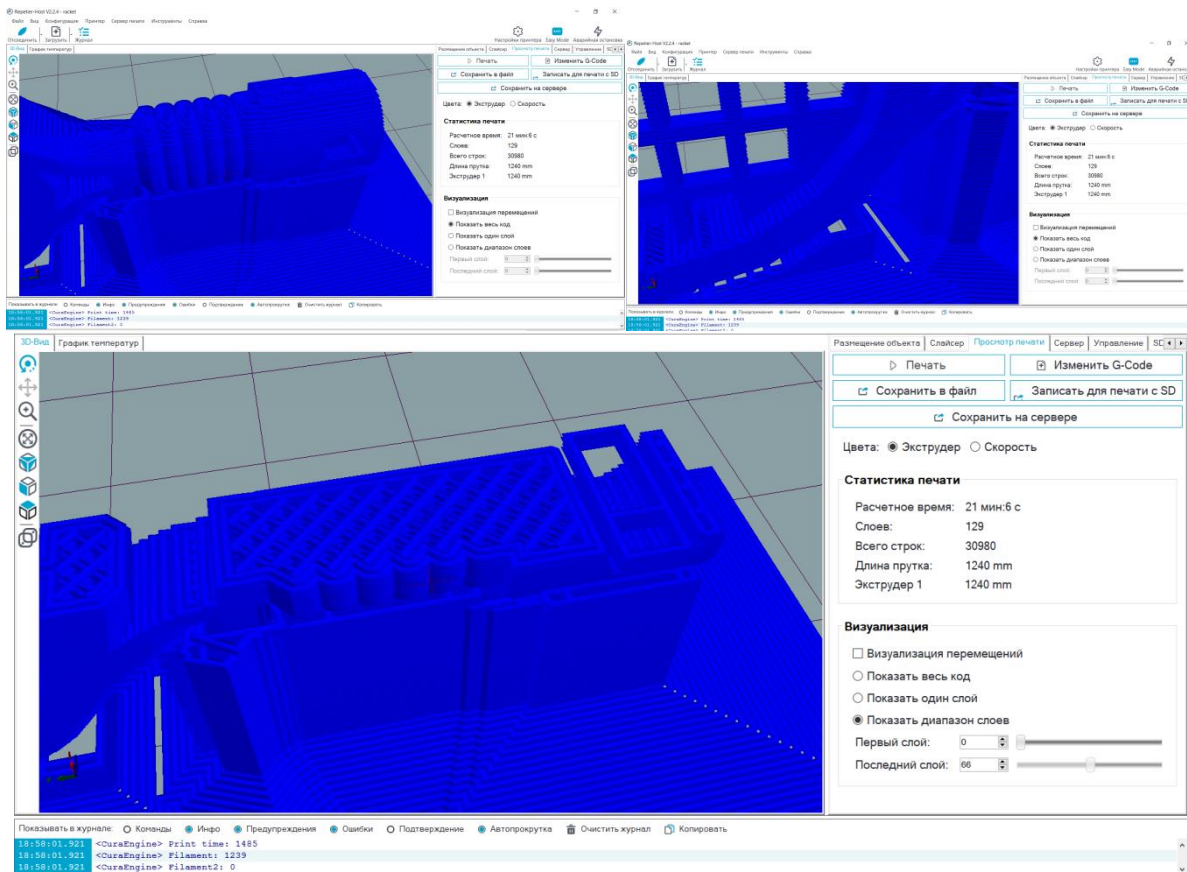


Рис. 3. Проверка качества воспроизводства объекта в программе-слайсера CuraEngine

Cura 3D берет 3D-модель и нарезает ее (slice) на слои. Таким образом получается файл, известный как G-Code, в котором содержатся коды, понимаемые 3D-принтером. Для исследований использован принтер WANHAO DUPLICATOR I3.

Для того чтобы модель можно было напечатать на 3D принтере, в программе Блендер, модель подсвечника экспортировалась в stl формат. Далее включалась программа Repetier-Host V2.2.4.

В результате проведенных экспериментов (рис. 4) выявлено, что при фиксированном положении модели для печати в горизонтальном положении (рис. 4а), пластик стекает одновременно на достаточно большой площади (относительно размера модели), образуя, тем самым, брак, не поддающийся корректировке.

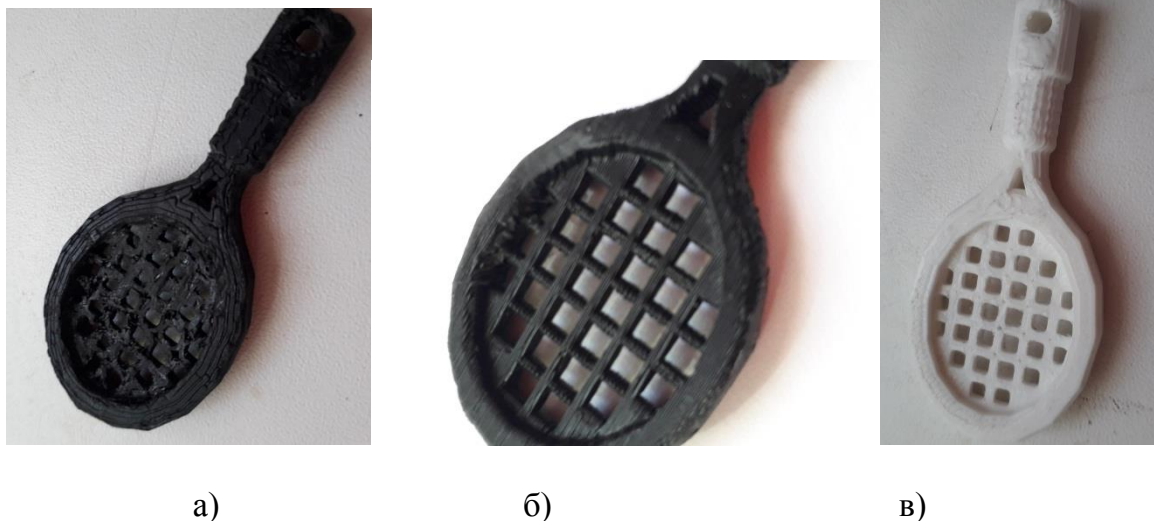


Рис. 4. Образцы, полученные в рамках проводимого эксперимента

Брак на нижней части сетки образовался на нижней поверхности ракетки в результате оплавления в процессе печати. Технологический процесс предполагает нагрев поверхности рабочей зоны 3D принтера, при этом температура разогрева доходит до 90 градусов Цельсия. При этом температуру поверхности уменьшать не рекомендуется в связи с тем, что в таком случае модель не будет плотно закреплена на поверхности и экструдер при движении в процессе печати может ее сорвать.

При расположении модели ребром к поверхности рабочей зоны (рис. 4б) качество печати улучшилось, выставлены опоры под ручку ракетки. Но рассматривая выполнение модели в совокупности с используемыми характеристиками пластика ABS (это и высокая температура стола принтера, и высокая температура экструдера) отмечено, что могут возникать дефекты в результате остывания материала в изделии. Это различные сколы и трещины.

PLA (белый) пластик по своим характеристикам более мягкий, в отличие от ABS (черный) пластика. Характеристики печати, при этом, позволяют производить создание модели при меньших температурах. В результате модель получилась наиболее качественная и требующая, в отличие от моделей с большей твердостью, меньших затрат по окончательной обработке поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю. Исследование законов формообразования геометрических тел // Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина. Иваново, 2019.
2. Волкова М.Ю., Куликов С.А. 3D моделирование и визуализации трехмерного объекта в учебном процессе на примере создания модели самолета // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XII Всерос-

сийской научно-практической конференции. ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. 2021.

3. Волкова М.Ю. [Инструменты вычислительного и аналитического моделирования для проектирования объектов](#) // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 391-393.

УДК 621.787

М. Ю. Волкова, Н. Л. Павлюкова

ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Аннотация: Статья посвящена методически обоснованному использованию электронных средств компьютерной графики в учебном процессе. Исследование направлено на организацию и применение современных концепций в высшем образовании согласно ФОС.

Ключевые слова: Учебный процесс, образовательная деятельности, системы автоматизированного проектирования, методический подход, компетенции.

M. Yu. Volkova, N. L. Pavlyukova

THE USE OF ELECTRONIC MEANS OF COMPUTER GRAPHICS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Annotation: The article is devoted to the methodically justified use of electronic means in the educational process. The research is aimed at the organization and application of modern concepts in higher education in accordance with WCF.

Keywords: educational process, educational activity, electronic means, methodological approach, resource provision. Annotation.

В настоящее время проблемы расчета и конструирования машин и механизмов заложены в стандарты высшего образования и предполагают формирование у студентов согласованного комплекса компетенций. Использование электронных средств компьютерной графики в учебном процессе позволяет успешно решать практические задачи в широком спектре разнообразных профессиональных ситуаций.

Взаимодействие со студентами, как с участниками единого образовательного процесса, направлено не только на увеличение заинтересованности в получении выбранной профессии, но и направить их усилия на повышение качества образования. Это особенно актуально с увеличенной в последнее время долей онлайн занятий.

Современное комплексное образование предполагает, в том числе, создание достаточно объемного электронного ресурсного обеспечения по дисциплинам инженерной графики. Разработка методических пособий, безусловно, занимает свое традиционное место. При этом создание их носит более глубокий поэтапный характер. Это дает возможность выполнять большой объем графических работ самостоятельно.

Учитывая, что в настоящее время на предприятиях широко используются такие системы автоматизированного проектирования (САПР) как AutoCAD и КОМПАС. Так использование методических рекомендаций в AutoCAD, системе автоматизированного проектирования, позволяет последовательно и самостоятельно выполнять задания по 3D И 2D моделированию (рис. 1).

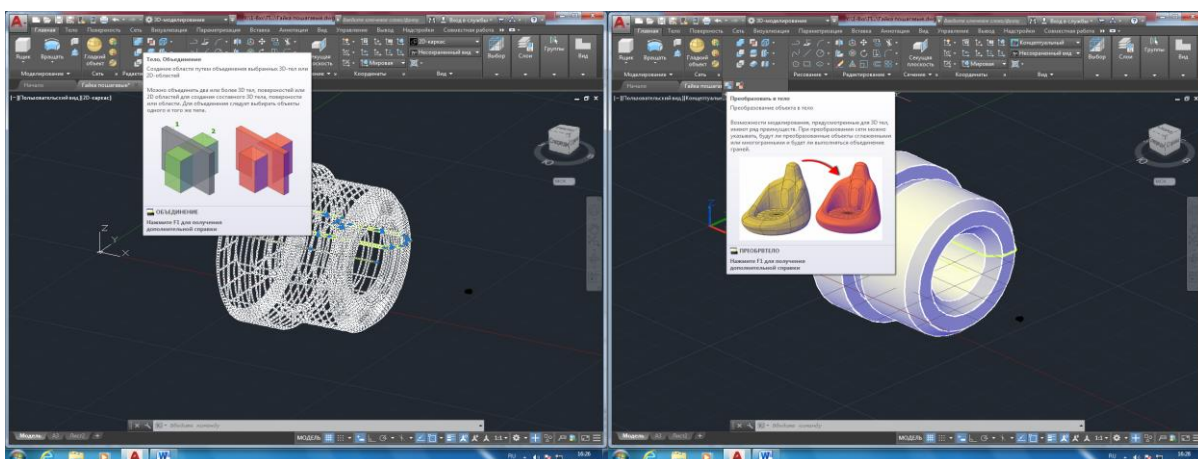


Рис. 1. Пример создания детали с использованием электронных средств компьютерной графики

Так как на протяжении всего периода обучения, в соответствии с заданными компетенциями, студенты выполняют множество графических работ. Использование электронных средств интернет-ресурсов позволяет организовать достаточно мобильное взаимодействие студент-преподаватель. При этом информационные и коммуникационные технологии (ИКТ), позволяют повысить значимость проведенных работ в рамках их представления в электронном виде и в онлайн-режиме. Навыки, приобретаемые в процессе подготовки творческих заданий и исследований, помогают студентам выполнять плановые графические работы на более высоком качественном уровне.

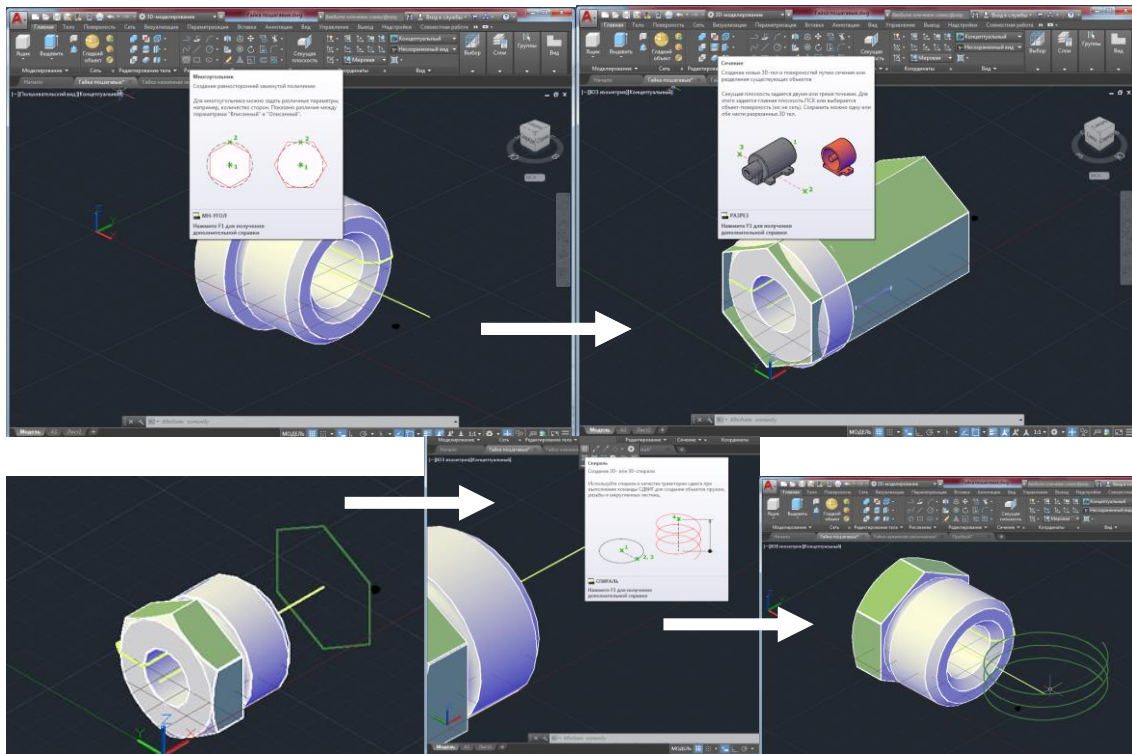


Рис. 2. Пример этапов создания детали

Методический подход для комплексного решения конкретных задач при подготовке тех или иных графических работ различен, но методологические основы, такие как систематичность, анализ, структурирование являются общими для всех работ по инженерной графике, равно как и правила оформления выполняемых работ в соответствии с ГОСТ (рис. 3).

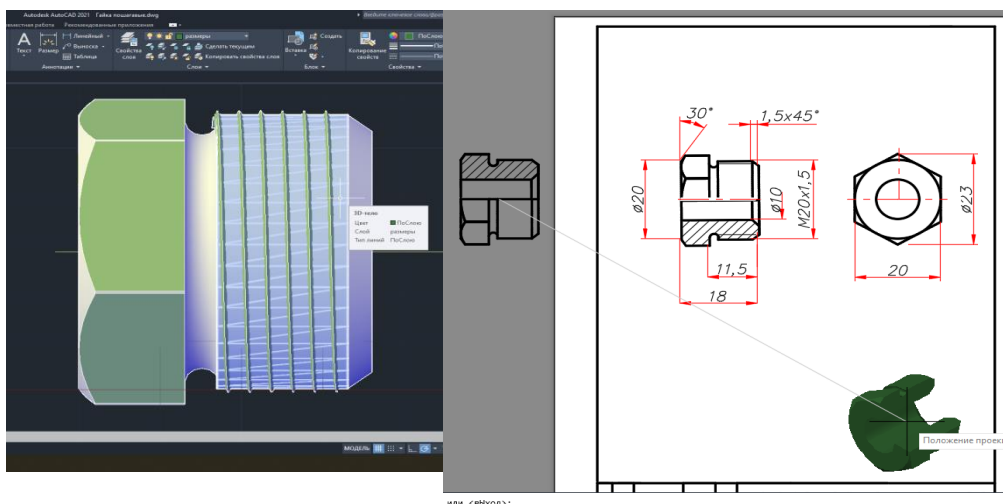


Рис. 3. Пример 2D проектирования детали

Отмечено, что, качество современного учебного процесса это составная процессуальная часть дидактической системы напрямую связанная с улучшением технологий и методов обучения.

Электронные учебные ресурсы позволяют освоить программы AutoCAD, КОМПАС как в объеме, необходимом для учебного процесса так их углубленные варианты для улучшения профессиональных навыков. Учебные студенческие работы способны продемонстрировать профессиональные компетенции, а также профессиональные способности использования своих теоретических знаний в практической деятельности.

Выявлено, что наилучшие результаты достигаются при использовании комплексного сочетания в образовательном процессе различных программных и электронных ресурсов, а также комплексного подхода по формированию компетенций в образовательном процессе.

В результате исследований выявлено, что концепция качества образования складывается одновременно из нескольких составляющих: определение новых подходов и путей реализации, формирование различных показателей оценки учебной деятельности, аспектов качества каждого этапа образовательного процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова М.Ю. Инструменты вычислительного и аналитического моделирования для проектирования объектов // В сборнике: Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов X Всероссийской научно-практической конференции. 2019. С. 391-393.

2. Павлюкова Н.Л., Волкова М.Ю. Современные проблемы технического регулирования, сертификации и стандартизации в области машиностроения // Материалы международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии» (XXI Бенардосовские чтения), 2021 г.: материалы конференции.

УДК 621.1

М. Д. Воробьев, И. И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛИ

Аннотация: Объектом исследования является оптимизация базового технологического процесса изготовления заданной детали.

Ключевые слова: обработка, оптимизация, точность, технологический процесс, обрабатывающий центр.

M. D. Vorobiev, I. I. Vedernikova

IMPROVEMENT OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF MANUFACTURING PARTS

Abstract: The object of the study is the optimization of the basic technological process of manufacturing a given part.

Keywords: processing, optimization, accuracy, technological process, processing center.

На данный момент для каждого машиностроительного предприятия очень важно оставаться конкурентоспособным. Чтобы сохранить конкурентоспособность предприятия требуется повысить его эффективности работы. Данную задачу можно решить проведением оптимизации технологических процессов механической обработки деталей.

Оптимизация технологического процесса представляет собой поиск и выбор наиболее лучшего варианта обработки детали, то есть максимальное упрощение процесса изготовления детали. Для проведения оптимизации следует осуществить правильный выбор металлорежущего оборудования, инструмента, оснастки и не менее важным является выбор более рационального варианта технологического процесса. Наиболее рациональный вариант технологического процесса – это такой вариант, при котором механическая обработка детали должна производиться за минимальное количество установов детали, что существенно влияет на точность обработки. В современных условиях производства наиболее распространено применение автоматизированных систем технологической и конструкторской подготовки, благодаря, которым проведение оптимизации становится проще.

Главными критериями оптимизации являются:

- Сокращение времени на обработку детали
- Уменьшение себестоимости
- Обеспечение высокой точности
- Повышение производительности
- Сокращение трудоемкости

При соблюдении всех этих критериев оптимизацию можно считать успешной.

В процессе эксплуатации пальцы и втулки для спецтехники испытывают значительные рабочие нагрузки и подвергаются негативному воздействию внешней среды. Это накладывает определенные ограничения на выбор конструктивных материалов. Металл должен обладать высокой механической

прочностью и устойчивостью к коррозии и другим негативным факторам. В противном случае срок службы пальцев будет слишком коротким, что приведет к дополнительным простоям техники и повышению трудозатрат при выполнении ремонтных работ.

При изготовлении детали используют универсальные станки для различных обработок (станок ДИП 300 для токарной обработки, вертикально-фрезерный станок 6М12П, радиально-сверлильный станок 2М55), это не является оптимальным решением так как обработка на всех этих станках менее производительная, занимает очень много времени и имеет большую трудоемкость. На все эти показатели влияет большое количество переустановов детали с одного оборудования на другое и также от этого зависит точность изготовления, чем больше переустановов, тем хуже точность.

Все эти виды обработок можно выполнить на токарно-фрезерном обрабатывающем центре с ЧПУ, благодаря которому удастся оптимизировать технологический процесс. В качестве нового, более совершенного оборудования будет выступать токарно-фрезерный обрабатывающий центр с ЧПУ Doosan puma GT2600LM.

Doosan puma GT2600LM обеспечивает высокую точность и повторяемость, обладает превосходными характеристиками производительности и надежностью технологического процесса. Станок оснащён револьверной головкой, которая имеет 12 гнезд под инструмент. В этих гнездах могут располагаться различные инструменты для множества обработок (токарной, фрезерной, сверлильной). Также токарно-фрезерный центр обладает повышенной виброустойчивостью, которая достигается за счет более жесткой станины. Виброустойчивость станка значительно влияет на точность изготавливаемой детали. И одним из главных преимуществ этого станка является то, что он способен работать в автоматизированном режиме, благодаря установленному в нем программному обеспечению.

Его преимущество заключается в том, что на нём можно выполнить токарную, фрезерную и сверлильную обработку всего за 2 установка, что существенно повлияет на время изготовления, на трудоемкость, производительность, точность и себестоимость детали и самой главной отличительной особенностью данного станка является его автоматизация, что позволяет свести участие оператора к минимуму и работать практически автономно. Алгоритм выполнения технологических операций прописан в управляющей программе; станок самостоятельно выполняет следующие действия:

- перемещение рабочих органов;
- выбор режущего инструмента (если есть револьверная головка);
- изменение скорости и направления вращения шпинделя.

При обработке на станке с ЧПУ значительно снижается влияние человеческого фактора, тем самым позволяет оптимизировать затраты на режущий инструмент за счет то что в управляющей программе станка с ЧПУ задана оп-

тимальная скорость резания, а перемещения инструмента проверены еще на этапе ее создания.

Соответственно при использовании нового оборудования в базовом технологическом процессе произойдут изменения.

Проектируемый технологический процесс является более оптимальным, так как при использовании более совершенного оборудования стало возможно выполнить 3 операции (токарную, фрезерную, сверлильную) на одном станке, что очень сильно сказывается на общем времени выполнения всех обработок, то есть не тратится время на съём и установку детали, на перемещение её на электротележке между разным оборудованием, меньше рабочего персонала вовлекается в работу, соответственно уменьшается себестоимость продукта. Так же снизилось количество установов детали, что существенно позволяет повысить точность обработки. Новое автоматизированное оборудование с ЧПУ имеет огромное преимущество по сравнению с универсальными станками, которое заключается в существенном повышении уровня автоматизации основных рабочих процессов: участие оператора сводится к минимуму, оборудование работает практически автономно.

Особое внимание стоит обратить на точность обработки поверхности детали. Значительные изменения произошли при термической обработке, а именно стабилизировалась толщина слоя закалки при одних и тех же режимах ТВЧ. Добиться стабилизации толщины слоя закалки удалось, благодаря, высокой точности обработки токарного центра с ЧПУ, то есть в оптимизируемом технологическом процессе толщина слоя закалки равномерна на всех промежутках поверхности детали, что существенно облегчает выполнение следующей операции (шлифование). В оптимизируемом технологическом процессе оставляется 0,4 мм от нижнего предела под шлифовку, а в базовом технологическом процессе при обработке деталей на универсальных станках и последующей термообработке слой закалки был неравномерным, он изменялся от 0,1 мм и выше, соответственно выполнять шлифовальную операцию было намного сложнее.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Схиртладзе, А.Г. Технологическое оборудование машиностроительных производств: учеб. пособие / А.Г. Схиртладзе, В.Ю. Новиков; под общ. ред. Ю.М. Соломенцева. – М.: Выс. шк., 2001. – 407 с.
2. Черпаков, Б.И. Технологическое оборудование машиностроительного производства: учеб. / Б.И. Черпаков, Л.И. Верейна. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 416 с.
3. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: справочник / Баранчиков В.И. [и др.] под общ. ред. В.И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1990.

УДК 614.843

С. О. Гаврилов, И. В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В СКЛАДСКИХ ЗДАНИЯХ

Аннотация: в статье представлен процесс разработки устройства для тушения пожаров в складских зданиях. Представлена 3D-модель разработанного устройства, а также перечень оборудования, из которого оно состоит.

Ключевые слова: склад, пожар, устройство для тушения.

DEVICE FOR EXTINGUISHING FIRES IN WAREHOUSE BUILDINGS

Abstract: the article presents the process of developing a device for extinguishing fires in warehouse buildings. A 3D model of the developed device is presented, as well as a list of equipment from which it consists.

Keywords: warehouse, fire, extinguishing device.

Согласно последним опубликованным данным [1] на территории России произошло 439306 пожаров, ущерб от которых составил 20876301 тысяч рублей. На долю складских зданий (сооружений) приходится 1501 пожар с общим ущербом 3458591 тысяч рублей. Следует отметить, что тушение пожаров в складских зданиях (сооружениях) представляет собой непростую задачу ввиду ограниченного пространства, высокой степени рассредоточения пожарной нагрузки, возможного наличия стеллажей и т.п. Наряду с этим, пожары в складах являются местом повышенной опасности для личного состава пожарно-спасательных подразделений МЧС России (ПСП).

Так, 03.02.2021 при тушении пожара на складе автозапчастей в Красноярске погибло трое пожарных [2]. Склад располагался на окраине города и вмещал в себя множество производственных помещений: складов, шиномонтажных и других мастерских. Поначалу площадь пожара составляла 800 м², позже она возросла до 3500 м². В результате воздействия пожара произошло обрушение кровли склада по всей площади.

Пожар на складе пластиковой продукции унёс жизни восьмерых пожарных [3]. 22 сентября 2016 года в Москве во время пожара на складе пластиковой продукции, пожара, который с точки зрения сложности должен был стать рядовым, погибли восемь спасателей. По количеству погибших пожарных это самая крупная трагедия в России за 25 лет.

Стоит отметить, что пожары происходят не только в складах гражданского, но и военного назначения [4]:

1) 28 октября 2010 года на территории 180-й артиллерийской базы боеприпасов Дальневосточного военного округа в Серышевском районе Амурской обл. произошла серия взрывов и пожар [4].

2) 26 мая 2011 года на территории военного арсенала Минобороны России близ пос. Урман (Иглинский район Башкирии) произошёл крупный пожар, сопровождавшийся разлетом и взрывами боеприпасов пожар [4]. Пострадали 12 человек, из них трое были госпитализированы.

3) 2 июня 2011 года в Удмуртии, в арсенале артиллерийских боеприпасов Центрального военного округа близ пос. Пугачево (Малопургинский район), возник пожар, в результате которого сдетонировали боеприпасы [4]. Непосредственно от взрывов погиб один военнослужащий, двое гражданских лиц умерли от сердечных приступов. Всего пострадали около 100 человек, из них 48 были госпитализированы.

4) 18 мая 2012 года на складе артиллерийских снарядов в Приморском крае произошел пожар с последующим взрывом боеприпасов пожар [4]. Пострадали двое военнослужащих.

5) 11 июня 2012 года близ пос. Колтубановский (Бузулукский район Оренбургской обл.) на складах воинской части возник пожар, вызвавший взрывы боеприпасов пожар [4]. Пострадали два человека, огонь уничтожил четыре жилых дома.

6) 9 октября 2012 года на военном полигоне близ станции Донгуз (Оренбургская обл.), в результате возгорания упаковочной тары взорвались 4 тыс. тонн боеприпасов [4].

7) 18 июня 2013 года в Самарской области на Приволжском государственном боеприпасном испытательном полигоне близ Чапаевска произошла серия взрывов снарядов, возник крупный пожар [4]. Погиб один человек, более 40 пострадали.

8) 29 апреля 2014 года серия взрывов инженерных боеприпасов разрушила военный склад на территории войсковой части близ с. Большая Тура (Карымский район Забайкалья) [4]. Погибли 11 человек, 29 получили ранения.

9) 3 июня 2015 года при утилизации пороха на бывших Центральных окружных складах артиллерийского вооружения Центрального военного округа на окраине пос. Урман (Иглинский район Башкирии) произошёл пожар [4].

10) 28 сентября 2016 года на территории военной части близ пос. Туганы (Кингисеппский район Ленинградской обл.) при проведении утилизации боеприпасов произошел взрыв [4]. На месте погибли три человека.

11) 16 мая 2018 года на территории бывшего военного арсенала близ пос. Пугачево в Удмуртии произошел пожар, повлекший детонацию боеприпасов [4].

12) 5 августа 2019 года пожар и взрывы произошли в хранилище пороховых зарядов к боеприпасам Центра материально-технического обеспечения

Центрального военного округа близ д. Каменка в Ачинском районе Красноярского края [4].

13) 9 мая 2020 года на технической территории бывшего арсенала близ Пугачева в Удмуртии возникло возгорание сухой травы, после чего там начали происходить одиночные взрывы малокалиберных боеприпасов [4].

Таким образом, из данных статистики по пожарам в складских зданиях (сооружениях) можно сделать вывод, что разработка устройства для тушения пожаров в складских зданиях (сооружениях) является актуальной задачей.

Разработанное устройство (рисунок 1) предназначено для тушения пожаров в складских зданиях (сооружениях), характеризующихся высокой температурой и высокой вероятностью взрыва в помещении.

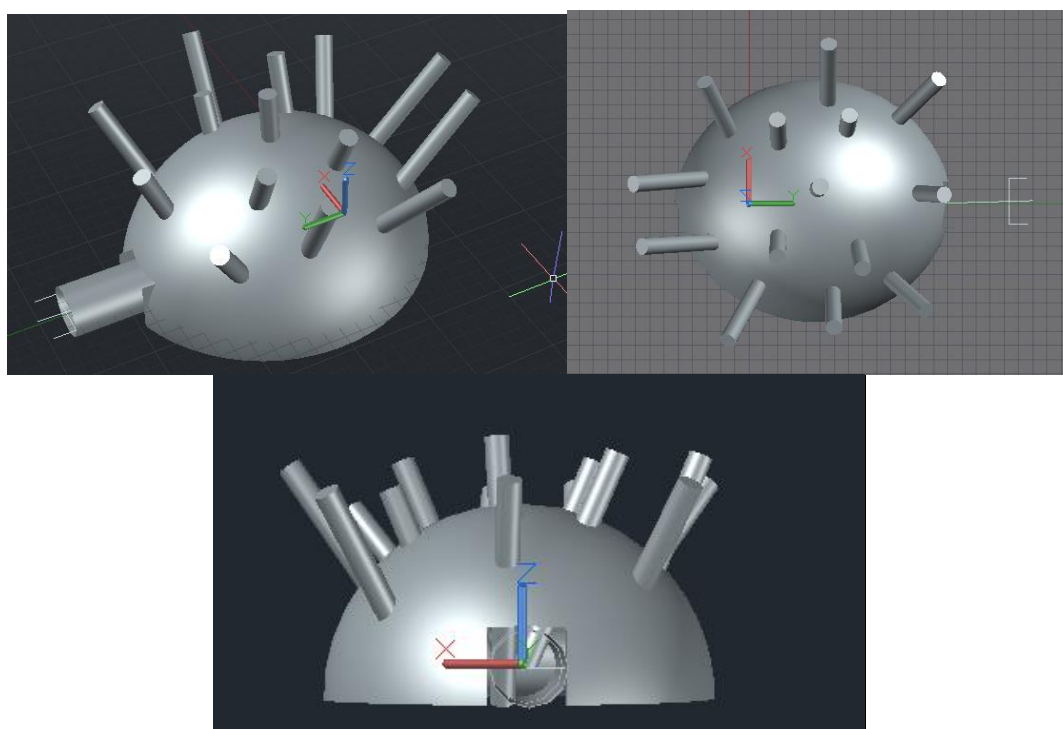


Рис. 1. Проект 3D-модели разработанного устройства (выступающие элементы эмитируют пожарные стволы РС-70)

Разработанное устройство предназначено для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ в складских зданиях (сооружениях), а также на объектах с повышенным риском для личного состава ПСП.

Разработанное устройство обеспечит объёмное тушение помещения путём установки большого количества пожарных стволов, что позволит сократить количество личного состава, задействованного в боевых действиях по тушению пожара.

Разработанное устройство выполнено в виде сферы с расположенными по контуру стволами РС-70 в количестве 10-11 шт., дренчерным оросителем для защиты корпуса устройства от воздействия высоких температур и входным па-

трубком диаметром 150 мм. Количество стволов можем быть изменено, при условии недостатка давления на насосе пожарного автомобиля. Расчётный расход разработанного устройства зависит от количества установленных пожарных стволов и в среднем составляет 100 л/с.

Разработанное устройство будет представлять разборную конструкцию и состоять из нескольких элементов:

- 1) корпус устройства, выполненный в форме купола, предназначенного для защиты от теплового воздействия и распределения ударной нагрузки при падении на устройство частей конструкции здания;
- 2) пожарные стволы РС-70 (10-11 шт.) в зависимости от поставленных задач;
- 3) система трубопроводов для подачи огнетушащих веществ;
- 4) нижняя часть, предназначенная для защиты внутренних систем и фиксации всей установки;
- 5) входной патрубок диаметром 150 мм.;
- 6) фиксаторы для крепления устройства на полу помещения или самоходной платформе;
- 7) боковые ручки для транспортировки устройства;
- 8) предварительные габаритные размеры: длина 1000 мм., ширина 800 мм., высота 600 мм.
- 9) предполагаемый вес до 40 кг.

Таким образом, разработанное устройство будет представлять собой разборную конструкцию, что позволит проводить его техническое обслуживание, а также ремонт. Наряду с этим, разработанное устройство позволит снизить уровень риска травм и гибели среди личного состава ПСП при проведении боевых действий по тушению пожаров в складских зданиях (сооружениях).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: Статистический сборник / П.В. Полехин, М.А. Чебуханов, А.А. Козлов, А.Г. Фирсов, В.И. Сибирко, В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. - М.: ВНИИПО, 2021. - 112 с.: ил. 5.Богданович П. Н., Прушак В. Я. Трение и износ в машинах: Учеб. Для вузов. – Мн.: Выш. Шк., 1999. 374 с. ISBN 985-06-0117-5.
2. Найдены тела пожарных, погибших при тушении склада в Красноярске. [электронный ресурс]. Официальный сайт Русская Газета. Режим доступа: <https://rg.ru/2021/02/04/reg-sibfo/najdeny-tela-pozharnyh-pogibshih-pri-tushenii-sklada-v-krasnoyiarske.html> (дата обращения: 24.03.2022).
3. Обвал. Участок №4. Четыре года назад в Москве во время тушения «рядового» пожара погибли восемь спасателей. За их смерть никто так и не ответил [электронный ресурс]. Официальный сайт Новая Газета. Режим доступа: <https://novayagazeta.ru/articles/2020/09/22/87193-gar> (дата обращения: 24.03.2022).
4. Хронология взрывов на складах боеприпасов в России с 2010 года [электронный ресурс]. Официальный сайт ТАСС. Режим доступа:

https://tass.ru/info/9656853?utm_source=yandex.ru&utm_medium=organic&utm_campaign=yandex.ru&utm_referrer=yandex.ru (дата обращения: 24.03.2022).

УДК 621.8

И. А. Глебов, А. А. Покровский

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

МЕТОДЫ ПОДБОРА И РАСЧЕТА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТИХОХОДНОГО ВАЛА ЧЕРВЯЧНОЙ ПЕРЕДАЧИ

Аннотация: Рассмотрены критерии выбора подшипников качения для тихоходных валов червячных передач, а также проблемные вопросы, связанные с расчетом опорных реакций. Показаны два метода подбора подшипников качения: по статической и динамической грузоподъемности. Рассмотрены этапы проектирования тихоходного вала закрытой зубчатой передачи. Показаны последовательности проектного и проверочного расчета вала. Указаны факторы, влияющие на выбор подшипников.

Ключевые слова: напряжение, вал, подшипник, опора, реакция, грузоподъемность, червячная передача.

I. A. Glebov, A. A. Pokrovsky

METHODS OF SELECTION AND CALCULATION OF ROLLING BEARINGS IN THE DESIGN OF A SILENT SHAFT OF A WORM GEAR

Abstracts: The criteria for choosing rolling bearings for low-speed shafts of worm gears, as well as problematic issues related to the calculation of support reactions, are considered. Two methods of selection of rolling bearings are shown: according to static and dynamic load ratings. The stages of designing a low-speed shaft of a closed gear are considered. The sequences of the design and verification calculation of the shaft are shown. The factors influencing the choice of bearings are indicated.

Keywords: strength, shaft, bearing, support, reaction, load capacity, worm gear.

Одним из этапов выполнения курсового проекта по дисциплине «Детали машин» является расчет тихоходного вала закрытой червячной передачи. Расчет вала представляет собой комплексную задачу, и его рекомендуется проводить в два этапа.

Первым этапом расчета является проектный или предварительный расчет вала. Первоначально рекомендуется определить величины и направления окружной, радиальной и осевой сил, действующих на вал со стороны редуктора и открытой передачи, выбрать материал вала и допускаемые напряжения на кручение. На этапе проектного расчета ориентировочно определяют диаметр вала под подшипники из условия их работы на кручение.

$$d_{II} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T \cdot 10^3}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (1)$$

где T – крутящий момент на валу, Н·м; $[\tau]$ – допускаемое напряжение на кручение, МПа.

Далее проводится предварительный выбор наиболее рационального типа подшипника. Данный выбор зависит от ряда факторов, таких как мощность, передаваемая редуктором, величина и направление усилий в зацеплении, угловая скорость вращающегося кольца подшипника. К дополнительному требованию можно отнести обеспечение осевого смещения вала вследствие температурных расширений.

Параллельно с выбором подшипника, обучающиеся приступают к вычерчиванию эскиза вала с установленными на него подшипниками. Затем по формулам рассчитывают диаметры участков вала, округляя их до стандартных значений, и длины соответствующих участков. Часть значений принимается конструктивно.

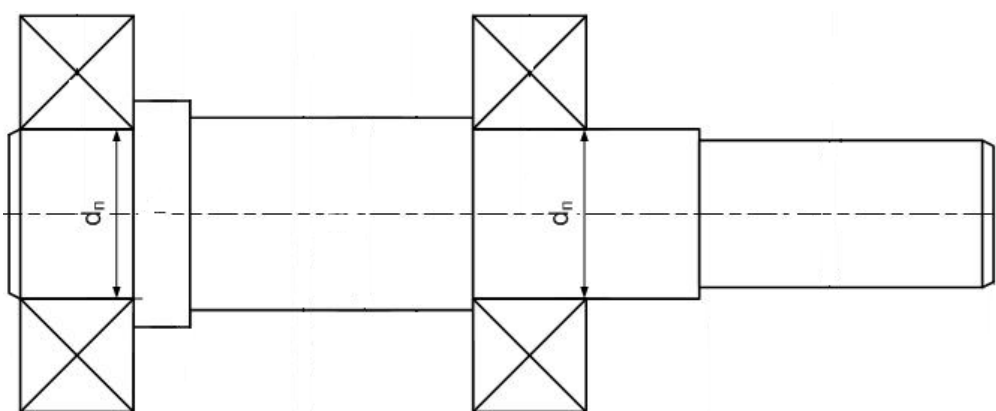


Рис. 1. Тихоходный вал червячной передачи

Проверочный расчет вала проводится по коэффициенту запаса усталостной прочности.

$$S \geq [S] \quad (2)$$

На данном этапе обучающиеся переходят от эскиза к расчетной схеме, которая представляет собой двухопорную балку с консольной частью.

После вычерчивания расчетной схемы расчет рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- определить реакции подшипников;
- построить эпюры изгибающих моментов в двух плоскостях и эпюру крутящих моментов;
- по эпюрам моментов определить опасные сечения и рассчитать суммарный изгибающий момент для этих сечений;
- определить коэффициент запаса усталостной прочности и сравнить его с допустимым коэффициентом;
- если условие прочности не выполняется, то необходимо выполнить увеличение диаметров участков вала до обеспечения необходимой прочности.

После проведения расчетов окончательное вычерчивание вала рекомендуется проводить одновременно с конструированием червячного колеса, элементов открытых передач и подшипниковых узлов.

При проектировании механических передач обучающимся приходится решать задачи, связанные с расчетом подшипников качения. При предварительном расчете вала можно выполнить выбор подшипников качения в зависимости от расчетного диаметра вала по справочной литературе. Но также известны два метода подбора и расчета подшипников: по статической и динамической грузоподъемности.

Методом подбора по статической грузоподъемности пользуются при условии, когда кольцо подшипника вращается с частотой не более одного оборота в минуту. Под статической грузоподъемностью радиальных и радиально-упорных подшипников понимают радиальную нагрузку, при которой перемещение тел качения и колец в наиболее нагруженной зоне контакта равно 0,0001 диаметра тела качения. Для упорных и радиально-упорных подшипников вместо радиальной нагрузки применяют осевую. В данном случае выбор подшипника производится путем сравнения требуемой величины статической грузоподъемности со значением установленным заводом изготовителем, указанным в справочной литературе.

В другом случае, когда кольцо подшипника совершает вращение с частотой более одного оборота в минуту, осуществлять выбор подшипника по динамической грузоподъемности. Динамическая грузоподъемность для радиальных и радиально-упорных подшипников определяется величиной постоянной радиальной нагрузки, которую группа идентичных подшипников с неподвижным наружным кольцом может выдержать в течение расчетного срока службы, ис-

числяемого в один миллион оборотов внутреннего кольца. Рассчитывают долговечность подшипника по его динамической грузоподъемности, которая выбирается из справочника, и эквивалентной нагрузки. Расчетная формула для эквивалентной динамической нагрузки выбирается в зависимости от вида тел качения подшипника и типа воспринимаемой им нагрузки.

Представленные рекомендации по выбору подшипников качения справедливы для изделий, работающих при постоянных режимах.

Выбор подшипников также связан с определением опорных реакций. Первоначально обучение нахождению реакций связей происходит в курсе прикладной механики в разделе «Статика». Несмотря на то, что на рассмотрение данного вопроса выделяется достаточно большое количество часов, обучающиеся, приступая к изучению дисциплины «Детали машин» сталкиваются с определенными трудностями в решении практических задач по определению реакций. Преподавателю приходится затрачивать дополнительное время на восстановление утраченных умений. Это можно объяснить тем, что умение определять опорные реакции, не было окончательно сформировано у большинства обучающихся при изучении раздела «Статика». Причиной этому может послужить тот факт, что практические задачи на определение опорных реакций многостадийные и требуют от обучающегося знания, прежде всего теоретических знаний по основным понятиям и определениям статики. К таким понятиям относятся: проекция силы на ось, виды опорных конструкций и правильность графического обозначения реакций связей, момент силы относительно точки, свойство пар сил. Незнание хотя бы одного из выше перечисленных понятий не позволяет перейти к объяснению методики решения практических задач. Поэтому данная информация, получаемая обучающимися на лекциях или при самостоятельном изучении дисциплины при заочной форме обучения, является наиболее важной. Только при тщательном изучении данных теоретических вопросов можно приступить к обучению решению задач.

Объяснение методики решения задач, на наш взгляд, также следует проводить поэтапно, отработав такие приемы, как проецирование сил на ось, графическое изображение реакций в основных опорных конструкциях, а также приведением примеров замены реальных объектов на расчетные схемы. Например, можно показать, как в курсе «Детали машин» обучающимся придется схематично изображать вал закрытой зубчатой передачи в виде двухопорной балки с консольной частью.

Стоит отметить, что относительная простота типовых задач статики по сравнению с задачами из других разделов механики, объясняется тем, что их можно решать по определенному алгоритму. Поэтому, объясняя методику решения задач по определению реакций связей целесообразно ориентировать обучающихся на алгоритм, который, как на стадии объяснения материала, так и при последующем изучении технических дисциплин, будет показывать четкую последовательность определенных действий.

Дальнейшее рассмотрение данного вопроса можно вести уже в определении количества задач и уровня их сложности для решения на аудиторных занятиях и в часы самостоятельной подготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берзин В.В., Покровский А.А. Конструктивное исполнение грузоподъемного устройства для ремонта ходовой части пожарных автомобилей // Материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Энергия-2021» - Иваново 2021. - Т.4 - с. 52.

2. Шкрамада Д.А. Влияние условий эксплуатации на выбор подшипников качества // Материалы XVI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Энергия-2021» - Иваново 2021. - Т.4 - с. 83.

УДК 621.1

Д. О. Дьяков, И. И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация: Объектом исследования являются различные виды аддитивных технологий, достоинства и недостатки процесса.

Ключевые слова: аддитивные технологии, прототипирование, 3d-модель.

D. O. Dyakov, I. I. Vedernikova

APPLICATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE PROCESSING OF PARTS

Abstract: The object of research is various types of additive technologies, advantages and disadvantages of the process.

Keywords: additive technologies, prototyping, 3d model.

Аддитивные технологии - это технология постепенного, послойного наращивания материала для получения необходимого изделия. Технология основана по принципу 3D печати, которая основывается также на принципе поэтапного синтеза изделия и прототипов, основанных на формировании изделия путём добавления материала.

Цифровые 3D-технологии открыли уникальные возможности воспроизведения сложнейших пространственных форм, объектов и инженерных конструкций, механизмов. В некоторых работах было отмечено: «экономическая эффективность 3D-технологии в ее качественной безальтернативности, безотходности и значительном снижении себестоимости при серийном и массовом производстве. В тоже время 3D-технологии – это тест на интеллектуальный уровень науки, образования, а также профессиональной квалификации трудовых ресурсов и индустриального развития».

При использовании аддитивных технологий все стадии реализации проекта от идеи до материализации (в любом виде – в промежуточном или в виде готовой продукции) находятся в «дружественной» технологической среде, в единой технологической цепи, где каждая технологическая операция также выполняется в цифровой CAD/CAM/CAE-системе. Практически это означает реальный переход к «безбумажным» технологиям, когда для изготовления детали традиционной бумажной чертежной документации в принципе не требуется.

Важным параметром, определяющим качественные характеристики поверхности, является качество исходной трехмерной CAD-модели. Виртуальная модель представляет собой 3D-поверхность в виде замкнутой сетки из треугольников, шероховатость поверхности напрямую зависит от качества создания этой сетки. Так, при применении трехмерной модели низкого качества макрошероховатость, заложенная в программе, может дать ложное представление о качестве построения прототипа. Во многих случаях большая или меньшая шероховатость не имеет принципиального значения для потребителя. При необходимости поверхность модели можно улучшить ручной обработкой (шлифованием, полированием, окраской или лакировкой). В ряде случаев это вызывает технические трудности и может привести к потере точности (геометрии) модели. Как правило, чем меньше шероховатость поверхности модели, тем выше цена AF-машины.

Для повышения качества поверхности формируемого изделия и снижения длительности процессов прототипирования и производства разрабатывают алгоритмы разбиения компьютерных моделей изделий сложной формы при их послойном синтезе. Это позволяет оценить эффективность процесса, выбираемого для послойного синтеза изделия заданной формы.

В современном мире технологии не стоят на месте, со временем появляется все больше способов формирования изделия:

1. UV-облучение – ультрафиолетовое излучение;
2. экструзия - способ получения изделий из полимерных материалов;
3. струйное напыление;
4. сплавление;
5. ламинирование.

С развитием и увеличением количества возможных способов, увеличивается также и количество используемых материалов:

1. полиамиды;
2. жидкие фотополимеры;
3. воск;
4. металлические порошки;
5. гипсовый порошок.

Различные авторы подразделяют аддитивные технологии:

- по применяемым строительным или модельным материалам (жидкие, сыпучие, полимерные, металлопорошковые и т. д.);
- по наличию или отсутствию лазера;
- по методам подвода энергии для фиксации слоя построения (с помощью теплового воздействия, облучения ультрафиолетовым или видимым светом, посредством связующего состава и т. д.);
- по методам формирования слоя.

Последнее, пожалуй, единственное, что принципиально отличает два вида аддитивных технологий. Первый вид: сначала формируют слой, например, насыпают на рабочую платформу дозу порошкового материала и разравнивают порошок с помощью ролика или «ножа», создавая таким образом ровный слой материала определенной толщины; затем выборочно (селективно) обрабатывают порошок в сформированном слое лазером или иным способом, скрепляя частички порошка (сплавляя или склеивая) в соответствии с текущим сечением исходной САД-модели. При этом предполагается, что есть некая платформа, на которой сначала формируют слой, а затем в этом слое выборочно отверждают строительный материал. Положение плоскости построения неизменно. При этом часть строительного материала (в данном случае – порошка) остается в созданном слое нетронутой. Этой технологии достаточно точно соответствует термин «селективный синтез» или «селективное лазерное спекание», если «отверждающим» инструментом является лазер, который здесь, в отличие от лазерной стереолитографии является источником тепла, а не ультрафиолетового излучения.

Второй вид аддитивных технологий – прямое или непосредственное осаждение материала, то есть непосредственно в точку, куда подводится энергия и где происходит в данный момент построение фрагмента детали. Иными словами, в отличие от первого вида, здесь не формируется слой строительного материала, а материал подается в конкретное место, куда в данный момент времени подводится энергия и где идет процесс формирования детали. Подобно тому, как сварщик вводит материал электрода в то место, где за счет электрической дуги формируется зона расплава.

На текущий момент аддитивные технологии активно начинают применять на производствах по всему миру.

Задачи, решаемые в машиностроении с помощью 3D-печати

1. Функциональное тестирование и прототипирование.
2. Изготовление технических прототипов для отработки конструкции изделий.
3. Проведение технологических экспериментов.
4. Проверка изделий на эргономичность.
5. Создание мастер-моделей для литья, в том числе по выплавляемым и выжигаемым моделям.
6. Быстрое изготовление оснастки.
7. Производство формообразующих элементов пресс-форм для литья термопластов и легких материалов.
8. Изготовление функциональных деталей для разнообразных агрегатов и узлов.
9. Создание сложных конструкций, в том числе цельных, которые ранее собирались из многих элементов.

Одним из самых главных преимуществ аддитивных технологий является простота и скорость передачи, построенной 3D модели в любую точку производственной площадки или мира. Вторая особенность – это уменьшение количества комплектующих частей создаваемых деталей. Из этого следует, что происходит экономия сырья и минимизируется количество отходов после производства. Аддитивные технологии позволяют в производстве использовать ровно столько материала, сколько требуется для конкретной детали. В виду этого снижается и вес готовой детали, что особенно актуально для современной технологичной промышленности.

У 3D-технологий есть и сдерживающие факторы. Это и высокая стоимость оборудования и материалов, и недостаточная изученность, и нехватка специалистов, и сложности с интеграцией в традиционные технологические цепочки. Аддитивные методы на сегодня не могут вытеснить или заменить классические технологии, но они доказывают экономическую выгоду при прототипировании и мелкосерийном производстве и становятся единственно возможным решением при изготовлении сложных деталей небольшого размера. В конечном итоге, применение технологий трехмерной печати, сканирования и моделирования позволяет быстрее выводить новые продукты на рынок, а значит, повышает конкурентоспособность машиностроительных предприятий.

Путь аддитивных технологий в сферу индустриального производства тернист, проблем много, проблемы серьезные.

И, тем не менее, прогресс не просто очевиден, он – фантастический, если иметь в виду, что первые аддитивные машины появились на рынке всего 20 лет назад. Но уже производится синтезированная металлическая технологическая оснастка, изготавливаются инструменты, детали авиалайнеров, спутников, ракет, подводных лодок, уже есть десятки тысяч протезов и имплантов, ювелирных изделий и многое другое, что невозможно было себе представить несколько лет назад. И есть все основания полагать, что аддитивные технологии уже в

самое ближайшее время приобретут статус стратегически важных, приоритетных технологий машиностроения.

Кроме очевидных преимуществ в скорости и, зачастую, в стоимости изготовления изделий, эти технологии имеют важное достоинство с точки зрения охраны окружающей среды и, в частности, эмиссии парниковых газов и «теплового» загрязнения. Аддитивные технологии имеют огромный потенциал в деле снижения энергетических затрат на создание самых разнообразных видов продукции. И наконец, степень использования этих технологий в материальном производстве является верным индикатором реальной индустриальной мощи государства, индикатором его инновационного развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шатульский А.А., Шаповалова М.А. Применение методов прототипирования для изготовления изделий машиностроения // *Science intensive technologies in mechanical engineering*. – 2011. – № 1. – С. 24-29.
2. Добринский Е.С. Быстрое прототипирование: идеи, технологии, изделия // *Полимерные материалы*. – 2011. – № 9. – С. 36-37.
3. Валетов В.А., Бобцова С.В. Влияние RP-технологий на качество изделий // *Инструмент*. – 2004. – № 19-20. – С. 21-25.
4. Бобцова С.В. Исследование и разработка методов использования технологий быстрого прототипирования в приборостроении: диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.11.14. – СПб, 2005. – 124 с.

УДК 004.02, 621.9

Е. В. Егорычева

Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ В CAD/CAM СИСТЕМЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

Аннотация: в статье рассматривается использование CAD/CAM модулей отечественной системы ADEM для разработки управляющей программы обработки деталей. Представлена технология изготовления детали, выполнение динамической модели технологического процесса и создание управляющей программы.

Ключевые слова: САПР ADEM, технологический процесс, управляющая программа, динамическая модель, проектирование, деталь.

E. V. Egorycheva

ON THE ISSUE OF DEVELOPMENT IN A CAD/CAM SYSTEM THE CONTROL PROGRAM OF THE PART PROCESSING

Abstract: The article discusses the use of CAD/CAM modules of the domestic ADEM system for the development of a control program for machining parts. The technology of manufacturing a part, the implementation of a dynamic model of the technological process and the creation of a control program are presented.

Keywords: ADEM CAD, technological process, control program, dynamic model, design, detail.

В настоящее время активное внедрение САПР в производственный процесс дает возможность совершенно по-новому взглянуть на процесс проектирования и изготовления изделий. Возможность моделирования конфигурации изделия, процесса изготовления и отработки технологии является уже необходимостью современного производства. Отечественная CAD/CAM/CAPP система ADEM предназначена для конструкторско-технологической подготовки производства. ADEM является единым продуктом, включающим в себя инструментарий для проектировщиков и конструкторов (CAD), программистов ЧПУ (CAM) и технологов (CAPP). Система содержит нескольких различных предметно-ориентированных САПР под единой логикой управления и на единой информационной базе [1, 2]. ADEM позволяет автоматизировать следующие виды работ: объёмное и плоское моделирование и проектирование; проектирование технологических процессов; программирование оборудования с ЧПУ, оформление проектно-конструкторской и технологической документации и другие операции [2-4].

Данная работа посвящена разработке динамической модели технологического процесса, имитирующей процесс обработки, а также созданию управляющей программы обработки детали с планированием техпроцесса обработки. Система ADEM дает широкие возможности для изучения технологических процессов механической обработки деталей. CAM-модуль в области проектирования и планирования техпроцессов механообработки позволяет выполнять плоское и объёмное фрезерование, токарную обработку, листовую штамповку, визуализацию процесса обработки и другие операции. CAD-модуль системы в области чертежной графики позволяет выполнять компьютерную обработку бумажных чертежей, 2D моделирование и черчение, 3D моделирование, создавать чертежи по 3D модели, конструкторскую документацию, полностью соответствующую требованиям ЕСКД, и это далеко не полный перечень функциональных возможностей.

Наибольший интерес для нас представляет функционал САМ-модуля, который позволяет выполнить моделирование технологической обработки детали и создать управляющую программу обработки детали на станке с ЧПУ (рис. 1). Основной акцент ставится на определении технологии изготовления детали: выбор заготовки для детали, технологические операции механообработки и последовательность их выполнения. Знание технологии изготовления в значительной степени определяют правильность простановки размеров на детали. При простановке размеров необходимо отчетливо представлять, на каких операциях и в какой последовательности формируются эти поверхности. Только после этого возможно правильно проставить размеры на чертеже детали и правильно связать между собой размеры необрабатываемых и обрабатываемых поверхностей. Размеры на чертеже детали проставляются с таким расчётом, чтобы они отвечали наиболее рациональной технологии изготовления детали.

Рассмотрим создание модели технологического процесса (ТП) и управляющей программы обработки детали – «тела вращения» с планированием технологического процесса обработки (рис. 1).

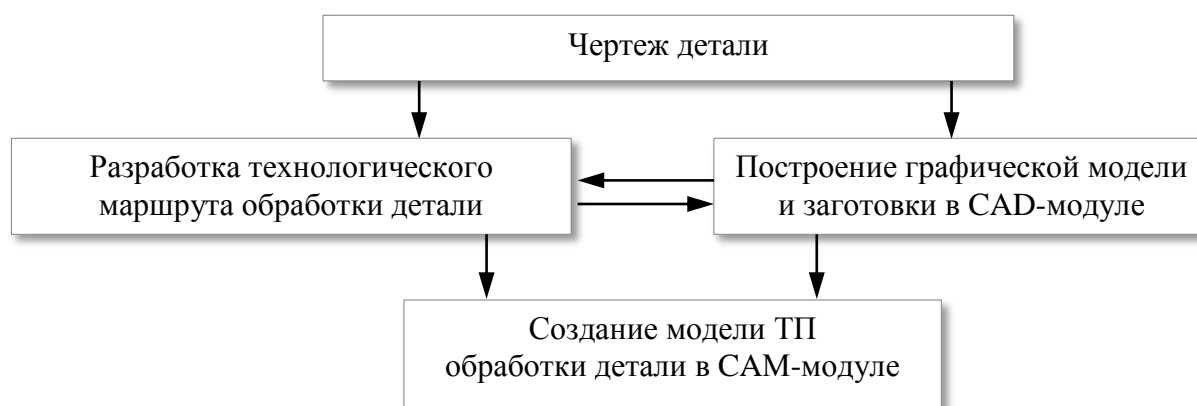


Рис. 1. Последовательность создания управляющей программы обработки детали

Детали, поверхности которых являются телами вращения, обрабатывают на токарном станке, поэтому главное изображение детали следует располагать соответственно её положению на этом станке, т.е. с горизонтальной осью вращения. В начале разработки маршрута обработки детали по чертежу проводится анализ конструкции детали. Также определяются технологические операции для ее изготовления и их последовательность [2, 5]. Детали-тела вращения выполняются на токарном станке и все действия: подрезка торца, точение поверхности, точение канавки, нарезание резьбы, отрезка, являются переходами токарной операции.

Затем проводится создание графической модели детали. Она выполняется в CAD-модуле системы. Для составления технологии обработки на станке с ЧПУ модель необязательно должна иметь вид полностью оформленного чертежа, так как для создания управляющей программы в модуле САМ системы ADEM нужен только геометрический контур детали. Для детали-тела вращения не требуется строить полный геометрический контур, достаточно половины контура, расположенной выше оси симметрии детали.

Следующий этап – создание технологии обработки выполняется в модуле САМ системы ADEM. После разработки технологического маршрута обработки детали создается модель технологического процесса. Возможности системы ADEM позволяют применять самые разнообразные последовательности действий при создании технологии в модуле САМ.

Деталь, подлежащую обработке, можно представить набором конструктивных элементов [2, 4]. Например, конструктивные элементы данной детали – торец, область, резьба. При токарной обработке рекомендуется придерживаться следующего маршрута: начало цикла (позиция смены инструмента), плоскость холостых ходов (для перемещения инструмента по двум координатам), конструктивный элемент (торец), технологический переход (подрезать), отвод инструмента, плоскость холостых ходов, конструктивный элемент (область), технологический переход (точить) и т.д. В работе выбор данных для настройки инструмента и параметров обработки (глубина резания, подача, обороты шпинделя, скорость резания) выполняется по таблицам технологических справочников. После задания всех технологических объектов необходимо рассчитать траекторию движения инструмента. Результатом расчета является файл CLDATA, который содержит последовательность команд для станка с ЧПУ.

Существует возможность расчета траектории инструмента для текущего технологического объекта и для всех объектов. После расчета траектории движения инструмента выполняется моделирование процесса обработки, создается динамическая модель ТП и выполняется генерация управляющей программы обработки детали (рис. 2).

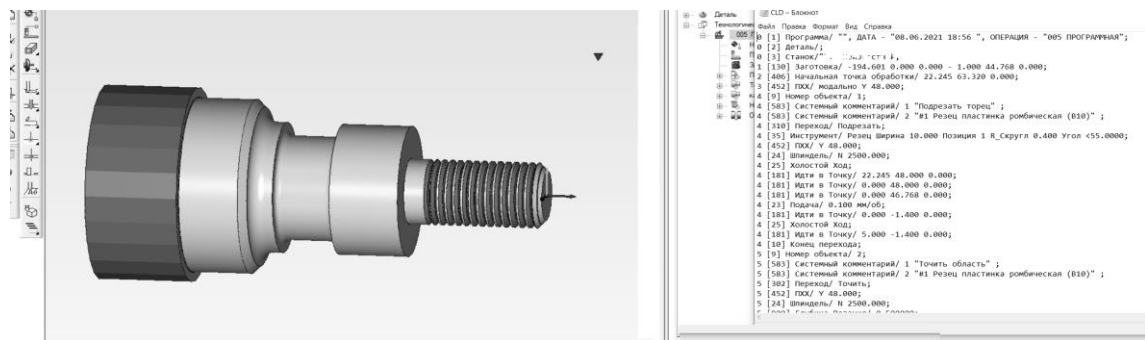


Рис. 2. Моделирование процесса обработки и часть управляющей программы

На рис.3 показано моделирование процесса фрезерования детали и формирование управляющей программы.

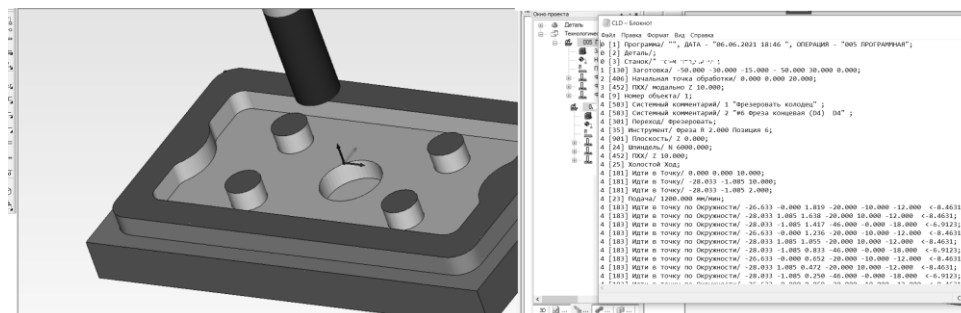


Рис. 3. Моделирование процесса обработки детали и часть управляющей программы

Использование САМ-модуля системы ADEM выполнить динамическую модель ТП, имитирующую процесс обработки и создать управляющую программу обработки детали.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чемпинский, Л.А. К вопросу обучения основам компьютерного геометрического моделирования // Модернизация профессионально-педагогического образования: тенденции, стратегия, зарубежный опыт: материалы международной научной конференции, г. Барнаул, 18–20 октября 2017 года / под науч. ред. М.П. Тыриной, Л.Г. Куликовой. – Барнаул : АлтГПУ, 2017. С.140-143.
2. Мещеряков, А.В. Подготовка управляющих программ (в среде CAD/CAM/CAPP ADEM) : Методические указания /А.В. Мещеряков, В.Г. Смелов, Г.В. Смирнов и др.;– Самара: Изд-во Самар, гос. аэрокосм, ун-та, 2010. –26 с.
3. Новожилова, С.А. Информационное обеспечение в современных технологиях обучения графическим дисциплинам / С.А. Новожилова, Е.В. Егорычева // Геометрия и графика: Журнал. – Москва: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М».– 2013. – №3. – т.1, ч.1. – С.33 – 35.
4. Егорычева Е.В. К вопросу о сквозном проектировании в учебном процессе / Е.В. Егорычева, А.Д. Ганьков // Журнал естественнонаучных исследований. – 2020. Т. 5. № 4. – С. 46-51.
5. Егорычева Е.В. К вопросу о повышении работоспособности режущего инструмента // Надежность и долговечность машин и механизмов: Материалы XII Всероссийской научно-практической конференции, – 2021. – С. 353-356.

УДК 614.847.1

И. А. Емельянов, Д. С. Белов, А. Н. Ниткин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И МАНЕВРЕННОСТИ ПРИ РАБОТЕ СО ШТУРМОВОЙ ЛЕСТНИЦЕЙ ЛИЧНЫМ СОСТАВОМ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Аннотация: в данной статье пойдет речь о разработке нового приспособления, а именно конструкции вспомогательной накладной ступени для штурмовой лестницы, предназначенной для обеспечения устойчивости и маневренности личного состава пожарной охраны.

Ключевые слова: крыша, лестница, вскрытие, приспособление, устойчивость.

I. A. Emelyanov, D. S. Belov, A. N. Nitkin

DEVELOPMENT OF A DEVICE TO ENSURE STABILITY AND MANEUVERABILITY WHEN WORKING WITH AN ATTACK LADDER BY FIRE BRANCH PERSONNEL

Abstracts: this article will discuss the development of a new device, namely the design of an auxiliary overhead step for an assault ladder, designed to ensure the stability and maneuverability of the fire brigade personnel.

Keywords: roof, stairs, autopsy, adaptation, fall.

В настоящее время в пожарно-спасательных подразделениях для подъема личного состава в верхние этажи, а также на крыши горящих объектов при проведении спасательных работ и работ по подаче огнетушащих веществ к месту пожара используют ручные пожарные лестницы. Также, оперативная обстановка на месте вызова не всегда способствует проникновению внутрь горящего здания по внутренним маршевым лестницам, потому что они могут быть заполнены продуктами горения или вовсе быть охвачены огнем. Именно тогда применяются специальные пожарные лестницы. На вооружении пожарно-спасательных подразделений имеются следующие виды ручных пожарных лестниц: лестница-палка, штурмовая лестница и трехколенная выдвигная лестница.

Штурмовая лестница - лестница, конструктивно состоящая из двух параллельных тетив, жестко соединенных ступенек, и оборудованная крюком для подвески на опорную поверхность [1]. Она предназначена для подъема сотруд-

ников пожарной охраны в верхние этажи зданий, а также для работы на крутых склонах крыш при вскрытии кровли. Она имеет небольшой крюк для подвешивания ее за подоконник и выступы здания, а так же за “конек” скатных крыш. Как правило, подъем на крышу осуществляется с целью последующего вскрытия и разборки конструкций крыш. Это требуется для выпуска продуктов горения (дыма) из горящего помещения, пропуска участников тушения пожара на чердак с целью спасения людей от огня и опасных факторов пожара, подачи огнетушащих веществ на тушение очага пожара и создания разрывов, ограничивающих распространение горения, что в конечном итоге обеспечит локализацию и ликвидацию пожара в кратчайшие сроки [2].

Для вскрытия и разборки кровли применяют ломы, универсальные крюки, багры, топоры, пилы. Но ввиду быстрого роста разнообразия конструкций, сложной архитектуры крыш и используемых для ее строения материалов (металлопрофиль, гибкая мягкая черепица), участникам тушения пожара требуется больше сил и времени для выполнения поставленных задач. Это связано с тактическими характеристиками штурмовой лестницы. Ввиду ее габаритов, личному составу пожарной охраны часто не хватает маневренности движений для эффективного проведения работ по разборке и вскрытию кровли. Малое расстояние между тетивами штурмовой лестницы, которое составляет 250 ± 5 мм, так же зачастую является недостаточным для того, чтобы обеспечить требуемую устойчивость при проведении аварийно-спасательных работ пожарными на высоте с пожарно-техническим вооружением. Также стоит отметить что, чем сложнее конструкция крыш и чем выше горизонтальная линия пересечения двух плоскостей наклонной крыши (скатов), тем больше общая площадь крыши. Исходя из этого следует, что требуется большее количество пожарных лестниц и личного состава пожарно-спасательных подразделений для проведения работ по вскрытию и разборке кровли.

Для решения этой проблемы предлагается разработать приспособление, предназначенное для установки его на штурмовую пожарную лестницу, с целью увеличения площади опоры, поддержания устойчивости на высоте и обеспечения маневренности личного состава пожарной охраны при проведении работ по разборке и вскрытию кровли крыши (рисунок 1).

При применении данного приспособления, участник тушения пожара увеличивает радиус действия проводимых работ, следовательно охватывается большая площадь поверхности кровли, которая может подлежать вскрытию и разборке. Увеличенная площадь опоры на ступени штурмовой пожарной лестницы увеличивает устойчивость на высоте, позволяя работать участникам тушения пожара обеими руками, что в свою очередь упрощает работу и экономит силы при использовании пожарно-технического вооружения для вскрытия кровли, а так же ускоряет сам процесс вскрытия и разборки крыши. Использование данного приспособления обеспечит одновременную работу двух участников тушения пожара на одном уровне плоскости крыши. Это позволит обеспечить различный функционал действий, например: одновременное проведение

работ по вскрытию и разборке кровли крыши, обеспечение страховки между собой, помощь в подносе необходимого инструмента.

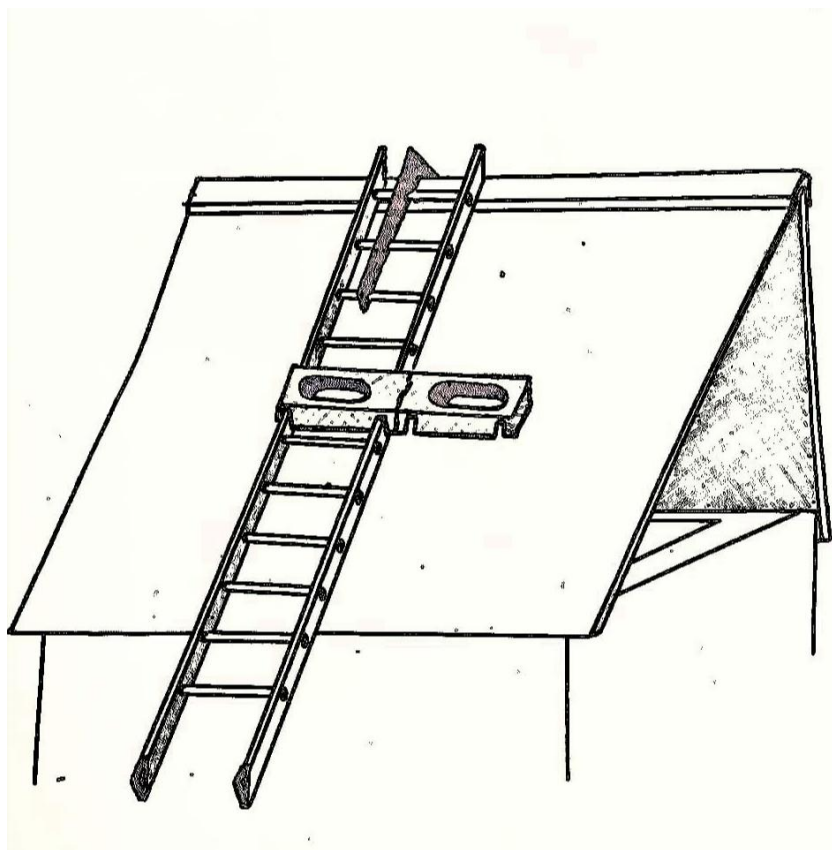


Рис. 1. Приспособление для штурмовой лестницы

Данное приспособление будет разработано в расчетных габаритах 700x250x80 мм и обладать массой не более 3,2 кг. Для изготовления будет применена закаленная нержавеющей сталь, которая обеспечит устойчивость к коррозии и повысит свойства твердости и прочности.

Приспособление крепится на тетивы и ступень штурмовой лестницы через специально исполненные для этого углубления. Также в приспособлении запроектированы специальные отверстия для удобного расположения голеностопного сустава пожарных-спасателей при проведении специальных работ.

Как итог, использование данного приспособления при проведении работ по вскрытию и разборке кровли крыш зданий за счет обеспечения наибольшей устойчивости и маневренности позволит:

- расширить функционал оперативно-тактических действий пожарно-спасательных подразделений;
- сократить время проведения аварийно-спасательных работ;
- обеспечить наиболее безопасные условия при работе на высоте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 53275-2019. Техника пожарная. Лестницы ручные пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний. Дата введения 2020-02-01.
2. Приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444 «Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно – спасательных работ».

УДК 621

В. Е. Иванов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОНСТРУКЦИИ СТЕКЛОБОЯ

Аннотация: статья посвящена разработке конструкции стеклобоя для применения его во время проведения аварийно-спасательных работ при ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий. Разработка устройства осуществлялась с применением систем автоматизированного проектирования.

Ключевые слова: устройство для разбивания стекла, инструмент, конструкция, аварийно-спасательные работы.

V. E. Ivanov

APPLICATION OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEM IN THE DEVELOPMENT OF CULLET CONSTRUCTION

Abstract: the article is devoted to the development of a cullet design for its use during emergency rescue operations during the elimination of the consequences of road accidents. The device was developed using computer-aided design systems.

Keywords: a device for breaking glass, tool, construction, emergency rescue work.

В России, согласно статистике, количество дорожно-транспортных происшествий (ДТП) снижается из года в год, но остается на достаточно высоком уровне. Если рассматривать статистику за период с января по сентябрь 2021 года, то количество ДТП по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года снизилось на 10,04 % и составило 96314 ДТП (рис. 1).



Рис. 1. Динамика основных показателей аварийности

Так же согласно статистике количество погибших и раненых в результате ДТП снижается. Во многих ДТП привлекаются, когда пострадавший заблокирован деформированными элементами кузова ТС, и его эвакуация невозможна без применения специального спасательного оборудования и инструментов, привлекаются аварийно-спасательные службы.

При проведении аварийно-спасательных работ, спасатели сталкиваются с ситуацией, когда необходимо разбить стекло автомобиля. В настоящее время существует множество стеклобоев отличающихся по принципу работы и по габаритам. Целью данной работы является разработка стеклобоя, позволяющего без затруднений его использовать пожарными и спасателями в СИЗ, а также разбивать стекла одной рукой в ограниченном пространстве.

Рассмотрим устройства, которые применяют для разбивания стекол при дорожно-транспортных происшествиях (рис. 2).

Представленные на рисунке 2 устройства для разбивания стекол известны многим, но каждое из них обладает своими преимуществами и недостатками. Аварийный молоток (рис. 2а) чаще применяется в общественном транспорте. Для разбивания стекла данным устройством необходим замах рукой, что невозможно в ограниченном пространстве при ДТП, а также аварийный молоток не оснащен стропорезом. Брелок-стропорез (рис. 2б) маленький по габаритам, что затрудняет его использование пожарными и спасателями в СИЗ. Аварийный молоток со стропорезом (рис. 2в) при его использовании требует замаха рукой для разбивания стекла, но одно из преимуществ то, что он оснащен стропорезом. Исходя из представленных различных конструкций устройств для разбивания стекол был разработан стеклобой (рис. 3), который срабатывает при нажатии на стекло. На рисунке 3 представлен общий вид устройства. Габариты выбраны таким образом, чтобы устройство можно было применять одной рукой пожарным или спасателем при работе в СИЗ.



Рис. 2. Устройства для разбивания стекол:
 а) - аварийный молоток, б) – брелок-стеклобой,
 в) – аварийный молоток со стропорезом

На рисунке 4 показано устройство в разрезе. Стеклобой состоит из следующих деталей: корпус; крышка; упорная втулка; стержень; пружина, приводящая в действие стержень; пружина, возвращающая упорную втулку в посадочное место; упор; штифт.

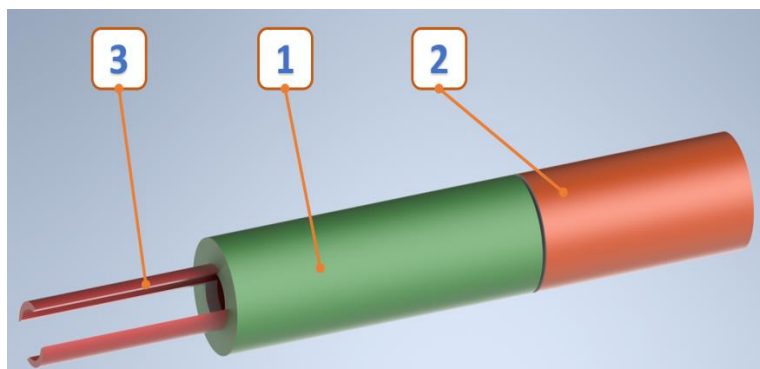


Рис. 3. Общий вид устройства:
 1 - корпус, 2 - крышка,
 3 – упорная втулка

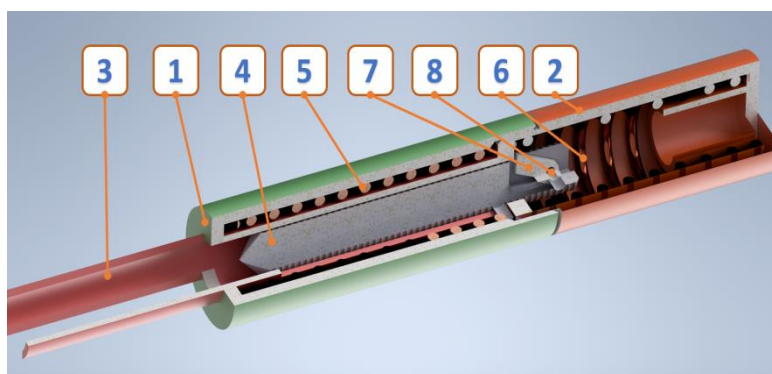


Рис. 4. Разработанное устройство в разрезе:
 1 - корпус, 2 - крышка,
 3 – упорная втулка,
 4 – стержень, 5 – пружина, приводящая в действие стержень, 6 – пружина, возвращающая упорную втулку в посадочное место, 7 – упор, 8 – штифт

Устройство для разбивания стекол работает следующим образом. Упорную втулку (3) необходимо прислонить к стеклу, при нажатии пружина (5) растягивается. В крайнем положении стержня (4) упор (6) смещается внутрь стержня, который в свою очередь под действием пружины разбивает стекло. Пружина (6) возвращает втулку в начальное положение. Конструкция стеклобоя разрабатывалась в программе Autodesk Inventor. Применение систем автоматизированного проектирования при разработке новых устройств, позволяет выявить недостатки конструкции и сразу их устранить.

Таким образом было разработано устройство для разбивания стекол. Такая конструкция позволяет без затруднений использовать устройство пожарными и спасателями в СИЗ, а также разбивать стекла одной рукой в ограниченном пространстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.Е. Совершенствование оперативного управления пожарными подразделениями средствами трехмерного моделирования / В.Е. Иванов // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. г. Железногорск, 2018 г. С. 122-125.

2. Иванов В.Е. Внедрение 3D технологий в учебный процесс / В.Е. Иванов, И.А. Легкова, А.А. Покровский, В.П. Зарубин, Н.А. Кропотова // Современное научное знание: теория, методология, практика. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 3-х частях. ООО «НОВАЛЕНСО». Смоленск. 2016. С. 37-39.

3. Иванов В.Е., Инженерно-проектировочные решения для разработки учебно-тренажерного комплекса подготовки пожарных и спасателей / В.Е. Иванов, А.О. Талашенко // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности: сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции. –М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. С. 395-398.

4. Иванов В.Е. Применение 3D технологий в образовании для повышения уровня профессиональной подготовки специалистов пожарной охраны / В.Е. Иванов, П.В. Пучков // Пожарная безопасность и защита в ЧС: сборник материалов XII итоговой научно-практической конференции курсантов, слушателей и студентов, посвященной Году культуры безопасности. Иваново, 25-27 июня 2018 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 418-422.

5. Бык Н.О. Перспективы применения квадрокоптеров / Н.О. Бык, В.Е. Иванов, И.А. Легкова // Надежность и долговечность машин и механизмов. сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 32-33.

6. Зарубин В.П. Перспективы применения шнековых движителей в технике специального назначения / В.П. Зарубин, В.Е. Иванов, С.А. Сычев // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева. 2017. С. 58-61.

7. Иванов В.Е., Предотвращение экологической опасности экстремальной робототехникой / В.Е. Иванов, Кропотова Н.А. // В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 3-х частях. 2020. С. 331-335.

8. Архангельский К.Н. Мобильный разведывательно-поисковый робот / К.Н. Архангельский, А.А. Серебряков, В.Е. Иванов, Н.А. Кропотова // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 8-10.

УДК 621

А. В. Ильченко, В. В. Киселев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ АВТОМАТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ НУЖД ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Аннотация: профессиональная деятельность пожарных и спасателей неотъемлемо связана с риском для их здоровья и жизни. Повысить эффективность проведения работ по тушению пожаров и спасению людей становится возможным за счет оснащения пожарно-спасательных подразделений современной техникой и оборудованием. В разряд такого оборудования можем отнести разнообразные автоматические устройства. В данной работе описывается конструкция и назначение автоматического роботизированного устройства легкого класса, предназначенного для ведения разведки при пожарах, а также ликвидации локальных загораний.

Ключевые слова: автоматическое устройство, пожар, тушение пожара, разведка пожара, шасси, робототехническая платформа.

A. V. Ilchenko, V. V. Kiselev

RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT OF AUTOMATIC DEVICES FOR THE NEEDS OF THE FIRE PROTECTION

Abstracts: the professional activities of firefighters and rescuers are inherently associated with a risk to their health and life. It becomes possible to increase the efficiency of work on extinguishing fires and saving people by equipping fire and rescue units with modern technology and equipment. A variety of automatic devices can be attributed to the category of such equipment. This paper describes the design and purpose of a light-class automatic robotic device designed for reconnaissance during fires, as well as the elimination of local fires.

Keywords: automatic device, fire, fire extinguishing, fire reconnaissance, chassis, robotic platform.

Профессия пожарного и спасателя связана с опасной работой, они занимаются ликвидацией аварий, пожаров, а также последствий других чрезвычайных ситуаций. Пожары и стихийные бедствия сопровождаются наличием разнообразных опасных факторов – повышенных температур, взрыво- и газоопасных сред, которые несут угрозу не только здоровью, но часто и жизни пожарного.

Для снижения вероятности поражения людей в настоящее время все шире находят свое применение разнообразные безлюдные технологии, в частности применяются роботизированные установки стационарные или подвижные.

Основное назначение робототехники – выполнение различного рода работ в экстремальных внешних условиях опасных и вредных для человека или вообще исключающих его присутствие. Приоритетным направлением является создание и использование безлюдных технологий, минимизация риска поражения пожарных и спасателей в условиях ЧС.

Робототехнические комплексы для чрезвычайных ситуаций должны выполнять различные технологические операции, такие как разведка, погрузочно – разгрузочные работы, пожаротушение, поиск людей в зоне ЧС. В настоящее время существует ряд робототехнических комплексов, каждый из которых узко специализирован на выполнении одной конкретной задачи. Разнообразие робототехнических систем влечет за собой необходимость иметь для каждого образца свою систему управления, набор запасных частей и инструментов, требует обучения специалиста для работы с конкретным устройством.

В ходе изучения перечня применяемых для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций подвижных робототехнических устройств, пришли к выводу, что для различных видов работ применяются узконаправленные специализированные устройства. Это влечет за собой сложности, связанные с необходимостью применять для каждого типа роботизированных устройств свою систему управления, необходимые запасные части для проведения обслуживания техники.

Управление такими роботизированными устройствами также может отличаться, поэтому требуется и наличие квалифицированных специалистов, способных работать с широким спектром подобных машин. Решением этой проблемы может являться разработка широкопрофильного многофункционального роботизированного устройства.

Отличительной особенностью предлагаемого устройства является применение элементов модульной компоновки в оснащении робототехнической платформы и использовании полезной нагрузки. Для замены модулей полезной нагрузки достаточно выполнить их ремонт на грузовой платформе и присоединить соответствующий разъем.

Применение модульного принципа в компоновке шасси и установке полезной нагрузки позволит производить гибкую настройку робототехнического комплекса для выполнения поставленной задачи, осуществлять ремонт и мо-

дернизацию за счет замены отдельных наиболее употребляемых блоков, расширять область использования устройства за счет разработки новых модулей.

На рис. 1 представлена 3d модель автоматического устройства, разработанного для пожарной охраны. Автоматическое устройство представляет собой робот легкого класса с элементами модульной компоновки. Он состоит из базового гусеничного шасси и модулей полезной нагрузки.

Базовое шасси состоит из отсека управления и грузовой платформы. В отсеке управления расположены бортовые мотор – редукторы, аккумуляторные батареи, драйвер двигателей, релейный блок, главный контроллер, электропроводка и вспомогательные узлы.

Грузовая платформа предназначена для установки различной модулей полезной нагрузки, таких как блоки датчиков, модули порошкового пожаротушения, манипуляторы.

На базовом шасси ведущими являются задние колеса. Ведущие колеса по сравнению с ведомыми имеют больший диаметр. Диаметры колес выбраны таким образом, что при размещении приводных мотор – редукторов над базовой платформой обеспечить ее горизонтальное положение относительно поверхности. Кроме этого, при движении задним ходом увеличенный диаметр ведущих колес позволит преодолевать более значительные препятствия. Базовое шасси приводится в движение при помощи мотор – редукторов, управляемых от главного контроллера через драйвер двигателей, выполненный на основе силовых полевых транзисторов. Для обеспечения регулирования скорости движения и плавного пуска используется ШИМ-сигнал управления, поступающий от главного контроллера. Реверс выполнен по релейной схеме с управлением реле от главного контроллера. Управление модулями полезной нагрузки осуществляется так же с главного контроллера. В качестве главного контроллера применяется контроллер Arduino Uno, разработанный компанией Atmel на базе процессора ATmega 328.

На рис. 2 представлен один из возможных вариантов оснащения модульной платформы. Здесь на ней установлена система порошкового пожаротушения «Тунгус», дающая возможность ликвидации локальных загораний на небольшой площади в автоматическом режиме. Количество модулей порошкового пожаротушения может быть установлено две единицы.



Рис. 1. Общий вид модульного шасси автоматического устройства

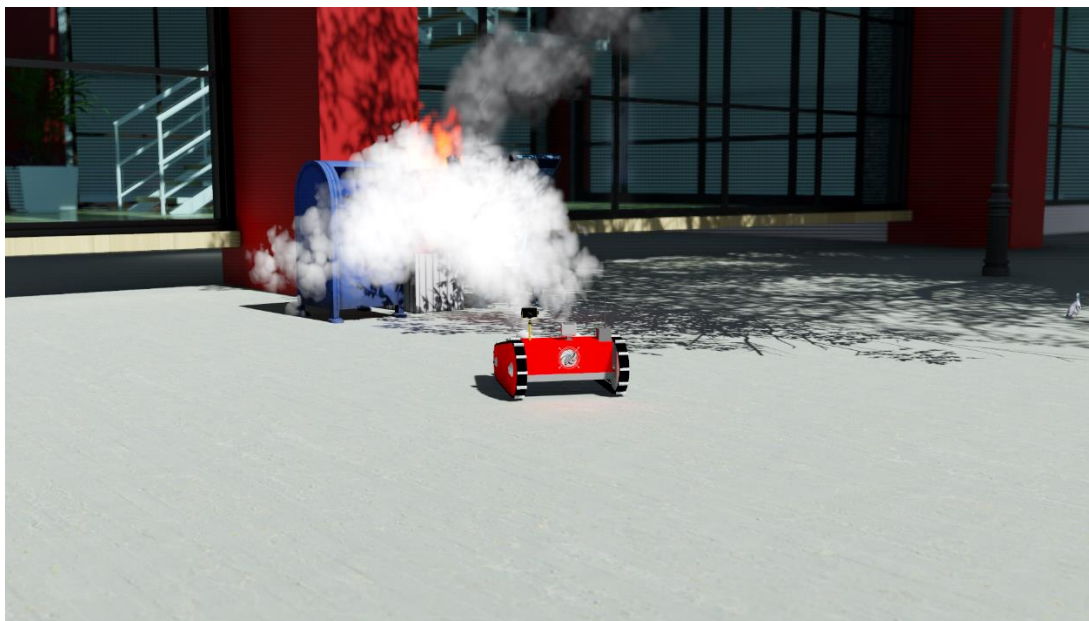


Рис. 2. Визуализация применения автоматизированного устройства по назначению

Таким образом, с использованием единого базового шасси возможно получить устройство, решающее значительный спектр задач, требующих использования робототехнических устройств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легкова И.А., Зарубин В.П., Киселев В.В., Иванов В.Е., Покровский А.А. Инновационные технологии при обучении графическим дисциплинам. // В сборнике: Пожарная и аварийная безопасность. / Материалы IX Международной научно-практической конференции. – 2014. – С. 300-301.
2. Пучков П.В. Шнекороторное роботизированное устройство для выполнения аварийно-спасательных работ на труднодоступных территориях. // NovaInfo.Ru (Электронный журнал.) – 2019. – № 111. – С.11-12.
3. Кропотова Н.А., Пучков П.В., Леушин Е.Н. Разработка робототехнического комплекса и системы для противопожарной защиты и ликвидации последствий пожаров и взрывов на водных объектах. // Современные пожаробезопасные материалы и технологии: сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной Году культуры безопасности, Иваново, 19 сентября 2018 г. Часть II – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. – 2018. – С. 45-48.
4. Покровский А.А., Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Реализация информационных и профессионально-ориентированных образовательных технологий в учебном процессе. // В сборнике: Современные проблемы высшего образования. / Материалы VII Международной научно-методической конференции. – 2015. – С. 44-49.

УДК 614.84

М. А. Калинин, В. Е. Иванов, Б. К. Хогоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЭКЗОСКЕЛЕТА ПОЖАРНОГО

Аннотация: статья посвящена разработке конструкции экзоскелета пожарного для проведения аварийно-спасательных работ и поиска пострадавших в шахтах и тоннелях при Конструкция экзоскелета пожарного разработана с учетом особенностей пожарно-технического вооружения, которое необходимо для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций в шахтах и тоннелях.

Ключевые слова: конструкция, экзоскелет, пожарный, чрезвычайная ситуация.

M. A. Kalinin, V. E. Ivanov, B. K. Hogorov

A ROBOTIC DEVICE FOR TRANSPORTING AN EMERGENCY RESCUE TOOL

Abstract: the article is devoted to the development of the design of a firefighter's exoskeleton for emergency rescue operations and search for victims in mines and tunnels. The design of a firefighter's exoskeleton is designed taking into account the features of fire-technical weapons that are necessary to eliminate the consequences of emergencies in mines and tunnels.

Keywords: construction, exoskeleton, fireman, emergency.

Одна из главных причин разработки конструкции экзоскелета пожарного, это применение данного механизма для работы газодымозащитников в непригодной для дыхания среде в условиях повышенной сложности, например, при проведении аварийно-спасательных работ и поиска пострадавших в подземных станциях метрополитена. Рассмотрим несколько чрезвычайных ситуаций, которые произошли в тоннелях и шахтах. К примеру, 2 июля 2010 года движение поездов было прервано на Таганско-Краснопресненской линии: в одном из вагонов поезда на станции метро «Улица 1905 года» произошло задымление. Его причиной стало загорание электродвигателя, расположенного под вагоном. Для ликвидации задымления было снято напряжение рельса на пути по направлению из центра; ситуация была устранена через полчаса после обнаружения. Следующий случай произошел 23 июля 2020 года в Северо-Западном тоннеле в Москве загорелся автомобиль Nissan, движение по нему в центр города было полностью перекрыто. Автомобиль удалось потушить, движение по тоннелю восстановлено, сообщает «РИА Новости» со ссылкой на пресс-службу депар-

тамента транспорта Москвы. «В тоннеле работает система принудительной вентиляции в штатном режиме. Сведений о пострадавших не поступало», — сообщили агентству в Главном управлении МЧС России по Москве. Уточняется, что движение в область не было затруднено. Северо-Западный тоннель — один из самых длинных в Москве. Пожары в них случались и раньше. Еще много можно приводить подобных случаев, где проводятся аварийно-спасательные работы и поиск пострадавших в непригодной для дыхания среде. Поэтому разработка экзоскелета пожарного является актуальной задачей, так как данный механизм позволит переносить больший вес спасателями и пожарными, увеличить время нахождения звена газодымозащитной службы в непригодной для дыхания среде за счет увеличения количества баллонов со сжатым воздухом.

Экзоскелеты получили широкое распространение в сфере строительства по всему миру. Во многих странах работники эксплуатируют экзоскелеты для облегчения работы, поднятия тяжестей и проведения других видов работ. На рисунке 1 представлены экзоскелеты, которые применяются в различных сферах деятельности человека.

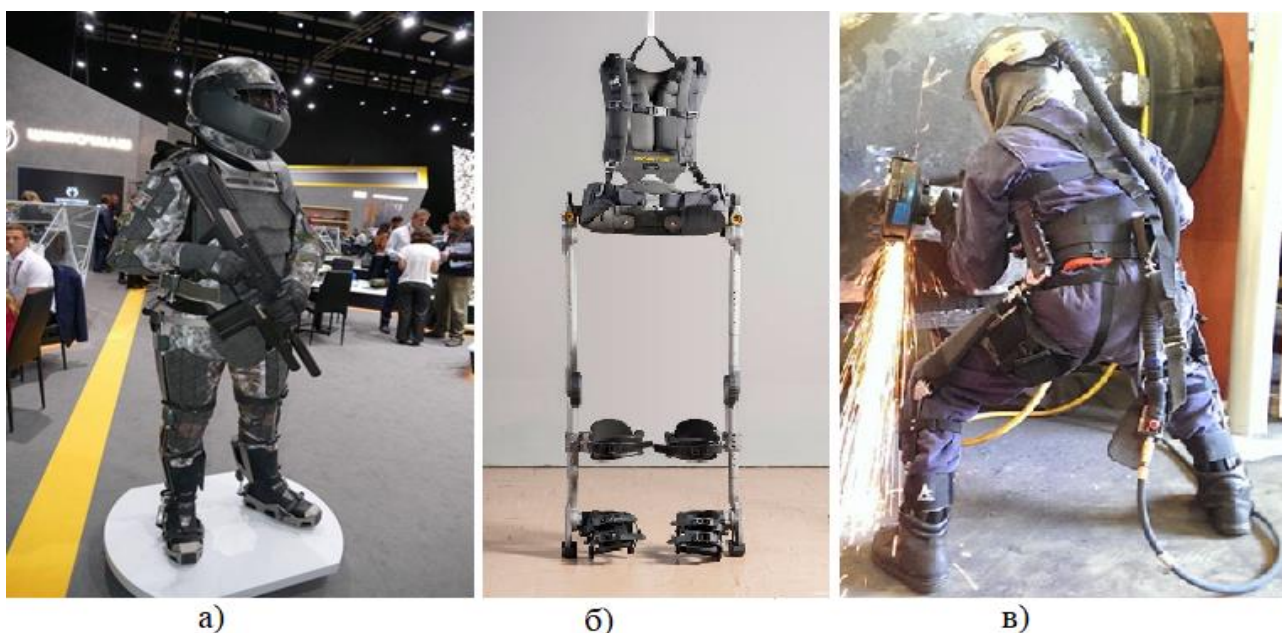


Рис. 1. Экзоскелеты:

- а) прототип экзоскелета «Защитник будущего»,
б) экзоскелет FORTIS, в) экзоскелет SuitX LegX

На рисунке 1а изображен прототип российского военного экзоскелета «Защитник будущего». Данная модель предназначена для увеличения силы и выносливости военнослужащего и пока находится в разработке. Экзоскелет компании FORTIS (рис. 1б) был разработан для облегчения труда специалистов в сфере строительства, но его возможности заинтересовали военных и поэтому

сейчас ведутся работы по применению его военнослужащими. В открытой продаже данной модели нет. Строительный экзоскелет марки SuitX, модель LegX (рис. 1в) широко используется различными компаниями. Данная модель предназначена для облегчения труда специалистов, занимающихся работами, связанными с поднятием, перемещением тяжелых грузов и оборудования. Экзоскелет находится в открытом доступе и каждый желающий может его приобрести. Рассмотренные экзоскелеты обладают своими достоинствами и недостатками, которые необходимо учесть при разработке экзоскелета пожарного, а также необходимо учесть следующие характеристики: увеличение максимально переносимого груза; увеличение времени нахождения звена ГДЗС в непригодной для дыхания среде; снижение утомляемости оператора.

На рисунке 2 представлена конструкция экзоскелета пожарного.

Разработанная конструкция экзоскелета пожарного состоит из следующих основных элементов: пояс, сервоприводы, направляющие, опоры, аккумуляторы (на рисунке не указано).

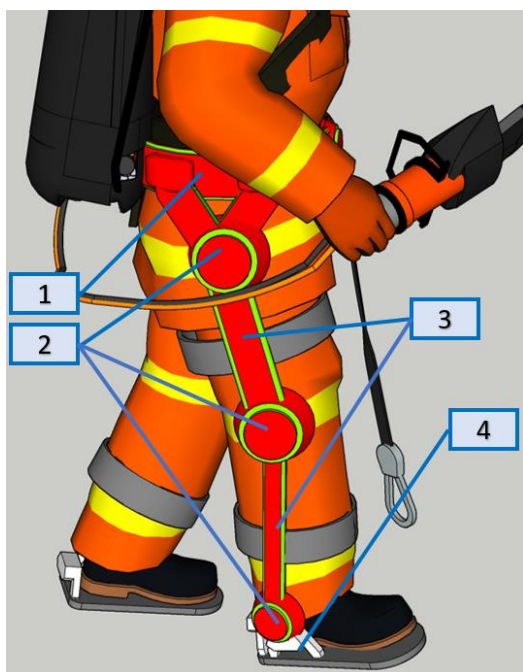


Рис. 2. Конструкция экзоскелета пожарного:
1 – пояс, 2 – сервоприводы,
3 – направляющие,
4 – нижняя опора

Экзоскелет предназначен для мобильного и быстрого использования гидравлического аварийно-спасательного инструмента во время проведения аварийно-спасательных работ, за счет рычажной системы снижается нагрузка на пояснице пожарного. За счет применения данного механизма увеличивается переносимый вес, поэтому есть возможность использовать дополнительный баллон со сжатым воздухом для увлечения времени пребывания пожарного в непригодной для дыхания среде. Материал для изготовления экзоскелета прорабатывается, так как необходимо провести дополнительные расчеты и исследования с целью достижения разработанной конструкции следующих характеристик: высокая прочность, чтобы выдерживать динамические и статические нагрузки, прикладываемые к материалу во время работы; низкая теплопроводность, чтобы материал не изменял свои прочностные характеристики, вследствие температурных воздействий; малая масса, чтобы уменьшить нагрузку на пожарного.

В заключении необходимо отметить следующее: использование экзоскелета пожарного при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ в шахтах и тоннелях позволит пожарным увеличить время нахождения в непригодной для дыхания среде, что в свою очередь снизит смертность на по-

жарах, а возможность ношения с собой дополнительного пожарно-технического вооружения, в частности пневмо-гидроинструмента, способствует снижению времени проведения тех или иных операций, связанных со спасением людей, имущества и ликвидацией последствий ЧС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.Е. Совершенствование оперативного управления пожарными подразделениями средствами трехмерного моделирования / В.Е. Иванов // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. г. Железногорск, 2018 г. С. 122-125.

2. Иванов В.Е. Внедрение 3D технологий в учебный процесс / В.Е. Иванов, И.А. Легкова, А.А. Покровский, В.П. Зарубин, Н.А. Кропотова // Современное научное знание: теория, методология, практика. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 3-х частях. ООО «НОВАЛЕН-СО». Смоленск. 2016. С. 37-39.

3. Иванов В.Е., Инженерно-проектировочные решения для разработки учебно-тренажерного комплекса подготовки пожарных и спасателей / В.Е. Иванов, А.О. Талашенко // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности: сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции. –М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. С. 395-398.

4. Иванов В.Е. Применение 3D технологий в образовании для повышения уровня профессиональной подготовки специалистов пожарной охраны / В.Е. Иванов, П.В. Пучков // Пожарная безопасность и защита в ЧС: сборник материалов XII итоговой научно-практической конференции курсантов, слушателей и студентов, посвященной Году культуры безопасности. Иваново, 25-27 июня 2018 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 418-422.

5. Бык Н.О. Перспективы применения квадрокоптеров / Н.О. Бык, В.Е. Иванов, И.А. Легкова // Надежность и долговечность машин и механизмов. сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 32-33.

6. Зарубин В.П. Перспективы применения шнековых движителей в технике специального назначения / В.П. Зарубин, В.Е. Иванов, С.А. Сычев // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева. 2017. С. 58-61.

7. Иванов В.Е., Предотвращение экологической опасности экстремальной робототехникой / В.Е. Иванов, Кропотова Н.А. // В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 3-х частях. 2020. С. 331-335.

8. Архангельский К.Н. Мобильный разведывательно-поисковый робот / К.Н. Архангельский, А.А. Серебряков, В.Е. Иванов, Н.А. Кропотова // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 8-10.

УДК 620

Д. А. Клюквин, А. В. Топоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО СТРАХОВОЧНОГО УСТРОЙСТВА

Аннотация: в статье рассмотрен вопрос повышения безопасности при проведении аварийно-спасательных работах по тушению пожара и спасению людей. Проведен анализ причин травматизма и гибели пожарных. Предложены пути решения данной проблемы за счет использования специальных страховочных устройств.

Ключевые слова: работы на высоте, страховочное устройство, травматизм.

D. A. Klukvin A. V. Toporov

DEVELOPMENT OF A PORTABLE AUTOMATIC SAFETY DEVICE

Abstracts: the article considers the issue of improving safety during emergency rescue operations to extinguish fire and rescue people. The analysis of the causes of injuries and deaths of firefighters was carried out. The ways of solving this problem through the use of special safety devices are proposed.

Keywords: work at height, safety device, injury.

При работе пожарных часто требуется производить различные действия на высоте. В этих условиях необходимо выполнять требования охраны труда. Ежегодно происходит ряд случаев получения травм личным составом в результате падений с высоты. Среди всех случаев травматизма высотные работы в процентном соотношении сравнимы с обрушением конструкций и взрывами газовых баллонов (рисунок 1) [1].

Согласно статистике, в рассматриваемом периоде падение с высоты стало причиной 6 случаев получения травм (гибели личного состава не допущено).

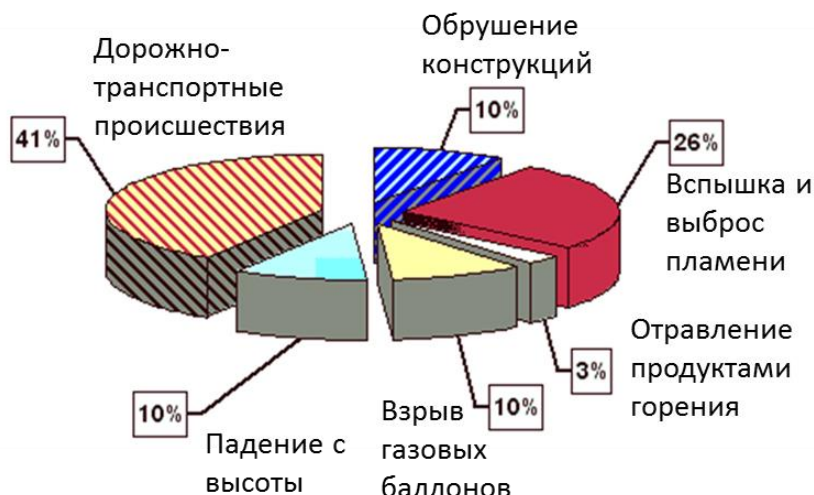


Рис. 1. Статистика гибели и травмирования личного состава ГПС за 2019 г.

К сожалению, в 2021 году без жертв среди пожарных при выполнении высотных работ не обошлось.

Так, 3 июля 2021 во время тушения пожара погиб один из сотрудников МЧС.

Пожар, который произошел в пятиэтажном здании в Горячем Ключе, унес жизнь одного человека. Основной очаг возгорания находился на крыше, для его ликвидации была задействована высотная техника. При тушении пожара, в том числе использовались пожарные лестницы. Именно с нее спасатель и сорвался. Лестница была протянута до четвертого этажа. На ней работал пожарный, державший рукав с водой. В какой-то момент рукав упал, а через мгновение сорвался с высоты и сам пожарный.

Несколькими месяцами ранее, в Омске с высоты упал пожарный. Инцидент произошел днем 26 мая во время тушения пожара на складе древесины по улице 3-й Казахстанской. С возгоранием на площади 2000 кв. м боролись 85 спасателей. Но один из них, 45-летний пожарный, упал с высоты восьми метров. Во время тушения пожара несколько пожарных стояли на крыше горящего здания. Один из мужчин удалял горящую кровлю. Но неожиданно та провалилась вниз вместе с пожарным.

Проведение работ на высоте требует использования специальных страховочных средств. Для обеспечения безопасности традиционно применяется пояс пожарного с карабином и веревка. Однако, эти устройства не всегда эффективны.

В настоящее время существует ряд устройств для спасения людей с верхних этажей, например, Самоспас 3476 [2]. Приспособление относится к категории канатно-спусковых устройств пожарных автоматических и предназначено для экстренного покидания людьми зданий и других высотных объектов при возникновении аварийной ситуации и других неотложных случаях.

Наряду со множеством достоинств, таких как широкий диапазон рабочих масс спускаемого объекта, ограничению скорости спуска, работе при различных температурах, возможности спускаться с высоты до 30 м, его основным недостатком является жесткая привязка к узлу крепления на конструкции. Иными словами, устройство маломобильно.

Учитывая опыт использования устройств, предназначенных для спасения людей из зданий, возможно выдвинуть ряд требований к приспособлениям подобного рода предназначенных для спасения пожарных при производстве работ на высоте.

Такое устройство должно быть мобильным и закрепляться за пояс пожарного, не мешать работе, т.е. быть достаточно компактным и легким, обеспечивать проведение самоспасания и в некоторых случаях пострадавших.

Поэтому актуальной является разработка портативного автоматического страховочного устройства.

Отличительная особенность предлагаемой идеи заключается использование в качестве гибкого элемента стальной ленты, а не троса или веревки.

Применение стальной ленты дает возможность при максимальной ее длине сконструировать катушку относительно небольших габаритов. Также лента может быть ровно намотана в один слой, что исключает ее запутывание при сматывании с катушки.

Устройство (рисунок 2) состоит из прочного корпуса 1 на котором предусмотрено крепление 2 к поясу пожарного. Внутри корпуса 1 помещается вал на котором устанавливается катушка 3, имеющая пружинную систему автоматического сматывания, со стальной лентой 4. На свободном конце ленты 4 выполнено кольцо за которое возможно закрепить карабин, веревочную петлю и закрепить устройство за конструкцию (не показано). В корпусе 1 выполнены специальные направляющие ленты, охватывающие барабан тормоза 5. Барабан тормоза 5 имеет упруго прикрепленные к ступице массивные тормозные элементы. Поверхность тормозных элементов, приходящая в контакт с лентой имеет высокий коэффициент трения.

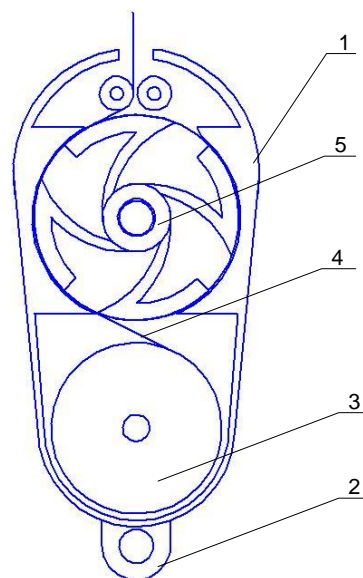


Рис. 2. Принципиальная схема страховочного устройства

Работает устройство следующим образом. При помощи крепления 2 устройство присоединяется к поясу пожарного. При выполнении работ кольцо на свободном конце ленты закрепляется на конструкции, способной выдержать вес человека. При относительно малых скоростях ленты 4 она свободно перемещается в направляющих корпуса, сматываясь и наматываясь на катушку 3.

Барабан тормоза 5 свободно вращается. В случае падения пожарного скорость движения ленты 4 увеличивается, что, в свою очередь, приводит к увеличению скорости вращения барабана тормоза 5. Массивные тормозные элементы барабана тормоза 5 под действием центробежных сил инерции совершают радиальное перемещение, входя в контакт с направляющими в корпусе 1 и прижимая к ним ленту 4. При этом скорость движения ленты замедляется, что приводит к снижению скорости падения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 11 декабря 2020 г. N 881н «Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны».
2. Устройство канатно-спускное пожарное с автоматическим поддержанием заданной скорости спуска (УКСПа) «САМОСПАС», Артикул ss KSPA-S Паспорт-инструкция ООО «Самоспас» М. - 2009

УДК 621.928.6

*М. Ю. Колобов¹, В. Н. Блиничев¹, О. В. Чагин¹, С. Е. Сахаров¹,
В. В. Бойцова¹, П. Н. Грименицкий¹, В. В. Колобова²*

¹ФГБОУ ВО Ивановский государственный химико-технологический университет

²ФГБОУ ВО Ивановская государственная сельскохозяйственная академия
имени Д.К. Беляева

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА КЛАССИФИКАЦИИ ЧАСТИЦ МАТЕРИАЛА

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.

Ключевые слова: центробежный классификатор, частицы материала, процесс классификации

*M. Yu. Kolobov, V. N. Blinichev, O. V. Chagin, S. E. Sakharov,
V. V. Boytsova, P. N. Grimenitsky, V. V. Kolobova*

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE CLASSIFICATION PROCESS PARTICLES MATERIAL

Abstract: The need to produce products with high dispersion is explained by the fact that, due to their increased reactivity, technical application is technologically and economically more efficient than coarse materials. The developed centrifugal classifier makes it possible to increase the efficiency of the classification process.

Keywords: centrifugal classifier, material particles, 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.

Воздушно-центробежный классификатор – аппарат, классифицирующий в воздушной среде материал, разделяющий сухие частицы на различные по крупности фракции. Разработан центробежный классификатор (рис. 1) для разделения частиц материала на фракции [1].

Центробежный классификатор состоит из наружного корпуса 1 с крышкой 2, патрубками отвода готового 3 и крупного 4 продуктов и патрубком подвода исходного материала 5, внутреннего корпуса 6 с крышкой 7 и патрубком отвода крупного продукта 8. Между цилиндрическими частями наружного и внутреннего корпусов расположены закручивающиеся лопатки 9, над которыми размещен горизонтальный обтекатель 10, который перемещается в вертикальном направлении при помощи штока 11. Закручивающиеся лопатки установлены с возможностью регулирования их положения по отношению к горизонтальной плоскости от

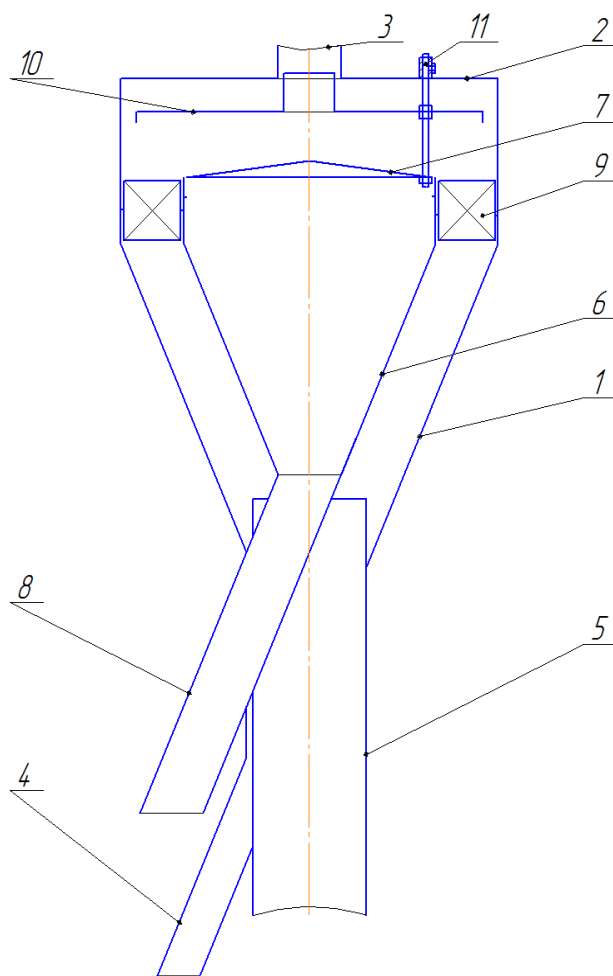


Рис. 1. Центробежный классификатор

0° до 90° .

Центробежный классификатор работает следующим образом. Исходный материал вместе с транспортирующим воздухом подается через патрубок 5 в канал, образованный коническими частями наружного 1 и внутреннего 6 корпусов. Часть наиболее крупных частиц выпадает из потока и отводится через патрубок крупного продукта 4. Основная масса материала вследствие изменения направления потока движется по стенке внутреннего корпуса 6 и поступает в закручивающие лопатки 9. Закрученный поток поступает в плоскую центробежно-противоточную зону классификации, образованную горизонтальным обтекателем 10 и крышкой 7 внутреннего корпуса. Под действием преобладающих аэродинамических сил мелкие частицы перемещаются к центру зоны классификации и выводятся через патрубок 3 в готовый продукт. Часть крупных частиц выпадает из потока в зоне классификации, проходит через зазор между крышкой 7 и цилиндрической частью внутреннего корпуса 6, сползает по внутренней стенке внутреннего корпуса 6 и выводится через патрубок отвода крупного продукта 8. Основная масса крупных частиц под действием преобладающих центробежных сил перемещаются к периферии зоны и выпадают на стенку наружного корпуса 1, при этом крупные частицы захватывают с собой часть мелких частиц. Сползая по внутренней поверхности наружного корпуса крупные частицы с захваченными мелкими частицами попадают в восходящий из закручивающих лопаток 9 поток транспортирующего воздуха, подаваемого с исходным материалом, за счет которого происходит отсепарирование мелких частиц, захваченных крупными, и возврат их в зону классификации. Провеянные крупные частицы сползают по стенке наружного корпуса и выводятся через патрубок 8 в крупный продукт.

Перемещая горизонтальный обтекатель 10 в вертикальном направлении при помощи штока 11 и устанавливая закручивающие лопатки 9 по отношению к горизонтальной плоскости от 0° до 90° в зависимости от гранулометрического состава исходного продукта и скорости воздушного потока можно регулировать процесс классификации.

Сравнение кривых разделения классификатора – известного и предлагаемого объекта – выполненного в стендовых условиях на моделях диаметром 400 мм, показывает возможность повышения эффективности классификации за счет установки над закручивающими лопатками горизонтального обтекателя, причем закручивающие лопатки установлены с возможностью регулирования их положения по отношению к горизонтальной плоскости от 0° до 90° .

Так КПД (η) возрастает с 0,8 до 0,93, степень проскока крупных частиц в мелкий продукт (ε) снижается с 0,4 до 0,35.

Таким образом, разработанный центробежный классификатор позволяет повысить эффективность процесса классификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент RU № 2746351. Центробежный классификатор / Колобов М.Ю., Блиничев В.Н., Смирнов А.А., Чагин О.В., Субботина А.С. // Бюл. № 11, 2021.

УДК 614.846.63:004.94

С. Г. Короткевич, В. А. Ковтун

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ ЦИСТЕРН ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Аннотация: В работе представлены результаты экспериментальных и теоретических исследований влияния эксплуатационной нагруженности цистерн пожарных автомобилей на напряженно-деформированное состояние. Проектные расчеты оптимальных геометрических параметров элементов цистерн позволили разработать их модернизированные конструкции, обладающие повышенным запасом прочности.

Ключевые слова: пожарный автомобиль, цистерна, напряженно-деформированное состояние, компьютерное моделирование, модернизация, сварное соединение.

S. G. Korotkevich, V. A. Kovtun

DESIGN OF MODERNIZED FIRE TRUCK'S TANKS TAKING INTO ACCOUNT OPERATIONAL LOADS

Annotation. The paper presents the results of experimental and theoretical studies of the effect of operational loading of fire truck's tanks on the stress-strain state. Design calculations of the optimal geometric parameters of the tank elements made it possible to develop their modernized designs with an increased margin of safety.

Keywords: fire tank truck, tank, stress-strain state, computer simulation, modernization, welded joint.

В Республике Беларусь и за рубежом опубликован ряд работ по проектированию и обеспечению эксплуатационной надежности конструкций цистерн для перевозки жидких грузов. Работы посвящены разработке методик оценки влияния геометрических и физических параметров на способность перегородок демпфировать колебания цистерн, установлению закономерностей распределе-

ния давления жидкости в котле цистерны и значений гидродинамических давлений, сил и моментов, определяющих влияние перетекания жидкости на динамические свойства цистерн [1–5]. Проведенный анализ позволил установить, что весьма мало исследований посвящено анализу влияния действующих эксплуатационных нагрузок при движении автомобилей по дорогам с различным дорожным покрытием на напряженное состояние цистерн прямоугольного сечения. В связи с этим, разработка современных расчетных методик, позволяющих исследовать характер формирования напряженно-деформированного состояния конструкций цистерн при различных режимах и условиях движения пожарных автомобилей, а также определять уровень их нагруженности, является важной научно-технической задачей.

Таким образом, целью работы является расчет и проектирование цистерн пожарных автомобилей, а также исследование влияния режимов и условий движения, геометрических параметров и расположения элементов конструкций на возникающее напряженно-деформированное состояние цистерн.

В качестве объекта исследований выбраны наиболее распространенные модели цистерн пожарных автомобилей объемом 5 м^3 на шасси МАЗ-5337, а также 8 и 10 м^3 на шасси МАЗ-6317. Для оценки напряженного состояния конструкций цистерн, возникающего при различных режимах и условиях движения пожарных автомобилей, предложена новая расчетная методика, основанная на двухэтапном подходе, включающем экспериментальное установление максимальных значений ускорений, возникающих под действием инерционных нагрузок в конструкциях цистерн, и разработку адаптированных к режимам движения пожарных автомобилей конечно-элементных моделей [4].

При проведении исследований определены эксплуатационные режимы, характеризующие особенности движения пожарных автомобилей к месту ликвидации чрезвычайных ситуаций: режим № 1 – движение по прямому участку асфальтированной дороги со скоростью 50 км/ч ; режим № 2 – движение по проселочной дороге с чередующимися неровностями и перепадами высот при допустимой скорости $20\text{--}30 \text{ км/ч}$; режим № 3 – движение по прямому участку асфальтированной дороги со скоростью 50 км/ч с последующим замедлением двигателем до скорости $10\text{--}15 \text{ км/ч}$ для вхождения в левый поворот на 90° ; режим № 4 – ускорение с места по прямому участку асфальтированной дороги до скорости 30 км/ч и экстренное торможение до полной остановки пожарного автомобиля.

Порядок проведения экспериментальных исследований максимальных значений ускорений, возникающих в конструкциях цистерн под действием инерционных нагрузок, а также разработки адаптированных к режимам движения 3D конечно-элементных моделей цистерн в программном комплексе ANSYS представлен в работах [6–10]. Расчет конечно-элементных моделей цистерн пожарных автомобилей позволил исследовать характер формирования полей напряжений, возникающих в конструкциях, а также установить наиболее нагруженные узлы. Анализ полученных результатов расчета также позволил

установить, что наибольшие эквивалентные напряжения по Мизесу в конструкциях цистерн пожарных автомобилей объемом 5 м^3 на шасси МАЗ-5337, а также 8 м^3 и 10 м^3 на шасси МАЗ-6317, возникают при моделировании режима № 2 (рисунок 1).

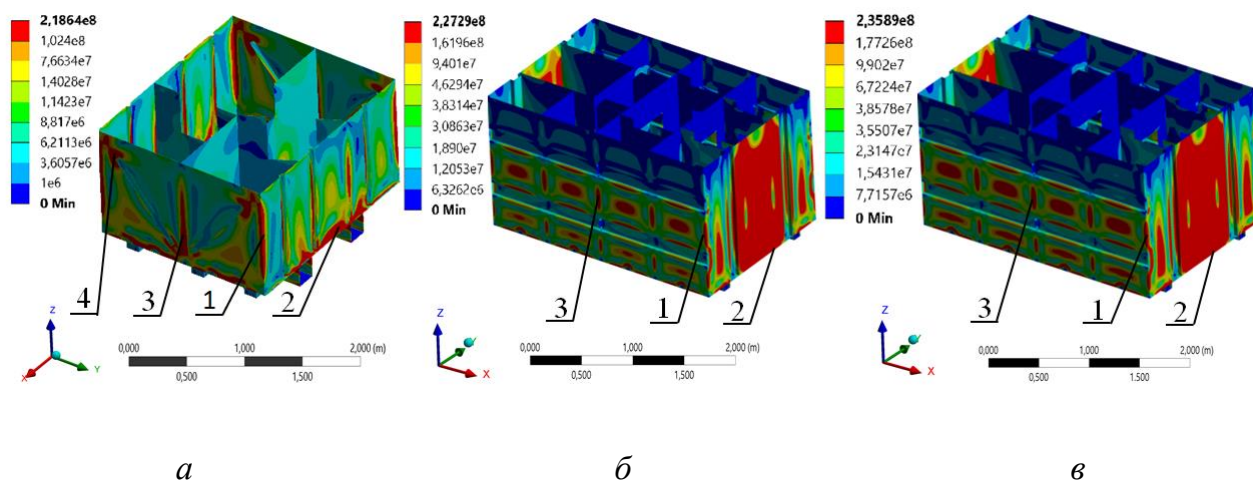


Рис. 1. 3D модели распределения полей напряжений, возникающих в конструкциях серийных цистерн пожарных автомобилей объемом 5 м^3 (а) на шасси МАЗ-5337, 8 м^3 (б) и 10 м^3 (в) на шасси МАЗ-6317 при режиме движения № 2, Па:
1 – угловые соединения стенок; 2 – угловые соединения передней, задней стенок и дна; 3 – тавровые соединения волноломов и стенок; 4 – тавровые соединения ребер жесткости и боковых стенок

Результаты исследований показали, что при движении пожарных автомобилей в наиболее нагруженном режиме в конструкциях серийных цистерн объемом 5 , 8 и 10 м^3 максимальные значения эквивалентных напряжений по Мизесу составляют 136 – 156 МПа, 137 – 176 МПа, 151 – 191 МПа соответственно, при этом коэффициент запаса прочности по пределу текучести составил $n_{\text{п}}=1,1$ – $1,3$; $1,2$ – $1,5$; $1,1$ – $1,4$.

Практика показывает, что в процессе эксплуатации цистерн пожарных автомобилей под действием нагрузок весьма часто происходят нарушения герметичности конструкций в областях угловых соединений стенок. Для снижения напряжений, возникающих в областях угловых соединений цистерн, соединяющих переднюю, заднюю стенки и дно, проведен ряд проектных расчетов с различными вариантами изменений в конструкциях. Жесткость дна цистерн обеспечивается за счет установленных поперечных усилений, выполненных в виде профилей равнополочных П-образного сечения с размерами $(50 \times 50 \times 3)$ мм в конструкциях цистерн объемом 5 м^3 и $(50 \times 50 \times 4)$ мм в конструкциях 8 и 10 м^3 . В качестве элемента модернизации цистерн предложена дополнительная установка профилей, закрепленных на дне конструкций на расстоянии 15 – 20 мм от угловых соединений передней, задней стенок и дна (рисунок 2).

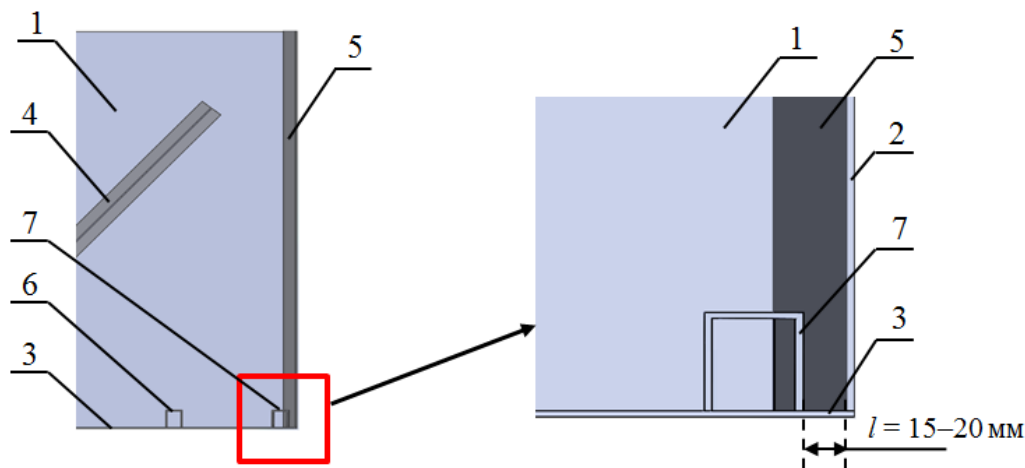


Рис. 2. 3D модель модернизированной цистерны пожарного автомобиля объемом 5 м^3 на шасси МАЗ-5337 (вид изнутри угловых соединений передней, боковой стенок и дна):
 1 – боковая стенка, 2 – передняя стенка, 3 – дно, 4 – ребро жесткости на боковой стенке, 5 – ребро жесткости на передней стенке, 6 – профиль П-образного сечения, 7 – дополнительный профиль П-образного сечения

На рисунке 3 представлены результаты расчета цистерн пожарного автомобиля объемом 5 м^3 на шасси МАЗ-5337. Сравнительный анализ конструкций показал, что дополнительная установка восьми профилей равнополочных П-образного сечения с размерами $(50 \times 50 \times 3)$ мм (двух штук длиной по 300 мм, четырех – 400 мм, двух – 780 мм) обеспечивает снижение уровня напряжений, возникающих в областях угловых соединений передней, задней стенок и дна на 29–32 МПа, а также угловых соединений стенок на 11–12 МПа.

На рисунке 4 представлены результаты расчета цистерн пожарного автомобиля объемом 8 м^3 на шасси МАЗ-6317. Сравнительный анализ конструкций показал, что дополнительная установка шести профилей равнополочных П-образного сечения с размерами $(50 \times 50 \times 4)$ мм (двух штук длиной по 1060 мм, четырех – 510 мм) обеспечивает снижение уровня напряжений в областях угловых соединений передней, задней стенок и дна на 35–37 МПа, угловых соединений стенок на 5–6 МПа, а также тавровых соединений пенобака и передней стенки на 10–12 МПа.

На рисунке 5 представлены результаты расчета цистерн пожарного автомобиля объемом 10 м^3 на шасси МАЗ-6317. Сравнительный анализ конструкций показал, что дополнительная установка шести профилей равнополочных П-образного сечения с размерами $(50 \times 50 \times 4)$ мм (двух штук длиной по 1080 мм, четырех – 520 мм) обеспечивает снижение уровня напряжений в областях угловых соединений передней, задней стенок и дна на 43–45 МПа, угловых соединений стенок на 6–8 МПа, а также тавровых соединений пенобака и передней стенки на 8–10 МПа.

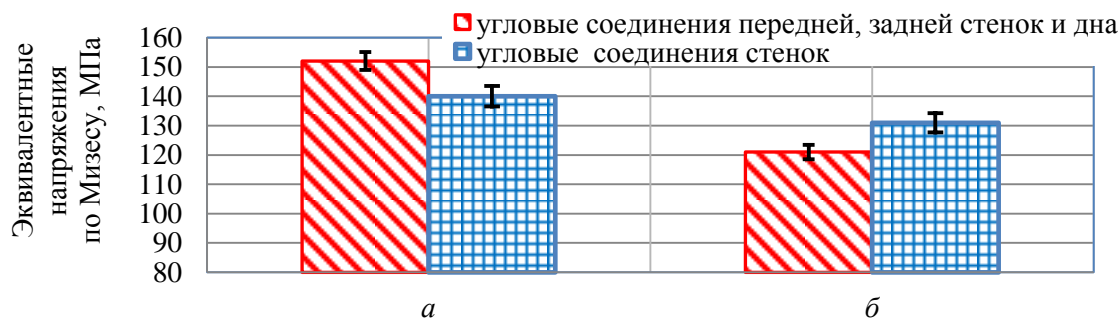


Рис. 3. Зависимости напряжений, возникающих в областях угловых соединений элементов цистерн объемом 5 м³ на шасси МАЗ-5337, от типа конструкций: серийной (а) и модернизированной с профилями П-образного сечения (б)

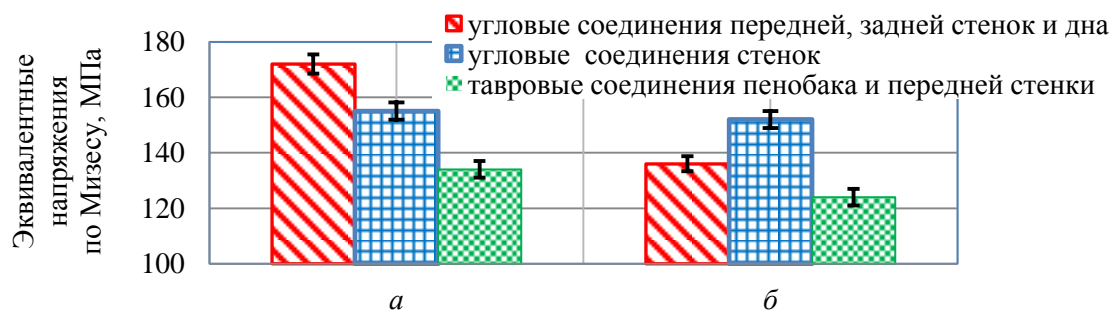


Рис. 4. Зависимости напряжений, возникающих в областях угловых и тавровых соединений элементов цистерн 8 м³ на шасси МАЗ-6317, от типа конструкций: серийной (а); модернизированной (б) с профилями П-образного сечения

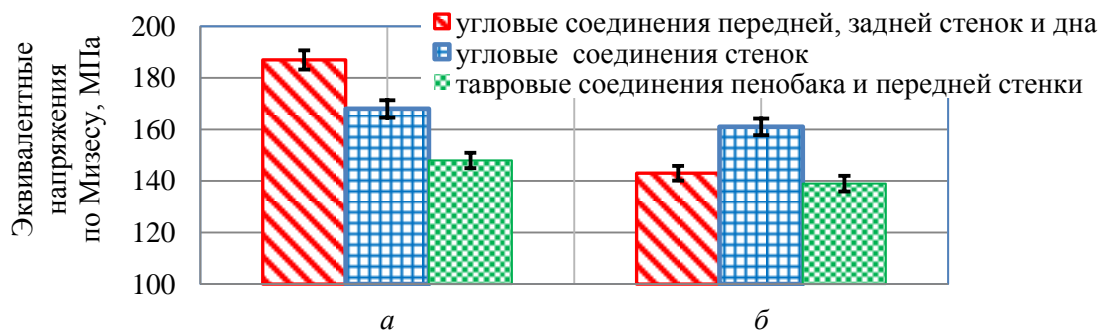


Рис. 5. Зависимости напряжений, возникающих в областях угловых и тавровых соединений элементов цистерн 10 м³ на шасси МАЗ-6317, от типа конструкций: серийной (а); модернизированной (б) с профилями П-образного сечения

В работах [7–10] представлен комплекс исследований по проектированию оптимальных геометрических параметров элементов конструкций цистерн: козынок, устанавливаемых в вертикальной плоскости под углом 45° к находя-

щимся в контакте стенкам; ребер жесткости в виде уголка равнополочного, расположенных на боковых стенках под углом 45° ; горизонтальных ребер жесткости на боковых стенках; поперечных усилений, закрепленных на дне. Научно-обоснованное применение данных элементов обеспечило снижение уровня напряжений на 24–61 МПа, 26–56 МПа; 29–53 МПа в наиболее нагруженных узлах модернизированных цистерн объемом 5, 8 и 10 м^3 соответственно, обеспечив при этом повышение коэффициентов запаса прочности до значений, составляющих $n_n=1,4\text{--}2,0$; $1,6\text{--}2,1$; $1,5\text{--}2,0$.

В результате проведенных исследований установлены закономерности, связывающие напряжения, возникающие в наиболее нагруженных узлах цистерн прямоугольного сечения объемом 5, 8 и 10 м^3 , с типом, размерами, расположением элементов их конструкций, а также режимами (скорость, ускорение, торможение, поворот) и условиями (вид дорожного покрытия), характеризующими особенности движения пожарных автомобилей на шасси МАЗ-5337 и МАЗ-6317.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Shimanovsky A. Kuzniatsova M., Sapietová A. Modeling of Newtonian and Non-Newtonian liquid sloshing in road tanks while braking / *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – Vol. 611. – P. 137–144.
2. Высоцкий М. С., Плескачевский Ю. М., Шимановский А. О. Динамика автомобильных и железнодорожных цистерн. Минск : Белавтотракторостроение, 2006. – 320 с.
3. Chen Y., Xue M.-A. Numerical Simulation of Liquid Sloshing with Different Filling Levels Using Open FOAM and Experimental Validation / *Water*. – 2018. – Vol. 10, № 12. – P. 1–18. DOI: 10.3390/w10121752.
4. Wang W., Guo Z., Peng Y., Zhang Q. A numerical study of the effects of the T-shaped baffles on liquid sloshing in horizontal elliptical tanks / *Ocean Engineering* 111. – 2016. – P. 543–568. DOI: 10.1016/j.oceaneng.2015.11.020.
5. Путято А. В. Совершенствование элементов конструкций вагона-цистерны с учетом взаимодействия с перевозимым жидким грузом / *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. – 2010. – № 1 (25). – С. 113–122.
6. Ковтун В. А., Короткевич С. Г., Жаранов В. А. Компьютерное моделирование и исследование напряженно-деформированного состояния конструкций цистерн пожарных автомобилей / *Вестник Ун-та. гражд. защиты МЧС Беларуси*. – 2018. – № 1. – Т. 2. – С. 81–90. DOI: 10.33408/2519-237X.2018.2-1.81.
7. Ковтун В. А., Короткевич С. Г., Пасовец В. Н., Тодоров И. Оптимизация конструкции цистерны пожарного автомобиля АЦ-5.0-50/4 на базе шасси МАЗ-5337 методом компьютерного моделирования / *Вестник Ун-та. гражд. защиты МЧС Беларуси*. – 2019. – № 1. – Т. 3. – С. 38–45.
8. Ковтун В. А., Короткевич С. Г. Исследование влияния геометрических параметров элементов конструкции цистерны на ее прочностные характеристики при модернизации пожарных автомобилей / *Вестник Ун-та. граждан. защиты МЧС Беларуси*. – 2020. – Т. 4, № 3. – С. 316–327.

9. Короткевич С. Г., Ковтун В. А. Эксплуатационная надёжность цистерн пожарных автомобилей: модернизация стальных конструкций в целях повышения их механических характеристик / Вестник ПГУ. Серия В. – 2019. – № 3. – С. 90–94.

10. Короткевич С. Г., Ковтун В. А. Экспериментально-теоретическое исследование напряженно-деформированного состояния цистерн пожарных автомобилей в процессе их эксплуатации / Механика. Исследования и инновации. – 2021. – Вып. 14. – С. 112–118.

УДК 614.842:621.398

А. В. Кузнецов, С. Н. Никишов

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ ВИДЕОМОНИТОРИНГА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЕДЕНИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ ПО ТУШЕНИЮ ПОЖАРОВ И ПРИВЕДЕНИЮ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Аннотация: В статье рассматриваются перспективы применения систем видеомониторинга на различных этапах боевых действий по тушению пожаров. Определено, что разработка и внедрение в практику информационно-аналитической системы поддержки принятия решений при помощи стационарных и мобильных камер видеонаблюдения позволит еще до прибытия на место вызова пожарно-спасательных подразделений принимать управленческие решения способствующие повышению эффективности ведения боевых действий по тушению пожаров и проведения аварийно-спасательных работ.

Ключевые слова: видеомониторинг, видеокамеры, пожар, раннее обнаружение.

A. V. Kuznetsov, S. N. Nikishov

PROSPECTS FOR THE USE OF VIDEO MONITORING SYSTEMS FOR INFORMATION SUPPORT OF MANAGERIAL DECISION-MAKING IN THE CONDUCT OF COMBAT OPERATIONS TO EXTINGUISH FIRES AND BRING EMERGENCY RESCUE OPERATIONS

Abstract: The article discusses the prospects for the use of video monitoring systems at various stages of firefighting operations. It is determined that the development and implementation into practice of an information and analytical decision support system using stationary and mobile video surveillance cameras will allow even before arriving at the scene of the call of fire and rescue units to make managerial decisions that contribute to im-

proving the effectiveness of fighting to extinguish fires and conduct emergency rescue operations.

Keywords: video monitoring, video cameras, fire, early detection.

Тушение пожара – сложный процесс, зависящий от многих критериев. Одним из основополагающих параметров успешного выполнения боевой задачи на месте пожара является время и качественное информационное обеспечение. Перспективным решением для обеспечения качественного информационного обеспечения должностных лиц на пожаре является применение видеомониторинга с различных видеокамер как стационарного, так и мобильного характера [1-3].

Применение систем видеонаблюдения в целях информационного обеспечения условно можно разделить на три этапа:

1. Изучение оперативной обстановки пожара в пути следования. Таким образом, должностные лица пожарно-спасательных подразделений еще до прибытия к месту вызова, а именно в пути следования, смогут получить такие данные как:

- внешние признаки пожара (наличие отблесков пламени и выделение дыма);
- подъездные пути к месту пожара;
- состояние пожарных гидрантов и пожарных водоемов;
- процесс проведения эвакуации;
- прибытие служб жизнеобеспечения;
- повышение номера ранга пожара (для диспетчера).

2. Применение видеокамер как стационарного, так и мобильного характера на месте вызова (определение местонахождения пострадавших внутри объекта; обнаружение очага пожара и т.д.) [4].

3. Применение видеоматериалов для изучения и проведения разборов пожаров, а также в целях юридической защиты должностных лиц, принимавших участие в их тушении.

Получаемая информация с камер видеонаблюдения позволит повысить вероятность раннего обнаружения пожаров, а также будет способствовать обеспечению процесса поддержки принятия управленческих решений при ведении боевых действий по их тушению. Видеонаблюдение и видеоаналитика потенциально могут обеспечить сверхраннее обнаружение возгорания на стадии его возникновения, что позволит сократить время прибытия первых пожарно-спасательных подразделений (время свободного развития пожара) и повысить вероятность локализации и ликвидации пожара силами и средствами первых прибывших подразделений пожарной охраны.

В этой связи, коллективом авторов Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России разрабатывается научно-исследовательская работа «Научно обоснованные предложения по применению систем видеорегистрации

при ведении боевых действий по тушению пожаров в зданиях, сооружениях и на открытых пространствах». Актуальность данной работы обуславливается возможностью применения систем видеомониторинга для поддержки принятия управленческих решений при ведении боевых действия по тушению пожаров и проведении аварийно-спасательных работ, а также при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. С этих позиций целесообразно представить перспективные направления исследований в области информационной и информационно-аналитической поддержки управленческих действий пожарно-спасательных подразделений при реагировании на пожары посредством информации с различных средств регистрации и передачи данных об объекте мониторинга: изображений, а также видеопоследовательностей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апарин А.А., Тараканов Д.В. Видеомониторинг как инструмент получения дополнительной информации на этапах сосредоточения сил и средств на пожаре // Актуальные проблемы обеспечения безопасности в Российской Федерации.– Екатеринбург: Уральский институт ГПС МЧС России, 2021. – С. 16-19.

2. Апарин А.А., Тараканов Д.В. Системы видеомониторинга как инструмент повышения пожарной безопасности // Проблемы техносферной безопасности: материалы Международной научно-практической конференции молодых учёных и специалистов. – 2021. – № 10. – С. 172-178.

3. Апарин А.А. Видеомониторинг: мировая практика использования и перспективы применения в обеспечении пожарной безопасности // Технологии техносферной безопасности. – 2021. – Вып. 1 (91). – С. 67-84.

4. Пожарная безопасность [Электронный ресурс]. – URL:http://cs.groteck.ru/KPB_2021/index.html?pn=&pageNumber= / (дата обращения: 24.01.2022).

УДК 621.9

М. Н. Махов¹, Е. В. Зарубина¹, Т. В. Шмелева², Д. С. Репин¹

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМЫ ДЫМОУДАЛЕНИЯ

Аннотация: Особенности работы рабочего колеса дымососа с определением прочностных характеристик соединений. Расчет и подбор оптимальных параметров дымососа.

Ключевые слова: жесткость рабочего колеса, система дымоудаления, критическое состояние системы, надежность системы дымоудаления.

M. N. Makhov, E. V. Zarubina, T. V. Chmeleva, D. S. Repin

FINITE ELEMENT MODELING OF THE SMOKE REMOVAL SYSTEM

Abstracts: Features of the operation of the impeller of the smoke pump with the determination of the strength characteristics of the joints. Calculation and selection of optimal parameters of the smoke pump.

Keywords: the rigidity of the impeller, the smoke removal system, the critical condition of the system, the reliability of the smoke removal system.

В настоящее время метод конечных элементов применяется для решения широкого круга задач [1], например:

- задачи гидромеханики, в частности, течение жидкости в различных средах.

- задачи механики и прочности, в т.ч. проектирование самолётов, ракет и различных пространственных оболочек;

- стационарные задачи распространения тепла, диффузии, распределения электрического поля, другие задачи теории поля;

Модель строим в системе ANSYS, задаваясь нагрузками, действующими в системе. Под нагрузками в ANSYS подразумевается задание всех видов краевых условий.

Например, в случае решения задачи по механике деформируемого твердого тела – это задание поля перемещений на некоторой поверхности (условия закрепления) и поля сил (локальных, поверхностных, объемных). Все нагрузки можно разделить на следующие категории:

DOF Constraints - ограничения на степени свободы.

Forces - узловые силы.

Surface Loads - поверхностные силы.

Body Loads - объемные силы.

Inertia Loads - инерционные нагрузки.

Coupled-field Loads - нагрузки в анализе смешанных полей (термоупругий анализ, аэроупругий анализ и др.).

Прикладываем нагрузки (рис. 1): распределенную нагрузку, действующую на колесо со стороны лопастей, распределенную нагрузку от сил инерции, действующих на колесо.

Распределенная нагрузка, действующая на колесо со стороны внешнего радиуса равна [1]:

$$q = 61,208 \text{ кН/м}^2,$$

где $P=65 \text{ Н}$ – усилие обтяжки, $b=3,17 \text{ мм}$ – ширина стенок.

Используем процессор решения SOLUTION для того, чтобы определить тип анализа и опции анализа, приложить нагрузки, задать начальные условия и решить поставленные нами задачи.

Распределение напряжений и перемещений в барабане представлены на рисунках 2 и 3.

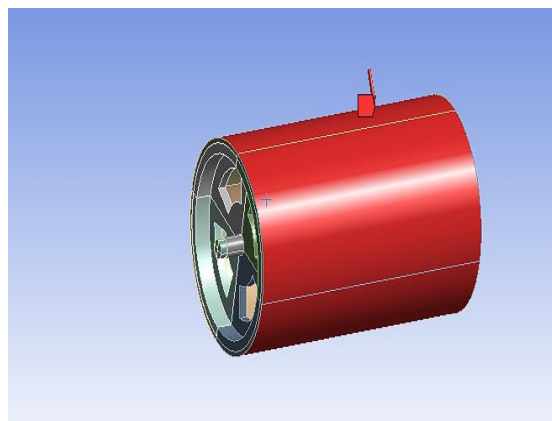
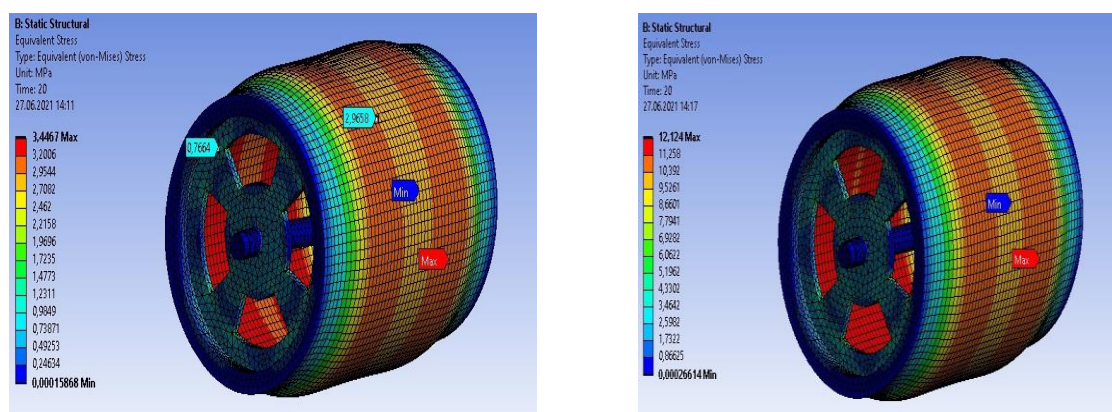
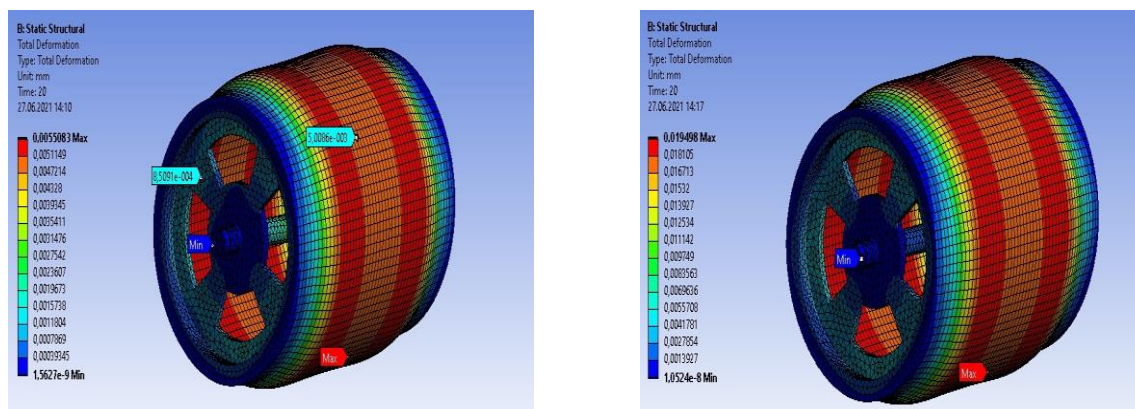


Рис. 1. Нагрузки, действующие на колесо дымососа



а) $n=700 \text{ об/мин}$, $\sigma_{max} = 3,45 \text{ МПа}$ б) $n=1200 \text{ об/мин}$, $\sigma_{max} = 12,12 \text{ МПа}$

Рис. 2. Распределение напряжений в барабане



а) $n=700$ об/мин, $\delta = 0,0055$ мм б) $n=1200$ об/мин, $\delta = 0,019$ мм

Рис. 3. Распределение перемещений в барабане

Критерий максимального напряжения по Мизесу основывается на теории Мизес-Хенки (Mises-Hencky), также известной как теория энергии формоизменения.

Для главных напряжений $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ напряжение по Мизесу выражается как:

$$\sigma_{\text{vonMises}} = \{ [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2] / 2 \}^{1/2}$$

Теория утверждает, что пластичный материал начинает повреждаться в местах, где напряжение по Мизесу становится равным предельному напряжению. В большинстве случаев, предел текучести используется в качестве предельного напряжения. Однако, программа позволяет использовать предельное растяжение или задавать свое собственное предельное напряжение.

В результате анализа полученных значений, можно сказать, моделирование показало, что при заявленных скоростях вращения происходит смещение колеса в радиальном направлении не более 0,3 мм, что не производит нарушения технологического процесса. Результаты работы могут быть использованы в оценке влияния материала колеса, скоростного режима на деформации колеса, а вследствие на изменения разводов между рабочими органами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://portal.tpu.ru/SHARED/b/BGA/bio/bachelors/Tab/МКЕ.pdf>
2. Анурьев, В.И. Справочник конструктора – машиностроителя. / В.И. Анурьев.-М.: Машиностроение, 1978. – 1980. Т. I. 1980. – 728 с.; Т. II. 1979. – 559 с.; Т. III. 1978. – 557 с.
3. Н.С. Горячев, С.М. Убайдатов, Е.В. Зарубина. Разработка и исследование устройств для обследования систем противопожарного водоснабжения. // Материалы

V Международная научно-практическая конференция «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». Иваново, 14 октября 2021 г. С. 238;

4. С.М. Убайдатов, Н.С. Горячев, Е.В. Зарубина, Т.В. Шмелева*. Исследование устройств для обследования систем противопожарного водоснабжения и разработка рекомендаций по их усовершенствованию. // Материалы V Международная научно-практическая конференция «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». Иваново, 14 октября 2021 г. С. 368.

УДК 614.843.3

Ю. В. Метлицкий, И. В. Сараев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО КОНСТРУКЦИИ ПОЖАРНОЙ СОЕДИНИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

Аннотация: в статье представлен процесс разработки технического решения по быстроразъемной конструкции пожарной соединительной головки, позволяющей проводить оперативный ремонт пожарных рукавов при возникновении деструктивных событий, выраженных в нарушении их целостности. Представлен общий вид разработанной соединительной головки и расчёт необходимого усилия её крепления к рукаву.

Ключевые слова: пожарный рукав, пожарная соединительная головка, ремонт.

Yu. V. Metlitsky, I. V. Saraev

DEVELOPMENT OF A TECHNICAL SOLUTION FOR THE DESIGN OF A FIRE CONNECTING HEAD

Abstract: the article presents the process of developing a technical solution for a quick-release design of a fire connecting head, which allows for prompt repair of fire hoses in the event of destructive events expressed in violation of their integrity. The general view of the developed connecting head and the calculation of the required force of its attachment to the sleeve are presented.

Keywords: fire hose, fire-connecting head, repair.

Тушение пожара, а также проведение аварийно-спасательных работ, в различных условиях, зависят от множества факторов, следовательно, выбор необходимых мер ремонта пожарного оборудования при недостатке ресурсов, является актуальным вопросом деятельности подразделений пожарной охраны.

Пожарные рукава, относятся не только к наиболее часто применяемому пожарно-техническому оборудованию на пожаре, но и самому уязвимому его виду. При этом общеизвестно, что от их надёжности во многом зависит эффективность и успешность действий пожарно-спасательных подразделений МЧС России (ПСП) при тушении пожара.

Ранее было доказано [1, 2], что до 85% отказов от всей пожарной техники приходится именно на долю пожарных рукавов. Основными причинами выхода из строя пожарных рукавов приходятся на: деформацию пожарных соединительных головок и перетирание поверхности пожарного рукава в месте его крепления к соединительной головке. Из-за отказов пожарных рукавов на месте пожара время боевых действия по тушению пожаров в среднем увеличивается на 5-8 минут [1], что, в свою очередь, приводит к снижению мобильности пожарных подразделений, значительному увеличению причиненного материальному ущербу, интересам общества и государства.

Согласно приказу [3], ремонт пожарных рукавов осуществляется следующими способами: наложение заплат, вулканизация, а также сокращение длины рукава, но не менее установленной длины 17 метров.

Все ПСП МЧС России имеют на вооружении соединительные головки и пожарные рукава различного диаметра и предназначения. Каждый из видов рукавов имеет ряд технических характеристик, необходимых для качественного ведения действий по тушению пожаров и спасению людей. Напорные рукава должны соответствовать ГОСТ [4]. Применение напорных пожарных рукавов, является наиболее распространенным на пожаре [5], так как из них прокладываются рукавные линии для подачи огнетушащего вещества.

Общепринятые способы ремонта пожарных рукавов сопровождаются затратой большого количества времени. Практика ПСП показывает, что в настоящее время пожарные соединительные головки крепятся к пожарным рукавам путём намотки проволокой.

Следует отметить, что ремонт пожарных рукавов с деформированной соединительной головкой подразумевает срезание проволоки с соединительной головки и ее заменой при помощи специальных станков, оборудования и инструмента, что в свою очередь требует значительных трудовых и временных затрат. Внедрение устройства для крепления соединительных головок к напорному пожарному рукаву является важной и актуальной задачей. Она позволит повысить показатели эффективности подразделения ГПС МЧС России, минимизировать последствия пожаров и ЧС, а также проводить оперативный ремонт на месте пожара.

Из вышеизложенного следует, что разработка технического решения по конструкции пожарной соединительной головки будет способствовать повышению эффективности действий ПСП и уменьшению ущерба от пожара за счёт возможности проведения оперативного ремонта пожарных рукавов на месте пожара.

Устройство состоит из фикси-

рующей гайки закрепленной на пожарном рукаве, для его крепления на переходной головке, которая имеет на своем корпусе: резьбу и фиксирующие-зжимные «усы», которые при полной фиксации резьбы закрепляют пожарный рукав на соединительной головке (рисунок). Резьбовой способ соединения позволяет избежать перетирания пожарного рукава о проволоку, позволяет соединять и заменять «сломанные» соединительные головки вручную.

Отличительной особенностью разработанного устройства является простота конструкции, существенное снижение времени и средств на ремонт (замену соединительных головок) пожарных рукавов, а также отсутствие аналогов.

Конструкция головки будет обеспечивать герметичность соединения с головками одного условного прохода, а также прочность и плотность материала при воздействии испытательного и максимального гидравлического давления.

Практической значимостью данного устройства является:

- 1) применение разработанного устройства позволит уменьшить ущерб от пожаров и ЧС, путём оперативного ремонта пожарных рукавов на месте пожара;
- 2) применение разработанного устройства позволит сократить финансовые затраты на приобретение и содержание специализированного оборудования для намотки соединительных головок на пожарные рукава;
- 3) разработанное устройство значительно сократит время на проведение ремонта (замена соединительных головок) пожарных рукавов;
- 4) разработанное устройство значительно практичнее и прочнее используемого сейчас способа крепления пожарного рукава на переходной головке.

За основу к разработанной конструкции пожарной соединительной головки был принят наиболее распространённый её тип. В таблице 1 представлены технические характеристики используемого в конструкции пожарного рукава и напорной головки [4].

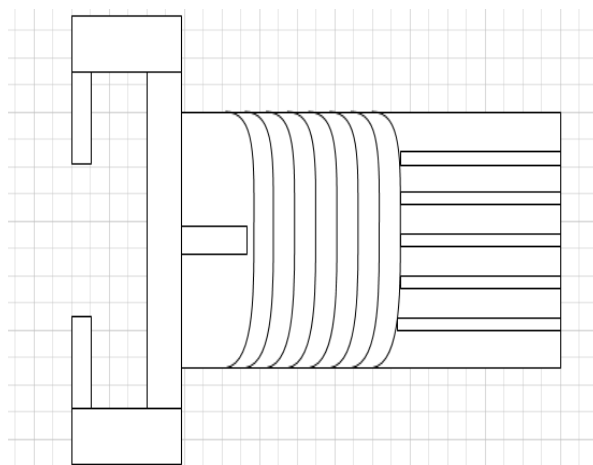


Рис. Общий вид крепления разработанного устройства на соединительную головку

Таблица 1. Технические характеристики используемого в конструкции пожарного рукава и напорной головки

Технические данные рукава	Значения
Условный диаметр, мм	51
Пропускная способность рукава, л/с	11
Емкость (объем) рукава, л	40
Рабочее давление, атм	16
Технические данные напорной головки ГР 50	
<p>Тип ГР</p>	
Условный проход (Dy), мм	50
D, мм	98
D1, мм	50,5
d, мм	42
l, мм	52
L, мм	92

Определяли требуемое усилие прижатия рукава к штуцеру соединительной головки. Также было принято допущение, что соединительная головка не имеет выступов и её поверхность гладкая.

На рукав, одетый на соединительную головку в осевом направлении, будет действовать сила F_p , обусловленная давлением перекачиваемой жидкости P [6].

Величина силы определялась следующим образом:

$$\overline{F_p} = P \cdot S, \tag{1}$$

где S – площадь проходного сечения рукава.

Площадь проходного сечения определялась по формуле:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \tag{2}$$

где d – рабочий диаметр рукава.

Чтобы предотвратить соскальзывание рукава со штуцера соединительной головки сила F_p должна компенсироваться силой трения $F_{тр}$ материала рукава о материал полугайки:

$$\overline{F_{тр}} > \overline{F_p} \quad (3)$$

В свою очередь сила трения определялась следующим образом:

$$\overline{F_{тр}} = k \cdot \overline{F_{пр}}, \quad (4)$$

где k – коэффициент трения материала рукава о материал полугайки;
 $F_{пр}$ – усилие прижатия рукава к штуцеру соединительной головки.

Далее выразили усилие прижатия подставив в уравнение соответствующие величины и заменив силу трения $F_{тр}$ осевой силой F_p , определили, таким образом критическую величину силы прижатия:

$$\overline{F_{пр}} = \frac{P \cdot \pi \cdot d^2}{4 \cdot k} \quad (5)$$

В разработанной конструкции используется одна муфта с резьбой G 2 1/4", а усилие прижатия от нее распределяется равномерно по площади с помощью «усов» (таблица 2).

Таблица 2. Параметры резьбового соединения

Обозначение	Диаметр в дюймах	Внешний диаметр в мм (d=D)	Внутренний диаметр в мм (d ₁ =D ₁)	Средний диаметр в мм (d ₂ =D ₂)	Шаг резьбы в мм (P)	Диаметр опорной поверхности «под ключ» в мм
G 2 1/4"	2 1/4	65,71	62,75	64,23	2,309	90

Тогда, величина момента завинчивания на гайке для муфты составит:

$$T_{зав} = F_{пр} \cdot R_{np}, \quad (6)$$

где $T_{зав}$ – момент завинчивания, приложенный к гайке, Нм;

R_{np} – величина, определяемая геометрическими параметрами резьбового соединения, мм.

$$R_{np} = \frac{d_2}{2} \cdot \left(\operatorname{tg}(\beta + \rho^l) + f_T \frac{D_1}{d_2} \right), \quad (7)$$

где d_2 – средний диаметр резьбы, мм;

β – угол подъема витка резьбы, град. При расчетах принять значение $\beta=2\div 30$;

ρ^I – приведенный угол трения в резьбе, град.;

f_T – коэффициент трения на торце гайки $f_T=0,2$ без смазки.

D_1 – наружный диаметр опорной поверхности гайки (равный размеру «под ключ»), мм.

Приведенный угол трения в крепёжной метрической резьбе подсчитывают по приближенной зависимости

$$\rho^I_0 = \frac{\rho}{0,87}, \quad (8)$$

где ρ – угол трения для материалов резьбовой пары, град.

$$\rho = \arctg(f), \quad (9)$$

где f – коэффициент трения для материалов резьбовой из алюминиевого сплава $f=0,21$.

Таким образом, представлен процесс разработки технического решения по быстросъёмной конструкции пожарной соединительной головки, позволяющей проводить оперативный ремонт пожарных рукавов при возникновении деструктивных событий, выраженных в нарушении их целостности. Представлен общий вид разработанной соединительной головки и расчёт необходимого усилия её крепления к рукаву.

Наряду с этим стоит отметить, что разработка технического решения по быстросъёмной конструкции пожарной соединительной головки находится на ранней стадии и требует структурированного подхода к формированию перспективного облика разрабатываемой соединительной головки. Но уже сейчас можно с уверенностью утверждать, что устройство для крепления соединительных головок на напорный пожарный рукав экономически выгоднее применения оборудования для навязывания соединительных головок на пожарные рукава. А также принципиально новое устройство несомненно повысит уровень эффективности ПСП МЧС России, за счёт оперативности проведения ремонта напорных пожарных рукавов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сараев, И.В. Относительная общая польза - дополнительный комплексный критерий выбора пожарных рукавов / И.В. Сараев, А.Г. Бубнов, В.Ю. Курочкин, и др. // Пожаровзрывобезопасность. 2015. Т. 24. № 4. С. 66-71.

2. Сараев, И.В. Разработка устройства для оперативного ремонта пожарных рукавов на месте пожара / Сараев И.В., Мурза И.М. // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 1 (5). С. 526-528.

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

4. ГОСТ Р 51049-2019. Техника пожарная. Рукава пожарные напорные. Общие технические требования. Методы испытаний.

5. Российский статистический ежегодник. 2021: Стат.сб./Росстат. – Р76 М., 2021 – 692 с.

6. Богданович П. Н., Прушак В. Я. Трение и износ в машинах: Учеб. Для вузов. – Мн.: Выш. Шк., 1999. 374 с. ISBN 985-06-0117-5.

УДК 538.911

Е. П. Милосердов, А. П. Коршунова

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

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛИ ШАРОВОЙ МОЛНИИ

Аннотация: На основе результатов предыдущих исследований были разработаны принципы создания модели шаровой молнии. Шаровая молния рассматривается как динамическая структура в виде стохастического фрактала. Рассмотрены три стадии модели: формирование ядра, эволюции ядра и деградации модели.

Ключевые слова: Модель шаровой молнии, Стохастический фрактал.

E. P. Miloserdov, A. P. Korshunova

BUILDING A BALL LIGHTNING MODEL

Abstract: Based on the results of previous studies, the principles of creating a ball lightning model were developed. Ball lightning is considered as a dynamic structure in the form of a stochastic fractal. Three stages of the model are considered: the formation of the core, the evolution of the core and the degradation of the model.

Keywords: Ball lightning model, Stochastic fractal.

На основе результатов предыдущих исследований были разработаны принципы создания модели шаровой молнии [1,2,3]. Шаровая молния рассматривается как динамическая структура в виде стохастического фрактала. Меха-

низм образования и развития шаровой молнии по мнению [1] представляется следующим: ядро шаровой молнии образовано из фрагмента канала линейной молнии в виде совокупности многократно ионизированных положительными ионами молекул воздуха с большой потерей электронов, которые, как в грозовом облаке, сразу окружаются отрицательными ионами газов воздуха и молекул водяного пара. Рекомбинация ионов происходит в несколько этапов, что объясняет достаточно длительное время существования шаровой молнии и ее интенсивное свечение. Вся стримерная зона представляет собой сильно неравновесную систему из-за наличия источника сильного электрического поля — лидерной головки. В стримерной зоне, в низкотемпературной плазме воздуха, на фоне ионизационно-рекомбинационных, плазмохимических и электрофизических процессов происходит образование, в том числе, дипольных радикалов и молекул.

Таким образом можно сказать, что шаровая молния — клубок фрактальных нитей, а эти нити — аэрогель из кластеров. Фрактальный клубок состоит из нанометровых частиц, поэтому большая часть молекул клубка находится на его внутренней поверхности, поэтому создается удельная поверхностная энергия клубка, не уступающая по величине удельной химической энергии взрывчатых веществ. Это не удивительно, у движущейся лидерной головки и лидера одновременно присутствуют сотни тысяч стримеров, которые стартуют с лидерной головки каждые 0.5 нс.

Происходит остановка лидера, а процесс стартования стримеров с лидерной головки продолжается. В момент остановки лидера плазменный канал линейного разряда молнии перерождается в замкнутую сферическую область и начинается развитие шаровой молнии. В неоднородном электрическом поле дипольные радикалы и молекулы движутся в сторону усиления поля (к головке лидера), где и происходит процесс образования и нарастания диэлектрической оболочки. Считая, что перечисленные представления весьма правдоподобными на их основе можно построить следующую модель возникновения, развития и завершения явления шаровой молнии. Первый этап процесса: формирование ядра шаровой молнии на основе положительно заряженной области канала линейной молнии. Область состоит из множества стримерных каналов, положительные заряды которых стягивают отрицательные ионы, образованные из молекул воздуха и водяного пара. Для упрощения модели возьмем ограниченное число стримерных каналов, объединив их в условные кластеры. Будем считать,

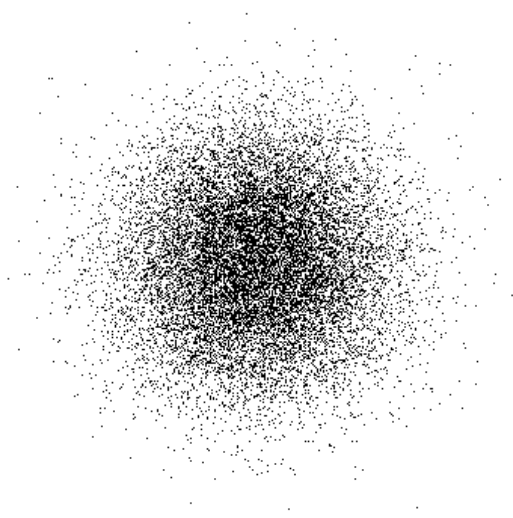


Рис. 1. Формирование ядра модели шаровой молнии

что ядро формируется в трехмерной области с условными размерами R по длине, ширине, и высоте. Если центр ядра точка с координатами $X=0, Y=0, Z=0$ то все координаты последующих точек, являющихся головками лидерных каналов можно получить, используя случайную функцию: в языке C++, например, функцию, возвращающую целочисленное случайное число из диапазона $-R$ до $+R$:

$$-R + \text{srand}() \% (2R - R + 1) \quad (1)$$

Исходные координаты точек, при формировании ядра можно разместить в трехмерном массиве целых чисел от 0 до R :

$$A[i][j][k] = -R + \text{srand}() \% (2R - R + 1) \quad (2)$$

$2R$ должно быть меньше, чем 32768, на первом этапе моделирования число точек возьмем меньше, чем R . Для наглядности отображения модели число точек возьмем в соответствии с числом пикселей изображения, т.е. несколько сотен.

На втором этапе для моделирования характера структуры её можно представить стохастическим фракталом броуновского движения. Будем считать, что за один шаг моделирования каждая головка лидера изменит свои координаты случайным образом на одну единицу масштаба по направлениям либо X , либо Y , либо Z . Выбор направления определится случайным выбором перемены координат из 6 возможных (уменьшение или увеличение координат X , либо Y , либо Z). В области начинаются процессы рекомбинация, что сопровождается сильным свечением области и вторичной фотоионизацией. На этой стадии процесса регулярная структура стримерных каналов (в сечении канала линейной молнии их формируется несколько сотен тысяч) превращается в совокупность отдельных спутанных нитей или кластеров (рис. 2).

На следующем этапе идет интенсивная рекомбинация положительных и отрицательных ионов, входящих в область шаровой молнии. Учитывая, что положительные ионы имеют многократный дефицит электронов, процесс диффузии отрицательных ионов продолжается сравнительно длительное время. При этом, в области шаровой молнии также продолжается вторичная фотоионизация квантами электромагнитного излучения, выделившихся в процессе рекомбинации.

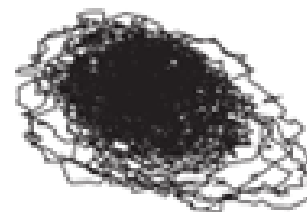


Рис. 2. Эволюция модели

На заключительном этапе происходит рассеяние энергии области шаровой молнии, некоторых случаях это происходит в форме взрыва.

Математическая модель явления шаровой молнии формируется на основе рассмотренных представлений. Для построения стохастического фрактала сразу целесообразно запустить несколько потоков, моделирующих деградацию стримеров в трехмерной области пространства. Условием деградации отдельного стримера является случайное отклонение его головки за пределы радиуса модели. Форму области шаровой молнии возможно представить в виде стохастического фрактала с броуновским движением: при адекватном моделировании область незначительно отличается от шара. При большом количестве потоков стримеров отличие будет малозаметным. На модели можно получить зависимость длительности существования и интенсивности рекомбинации от количества частиц и объема шаровой молнии, ожидается, что длительность существования и интенсивность рекомбинации, которую следует связать с числом вспышек (свечением) области шаровой молнии пропорциональна кубу объема области. Для определения масштабов можно в рамках такой модели провести нормировку по имеющимся экспериментальным данным. Правдоподобность картины физических процессов, взятых для построения моделей, подтверждается в работе [2] где получены результаты в виде плазменных образований, по многим признакам близким к описанию шаровых молний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов Б.М. Наблюдательные свойства шаровой молнии. /УФН. 1992. Т. 162. № 8. С.43-91.
2. Егоров А.И., Степанов С.И. и Шабанов Г.Д. «Демонстрация шаровой молнии в лаборатории»//УФН, 2004, т.174, №1, С. 107-109.
3. Милосердов Е. П., Коршунова А. П. Моделирование шаровой молнии как стохастического фрактала // Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С. 299.

УДК 614.84

К. В. Митушки, В. Е. Иванов, П. М. Тарутин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА

Аннотация: статья посвящена разработке концепции робототехнического устройства для доставки аварийно-спасательного инструмента к месту ЧС. При разработке инженерно-технических решений учитывались такие параметры как, авто-

номность, возможность следования устройства за спасателем в автоматическом режиме, беспроводное управление и др.

Ключевые слова: робот, устройства, инструмент, чрезвычайная ситуация.

K. V. Mitushki, V. E. Ivanov, P. M. Tarutin

A ROBOTIC DEVICE FOR TRANSPORTING AN EMERGENCY RESCUE TOOL

Abstract: The article is devoted to the development of the concept of a robotic device for the delivery of an emergency rescue tool to the emergency site. When developing engineering and technical solutions, such parameters as autonomy, the ability of the device to follow the rescuer in automatic mode, wireless control and more were taken into account

Keywords: robot, devices, tool, emergency.

В наше время с развитием науки современная робототехника достигла высоких результатов в разработке различных устройств, способных облегчить труд людей, повышающих работоспособность и значительно сокращающих время на выполнение отдельных задач. Коллегия МЧС России утвердила Концепцию развития робототехнических систем специального назначения в системе МЧС России до 2030 года. На вооружении МЧС России находятся несколько групп мобильных роботов, однако большинство используемых устройств на данный момент не являются полностью автономными интеллектуальными системами. В связи с этим перед нами встала задача по разработке автономного мобильного робототехнического устройства для доставки аварийно-спасательного инструмента к месту ЧС. Использование таких устройств значительно снизит нагрузку на пожарных и спасателей.

Сегодня широко известны следующие автономные устройства для доставки и перемещения груза (рис. 1). Первым из них является устройство, разработанное военными, с официальным названием Legged Squad Support System (LS3). Разрабатывалось данное роботизированное устройство, способное переносить тяжести до 180 кг. Робот следовал за людьми только с помощью специального трекера, который крепился на ноге солдата. Однако развитие проекта остановлено, так как не выполнялось главное требование – бесшумность, что так необходима в военной разведке. Вторым широко известным является устройство Domino's Robotic Unit. Данный робот впервые был представлен в Австралии и применяется сетью пиццерий Domino's для доставки пиццы. Данное робототехническое устройство развивает скорость до 20 км/ч. при этом вес составляет 190 кг. Следующее устройство под названием Яндекс. Ровер применяется службами Яндекс для доставки заказов. Вес робота составляет 50 кг.

Представленные роботы служат хорошим примером по перевозке грузов без участия человека. На основании этого предлагается следующая концепция робототехнического устройства для перевозки аварийно-спасательного инструмента (рис. 2).

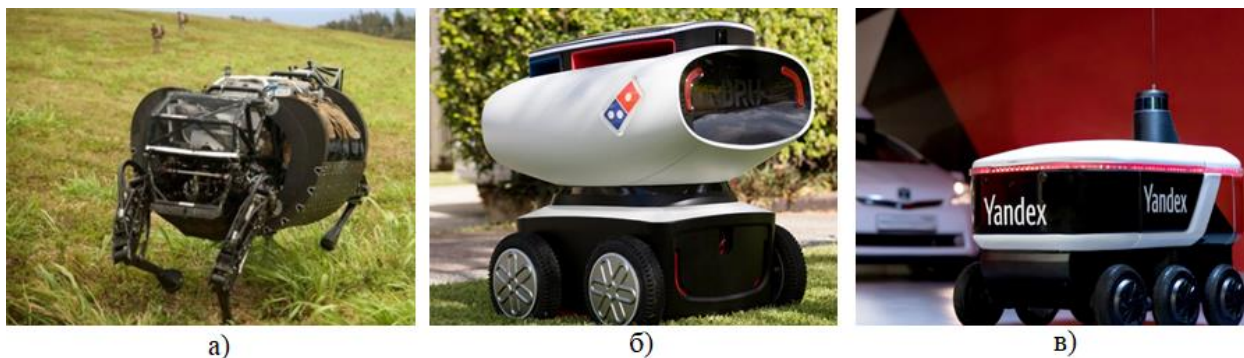


Рис. 1. Робототехнические устройства для перевозки грузов:
 а - Legged Squad Support System, б - Domino's Robotic Unit, в - Яндекс. Ровер



Рис. 2. Робототехническое устройство для перевозки аварийно-спасательного инструмента:
 а – вид устройства в закрытом виде, б – вид устройства в открытом виде

В среднем вес гидравлического инструмента от 10 кг и выше, например вес РУ 2080-М (Резак универсальный) составляет 15,5 кг, а КС 2080-М (Кусачки специальные) составляет 10,3 кг. При работе на завалах и авариях требуется не одно, а несколько таких инструментов. Предлагаемое нами устройство возьмет доставку специального инструмента на себя при этом участие человека в этом будет минимальным. А точнее сказать, роботу от человека нужен только чип, за которым он будет следовать. С помощью дополнительных устройств он будет запоминать маршрут, по которому следовал, и при необходимости сможет вернуть спасателей в начальную точку.

Робототехническое устройство имеет следующие предварительные технические характеристики: шасси бхб, с электроприводом на каждое колесо; га-

бариты ДхШхВ, 1600х1000х1050 (мм); вес устройства без аварийно-спасательного оборудования, не более 100 кг.; расстояние дистанционного управления, не менее 200 м., скорость передвижения, до 10 км/ч.

Предлагаемое автономное мобильное робототехническое устройство для доставки аварийно-спасательного инструмента к месту ЧС позволит перевозить необходимое оборудование и значительно снизит нагрузку на пожарных и спасателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов В.Е. Совершенствование оперативного управления пожарными подразделениями средствами трехмерного моделирования / В.Е. Иванов // Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник статей по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. г. Железногорск, 2018 г. С. 122-125.

2. Иванов В.Е. Внедрение 3D технологий в учебный процесс / В.Е. Иванов, И.А. Легкова, А.А. Покровский, В.П. Зарубин, Н.А. Кропотова // Современное научное знание: теория, методология, практика. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 3-х частях. ООО «НОВАЛЕН-СО». Смоленск. 2016. С. 37-39.

3. Иванов В.Е., Инженерно-проектировочные решения для разработки учебно-тренажерного комплекса подготовки пожарных и спасателей / В.Е. Иванов, А.О. Талашенко // Исторический опыт, современные проблемы и перспективы образовательной и научной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности: сборник тезисов докладов международной научно-практической конференции. –М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. С. 395-398.

4. Иванов В.Е. Применение 3D технологий в образовании для повышения уровня профессиональной подготовки специалистов пожарной охраны / В.Е. Иванов, П.В. Пучков // Пожарная безопасность и защита в ЧС: сборник материалов XII итоговой научно-практической конференции курсантов, слушателей и студентов, посвященной Году культуры безопасности. Иваново, 25-27 июня 2018 г. - Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. С. 418-422.

5. Бык Н.О. Перспективы применения квадрокоптеров / Н.О. Бык, В.Е. Иванов, И.А. Легкова // Надежность и долговечность машин и механизмов. сборник материалов VIII Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 32-33.

6. Зарубин В.П. Перспективы применения шнековых движителей в технике специального назначения / В.П. Зарубин, В.Е. Иванов, С.А. Сычев // Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Сборник материалов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 100-летию академика Д.К. Беляева. 2017. С. 58-61.

7. Иванов В.Е., Предотвращение экологической опасности экстремальной робототехникой / В.Е. Иванов, Кропотова Н.А. // В книге: Гражданская оборона на страже мира и безопасности. Материалы IV Международной научно-практической конференции, посвященной Всемирному дню гражданской обороны. В 3-х частях. 2020. С. 331-335.

8. Архангельский К.Н. Мобильный разведывательно-поисковый робот / К.Н. Архангельский, А.А. Серебряков, В.Е. Иванов, Н.А. Кропотова // Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 8-10.

УДК 629.7.02

Д. Д. Молокова, М. А. Ноздрин

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

НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ ДЕТАЛИ САМОЛЁТА

Аннотация: представлен расчет на прочность модели кронштейна двери аварийного покидания самолета методом конечных элементов.

Ключевые слова: напряженное состояние, кронштейн, самолет, механическая прочность.

D. D. Molokova, M. A. Nozdrin

STRESS STATE OF THE AIRPLANE STRUCTURAL PART

Abstracts: This article presents a strength calculation of a model of the aircraft emergency escape door bracket using the finite element method.

Keywords: stress state, bracket, airplane, mechanical durability.

При создании любых сооружений человек заботится об их долговечности, надежности и прочности. В начале прошлого столетия началось освоение воздушного пространства. Ценой огромных усилий, неутомимой изобретательности и многочисленных жертв конструкторам удалось преодолеть барьер надежности. Самолетостроение стало воздушной отраслью промышленности многих стран [1].

Расчет на прочность – обязательное условие при проектировании и изготовлении ответственных деталей и механизмов. Конструкторам важно знать, как поведет себя деталь в реальных условиях эксплуатации под действием всех возможных нагрузок.

Турбовинтовой ближнемагистральный пассажирский самолет Ил-114 разработан конструкторским бюро Ильюшина в конце 1980х гг. для эксплуатации на региональных воздушных линиях СССР. Как и другие пассажирские самолеты с маркой «Ил», Ил-114 создавался по концепции проектирования, в соответ-

ствии с которой принимались все меры по обеспечению максимальной безопасности полета, удобства и комфорта пассажиров.

Крылья самолета имеют высокий уровень аэродинамического совершенства. При проектировании крыла были проведены аэродинамические исследования по 14 различным моделям крыла и оперения. Крыло самолета имеет всего две панели, благодаря чему уменьшилось количество поперечных разъемов и улучшилось качество внешней поверхности.

В настоящее время ведется разработка авиалайнера модификации Ил-114-300. Программа модернизации и возобновления серийного производства регионального пассажирского самолета Ил-114-300 осуществляется на основании поручений Президента Российской Федерации от 9 августа 2014 года и 3 ноября 2015г.

Модернизированный самолет Ил-114-300 предназначен для обеспечения рынка авиaperевозок современными воздушными судами отечественного производства. Опытно-конструкторские разработки по созданию самолета проводились путем глубокой модернизации Ил-114 с учетом положительного опыта эксплуатации самолетов Ил-114-100.

В 2022 году планируется завершить сертификацию Ил-114-300, с 2023 – начало серийных поставок самолетов полностью российского производства, сертифицированных по нормам авиационных правил.

При создании Ил-114-300 (рис.1) много внимания уделено обеспечению его надежности и безопасности в эксплуатации. С этой целью конструкция планера разработана по принципу «безопасного разрушения» и обеспечения усталостной прочности. Кроме того, все функциональные системы и агрегаты, влияющие на безопасность полета, имеют необходимую степень резервирования. Исключается влияние отказа одних систем на работу других.



Рис. 1. Ил-114-300 на испытаниях

Не всегда есть возможность определить, выдержит ли изделие реальные нагрузки, так как иногда изготовление детали является слишком ресурсозатратным, поэтому используют метод конечных элементов (МКЭ).

По сравнению с другими численными методами МКЭ в лучшей степени алгоритмизирован и более гибок при описании геометрии и граничных условий рассчитываемой области. Кроме того, к достоинствам метода следует отнести его физическую наглядность и универсальность [2].

Расчет производится в программном комплексе ANSYS [3]. Предметом исследования является кронштейн двери аварийного покидания самолета Ил-114-300.

Рассматриваемый кронштейн расположен на люке аварийного покидания самолета (рис.2). Аварийный люк устанавливается в хвостовой части самолета на испытательную машину вместо штатной конструкции аварийной двери.

Радиальные упоры люка работают при нагружении внутренним давлением, опираясь на силовую балку зашивки проема двери. Геометрия всех кронштейнов схожа между собой. Наиболее нагруженный упор находится в левом верхнем углу люка. На рис. 3 представлена первая ревизия геометрии кронштейна.

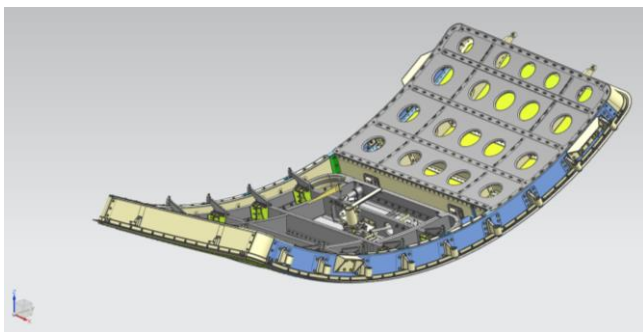


Рис. 2. Модель аварийной двери
в ПО NX NASTRAN

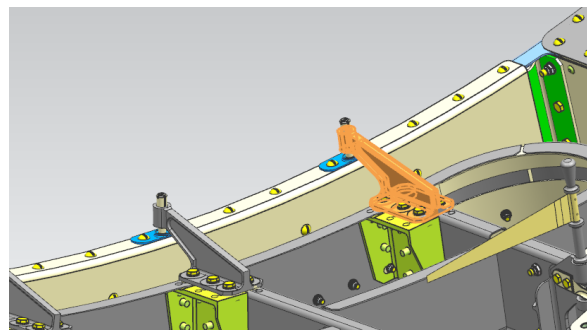


Рис. 3. Первая ревизия кронштейна

В ходе анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) конструкции в АО «ЭМЗ им. В.М. Мясищева» была подобрана оптимальная геометрия упора с учетом распределения напряжений и технологическими особенностями.

Но после анализа было выявлено, что при линейной модели материала напряжения выходят за пределы прочности в обширных зонах. Поэтому при расчете необходимо учитывать пластические свойства материала для перераспределения напряжений по телу кронштейна. Однако, при нелинейном расчете деталь значительно деформировалась, что может повлиять на ее работоспособность. Но это оправдывается тем, что такое происходит при нагрузке силой 12,3 кН, что является аварийным случаем. После всех аварийных ситуаций проводится полная ревизия с дефектовкой и заменой (или ремонтом) поврежденных узлов.

Было принято решение упростить форму кронштейна для сокращения количества концентраторов напряжений.

Упрощенная модель кронштейна (рис. 4) имеет длину 13,27 см, ширину 5 см и высоту 4,8 см. В основании расположены 6 отверстий под болты диаметром 8 мм. Они находятся на расстоянии 17 мм друг от друга и 8 мм и 16 мм от края основания соответственно. Само основание имеет толщину 6 мм. Толщина стенки кронштейна 15 мм, внутренняя часть имеет толщину 7 мм. Диаметр отверстия под крепление с силовой балкой равен 1 см.

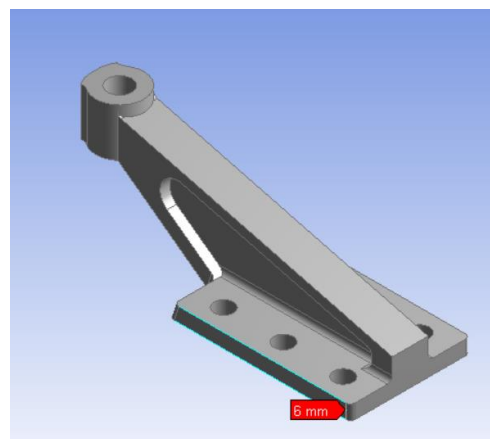


Рис. 4. Упрощенная модель кронштейна

Для обозначений граничных условий необходима обстановка детали. Для этого в геометрии создадим опору, на которую будет крепиться кронштейн. Крепление происходит болтами. Автоматически задаются контактные пары. Здесь же задаем материал конструкции (табл.).

Таблица. Параметры материала

№	Материал	Диаметр, мм	Модуль Юнга E, МПа	Начальный предел текучести, МПа	Предел прочности σ_B , МПа	Коэффициент Пуассона μ
1	Плита Д16чТ (26-40) ТУ1-92-161 – кронштейн и опора	-	80847	285	420	0.33
2	30ХГСА – болты	4	210000	-	-	0.3

В граничных условиях задаем жесткую заделку на нижнюю поверхность опоры. Болтовые соединения обозначаем функцией Bolt Pretension.

В качестве нагрузки приложим силу, равную 12,3 кН, что является аварийным значением.

Сетка создана с помощью операции «3D тетраэдральная сетка», то есть разбиение на 4- или 10-узловые четырехгранные элементы на твердом теле. Соблюдены требования к созданию сетки конечных элементов – минимум 3 элемента на грани для 3D-объектов. Конечно-элементная сетка должна проходить проверку качества элементов. Количество 3D-элементов, успешно прошедших проверку качества, должно быть больше 99%, согласно инструкции ЭМЗ №292/25-124-20 [4].

После расчетов получаем эпюры деформаций и напряжений по Мизесу. По эпюре видно, что максимальные деформации происходят в месте приложения силы (рис. 5).

Концентраторами напряжений являются болтовые соединения, а также «шея» кронштейна (рис.6). Напряжения выходят за предел прочности (420 МПа), однако, это не представляет особой опасности, так как данный расчетный случай является аварийным. Такое может произойти лишь раз, после чего проводится полная ревизия самолета.

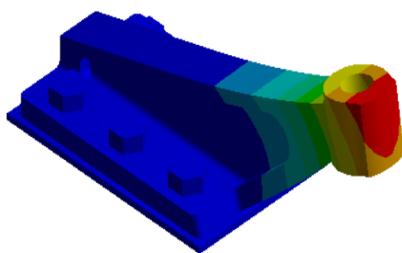
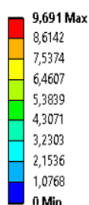


Рис. 5. Эпюра деформаций

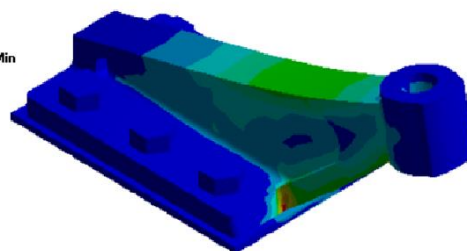
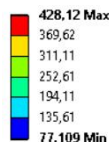


Рис. 6. Эпюра напряжений

Превышение напряжений за допустимые связано с упрощением формы кронштейна, так как изменена геометрия «шеи», а точнее ее изгибы. Для того, чтобы уменьшить напряжения, конструкторам необходимо усложнить конструкцию детали, подстроив ее под распределение нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Надежность летательных аппаратов: Учеб. пособ./ С.К. Кириакиди, В.А. Сатин и др. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2009. 107 с.
2. Фокин В.Г. Метод конечных элементов в механике деформированного твердого тела: Учеб. пособ. / В.Г. Фокин. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 131 с.
3. Бруйка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. пособ. / В.А. Бруйка, В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.
4. Инструкция №292/25-124-20. Требования к сеткам КЭ модели для металлических конструкций. – АО «ЭМЗ им. В.М. Мясищева», 2020. — 28 с.

УДК 614.846.5

Л. А. Морозов¹, О. В. Блинов¹, В. А. Годлевский²

¹Ивановский государственный энергетический университет

²Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ШЕСТЕРЕНЧАТОГО НАСОСА С ВНЕШНИМ ЗАЦЕПЛЕНИЕМ

Аннотация: В среде 3D-моделирования Ansys были разработаны модели шестеренчатого насоса с внешним зацеплением и выполнен анализ его гидродинамики. Также строилась модель кулачкового насоса аналогичной производительности. Установлено, что в шестеренчатом насосе, из-за более высокой разницы давлений в нагнетательной и всасывающих областях, возрастает нагрузка на опоры шестерен, что приводит к износу опор, в отличие от кулачковых, где давление жидкости при перекачке распределяется равномернее.

Ключевые слова: шестеренчатый насос, 3D-моделирование, гидродинамика.

L. A. Morozov, O. V. Blinov, V. A. Godlevskiy

3D MODELING OF HYDRAULIC PARAMETERS EXTERNAL GEAR PUMP

Abstract: In the Ansys 3D modeling environment, models of an external gear pump were developed and an analysis of its hydrodynamics was performed. A model of a lobe pump of similar capacity was also built. It has been established that in a gear pump, due to a higher pressure difference in the discharge and suction areas, the load on the gear bearings increases, which leads to wear of the bearings, in contrast to cam pumps, where the fluid pressure is distributed more evenly during pumping.

Keywords: gear pump, 3D-modeling, hydrodynamics.

Шестеренчатые насосы широко используются в пожарной технике и в разных отраслях народного хозяйства. Это обуславливается в первую очередь простотой их конструкции, надежностью, безотказностью, безопасностью работы при сухом ходе и стойкостью при различных загрязнениях перекачиваемой жидкости, а также повышенной производительностью при перекачке жидкостей различной вязкости. Оптимизация основных конструкторских элементов шестеренчатых насосов, используемых в пожарной технике с целью наиболее эффективного использования их параметров на данный момент является актуальной задачей.

В предыдущей публикации [1] нами было показано влияние изменения рабочего давления по ходу движения перекачиваемой жидкости в корпусе

насоса, установлены и проанализированы векторы направления и скорость потока воды внутри конструкции. В данной статье необходимо, для полноценной оптимизации всех параметров, перейти к анализу элементов конструкции и их влияния на эффективность работы таких типов насосов. Теоретическая производительность шестеренного насоса определяется по формуле:

$$Q_m = 2 \cdot \pi \cdot m^2 \cdot z \cdot b \cdot n, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1)$$

где m – модуль зубчатой передачи; z – число зубьев; b – ширина венца ведущего зубчатого колеса; n – частота вращения вала насоса.

Анализ формулы (1) показывает, что сам по себе шестеренный насос представляет собой нерегулируемую гидравлическую машину, так как производительность (подачу) данного насоса можно изменить только за счет регулирования частоты вращения вала приводного двигателя. Теоретическая производительность шестеренчатого насоса также может быть определена по формуле (2):

$$Q_t = 3,5 \cdot b \cdot n \cdot (R_H^2 - R_B^2) / 1000, \text{ дм}^3/\text{сек} \quad (2)$$

где b — ширина шестерни, см; n — число оборотов ведущей шестерни в 1 сек; R_H — радиус окружности выступов шестерни, см; R_B — радиус окружности впадин шестерни, см.

Из данной формулы можно заключить, что насос за каждый оборот может пропустить через себя только то количество жидкости, которое может поместиться в объем впадин шестерен. Если допустить что объем впадин равен объему зубьев, то объем впадин на одной шестерне равен результату по формуле (3), для обеих шестерен — по формуле (4).

$$V = (R_H^2 - R_B^2) \cdot \pi \cdot n / 2 \quad (3)$$

$$2V = (R_H^2 - R_B^2) \cdot \pi \cdot b \quad (4)$$

Нужно также учитывать, что действительная производительность насоса зависит от многих факторов — таких как вязкость, температура перекачиваемой жидкости, утечки в системе и т.п. — и она всегда меньше теоретической производительности. Это уменьшение учитывают через параметр КПД по объему η_0 . Таким образом, действительная производительность насоса вычисляется по формуле (5) [2].

$$Q_{\text{действ}} = (3,5 \cdot b \cdot n \cdot (R_H^2 - R_B^2) \eta_0) / 1000, \text{ дм}^3/\text{сек} \quad (5)$$

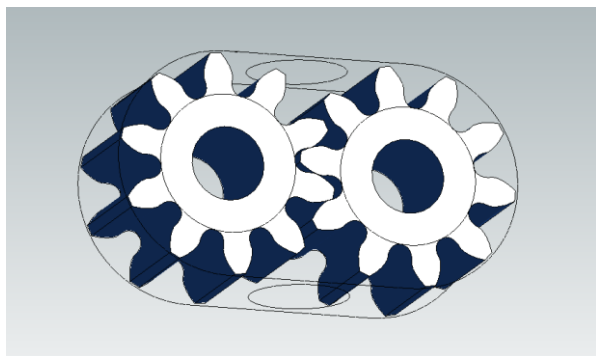


Рис. 1. Исходная конструкция шестеренного насоса

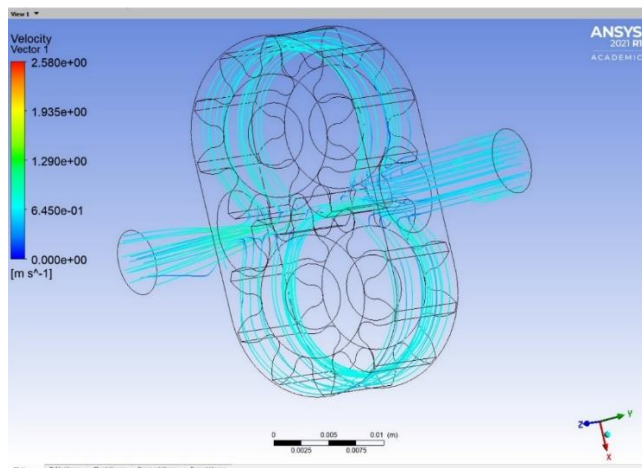


Рис. 2. Анализ векторов и скорости потока воды в представленном шестеренном насосе

Для изменения производительности можно варьировать следующими параметрами насоса: числом зубьев, шириной шестерен или числом оборотов ведущего вала. Всасывающую трубу с целью улучшения условий всасывания жидкости целесообразно принимать большего диаметра с плавным переходом к сечению патрубка. Площадь сечения канала для возврата жидкости составляет около 8% площади сечения патрубка, вследствие чего обеспечивается достаточный сброс жидкости. Мощность, потребляемую насосом, определяют по формуле:

$$N_{\text{насоса}} = Q_T \cdot P_{\text{нас}} \cdot 0,736 / (E_p \cdot 450 \cdot \eta_{\text{мех}}), \text{ кВт}, \quad (6)$$

где: Q_T — теоретическая производительность насоса; $P_{\text{нас}}$ — давление, создаваемое насосом; E_p — коэффициент мощности насоса; $\eta_{\text{мех}}$ — механический к. п. д. насоса.

Для анализа работы шестерёнчатого насоса нами была разработана модель в среде моделирования Ansys. Ниже представлены результаты расчета, а именно изменения в распределении гидравлического давления в корпусе насоса в зависимости от фаз его работы, где видно, что в начальный момент времени давление начинает нарастать и в конечный момент времени на выходе насоса появляется зона повышенного давления, как видно на рис. 3.

По принципу действия кулачковые насосы аналогичны шестеренчатым, за исключением того, что в кулачковом насосе роторы не соприкасаются друг с другом. Принцип действия кулачковых насосов основан на вращении в противоположных направлениях пары кулачков, установленных внутри корпуса. Перекачиваемая жидкость перемещается вдоль внутренней стенки корпуса насоса от всасывающей к нагнетательной стороне. При схождении кулачков, про-

странство между ними уменьшается, что вызывает рост давления со стороны патрубков, что приводит к выталкиванию жидкости из корпуса насоса.

Ранее, на основании проведённого модельного эксперимента с шестерёнчатым насосом нами было проанализировано влияние изменения рабочего давления по ходу движения перекачиваемой жидкости в корпусе шестеренного насоса, установлены и проанализированы векторы направления и скорость потока воды внутри конструкции. В данной работе был также произведен анализ давления и скорости жидкости в системе кулачкового насоса.

На рис. 4 показаны зоны давления при прохождении жидкости через конструкцию.

Проанализировав полученные результаты, можно сказать, что зоны повышенного давления на жидкость располагаются в начале потока в насос и по краям кулачков, тогда как на их периферии давление минимально из-за большего пространства между ними, толкаемая лопастями жидкость, движется свободно и сонаправлено потоку (см.рис. 4). На рис. 5 показаны векторы скорости, жидкость соответственно ускоряется в тех местах, где давление преобладает.

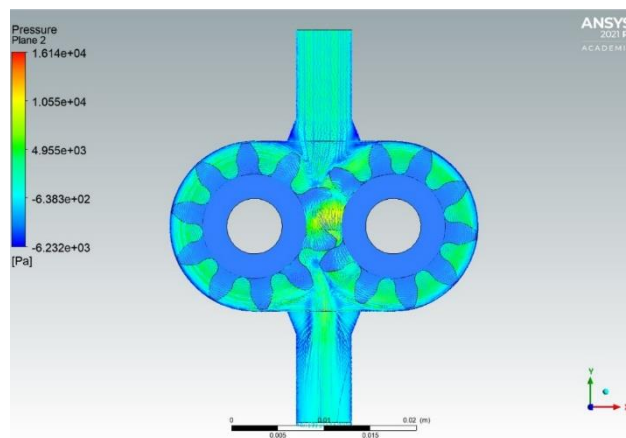


Рис. 3. Распределение давления в насосе в n-й момент времени

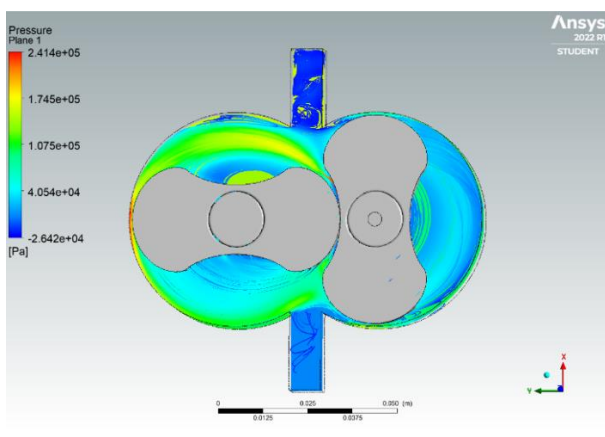


Рис. 4. Зоны давления и направленной скорости жидкости в насосе

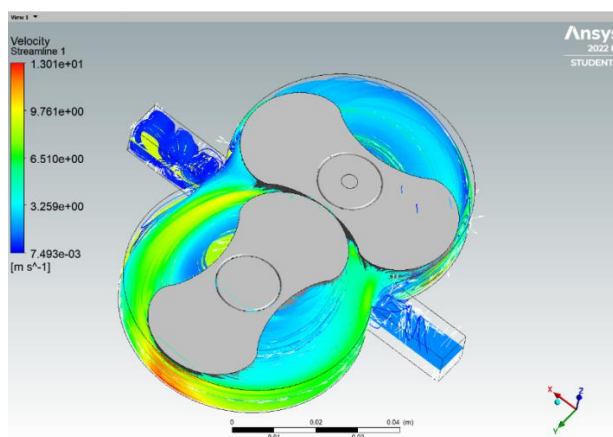


Рис. 5. Векторы скорости в кулачковом насосе

Сравнив характеристики шестеренного и кулачкового насосов, можно сделать вывод, что кулачковый насос обладает наиболее равномерной подачей жидкости, отсюда возможность перекачивания жидкостей с чувствительной структурой, обладает более высоким КПД, низким шумом и большим рабочим

ресурсом, чем шестеренные насосы. Шестеренные насосы в свою очередь обладают наибольшей компактностью, простые по устройству и не нуждаются в дополнительных блоках синхронизации.

По результатам произведенных исследований видно, что в шестеренчатом насосе, из-за более высокой разницы давлений в нагнетательной и всасывающих областях, возрастает нагрузка на опоры шестерен, что соответственно приводит к быстрому износу этих опор, в отличие от кулачковых, где давление жидкости при перекачке распределяется равномернее, а кулачки синхронизированы и работают синхронно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов Л.А., Блинов О.В., Годлевский В.А., Моисеев Ю.Н. Сборник материалов XI всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 15 апреля 2021 г. «Надежность и долговечность машин и механизмов». 203-207 с.;
2. Электронный ресурс: http://k-a-t.ru/gidravlika/13_gidro_mashiny_4/index.shtml.
3. Электронный ресурс: <http://for-engineer.info/lubricate/teoreticheskaya-proizvoditelnost-shesterennogo-nasosa-sistemy-zhidkoj-smazki-chast-1.html>.
4. Электронный ресурс (Материалы модели для исследования) - <https://fetchcf.com/view-project/732-Lobe-Pump-CFD-Simulation->;
5. Ghionea I.G., Ionescu N., Ghionea A.L. Computer aided parametric design of hydraulic gear pumps.

УДК 621.1

П. М. Осокин, И. И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ

Аннотация: Объектом исследования являются усовершенствование конструкции детали для улучшения процесса изготовления испытательного оборудования, увеличения точности работы, снижения трудоемкости производства.

Ключевые слова: испытательное оборудование, сборка, корпус, пятно контакта, исследование, усилие.

P. M. Osokin, I. I. Vedernikova

MODERNIZATION OF THE MANUFACTURING PROCESS

Abstract: The object of the study is to improve the design of the part to improve the manufacturing process of test equipment, increase the accuracy of work, reduce the complexity of production.

Keywords: test equipment, assembly, housing, contact spot, research, effort.

Испытательное оборудование представляет собой агрегат, который предназначен для создания испытываемому устройству условий, близких к реальным условиям его эксплуатации для оценки его работоспособности. В результате проведенного испытания субъект промышленности получает достоверную информацию о реальном текущем состоянии машины или прибора.

Выбору испытательного оборудования стоит уделять большое внимание, так как от его качества зависит качество оценки реальной информации об объекте.

Практически все виды испытательного оборудования подлежат модернизации. Замена рабочих узлов на усовершенствованные детали позволяет получать точные технические характеристики обследуемых материалов.

Модернизируя испытательное оборудование, предприятие получает несколько конкурентных преимуществ:

- улучшение качества продукции,
 - повышение производительности труда,
 - отсутствие необходимости повышать стоимость товара
- продление срока работы ИО.

Задачей модернизации является сокращение времени на пусконаладочные работы и упрощении процесса выставления «рабочих губок». Выполнение данной задачи позволяет увеличить количество выпускаемых испытательных приборов, сократить время «пусконаладки», снизить трудоемкость, повысить точность измерений, а так же увеличить время безотказной работы прибора. Все это влияет на рентабельность предприятия, а так же увеличит конкурентоспособность на рынке. Помимо увеличения прибыли и поддержания конкурентоспособности, сокращаются расходы предприятия на заработную плату рабочих ввиду меньшего количества рабочих вовлеченных в процесс пусконаладочных работ и уменьшении затраченного времени на «пусконаладку». В связи с этим предприятие будет функционировать более эффективно, следовательно, модернизация является актуальной, так как она решает множество проблем, которые существуют на современном машиностроительном предприятии.

Выбранной темой исследований является модернизация детали «Корпус пневмоцилиндра». Она играет ключевую роль в функционировании испытательного прибора «короткое сжатие».

Данная деталь «Корпус пневмоцилиндра» изготавливается из сплава алюминия Д16. Применяется для силовых элементов конструкций самолетов, кузовов автомобилей, труб и т.д.; для деталей, работающих при температурах до -230°C .

Деталь «Корпус пневмоцилиндра» предназначена для поддержания расположенных на нем элементов и восприятия действующих на них сил в корпусном механизме.

В нашем случае деталь «Корпус пневмоцилиндра» предназначена для поддержания рабочих губок, в отверстие D40F8 вставляется цилиндр, который обеспечивает движение подвижной губки, тем самым осуществляется зажим испытываемого образца.

Установка корпуса осуществляется через бронзовые втулки. В процессе эксплуатации корпус и втулки не испытывают экстремальных нагрузок и не подвергается негативному воздействию внешней среды. Это не накладывает никаких ограничений на выбор материалов. Отсюда следует, что испытательный прибор будет оставаться в рабочем состоянии весь срок службы, не будет излишних простоев, обусловленных проведением ремонтных работ.

После сборки прибора для испытания на сжатие на коротком расстоянии, начинаются пусконаладочные и калибровочные работы, эти работы занимают порядка двух-четырех дней для обеспечения точности и кучности результатов испытаний. Данные работы происходят в несколько этапов.

В первую очередь выставляются рабочие губки, пара из одной подвижной и одной не подвижной губки является зажимом, который крепится на корпус пневмоцилиндра. Зажимы должны удерживать испытываемый образец в нужном положении по всей его ширине под действием постоянного сжимающего усилия (2300 ± 500) Н. Поверхности неподвижных губок зажимов должны быть расположены в одной плоскости относительно друг друга и находиться по одну сторону испытываемого образца. Поверхности подвижных губок зажимов также должны находиться в одной плоскости относительно друг друга и быть параллельными по отношению к неподвижным губкам.

От точности выставления губок и равномерности зажима сильно зависит точность измерений, поэтому после выставления губок специалист проверят площадь зажима обеих пар губок с помощью специальной бумаги, на которой хорошо видны пятна контакта и области большей нагрузки пар губок (Рис. 1). Если площадь пятна контакта зажимов соответствует ГОСТ Р ИСО 9895-2013, то специалист приступает к следующему этапу пуско-наладочных работ. В противном случае проводится корректировка положения и повторная проверка площади пятна контакта рабочих губок.

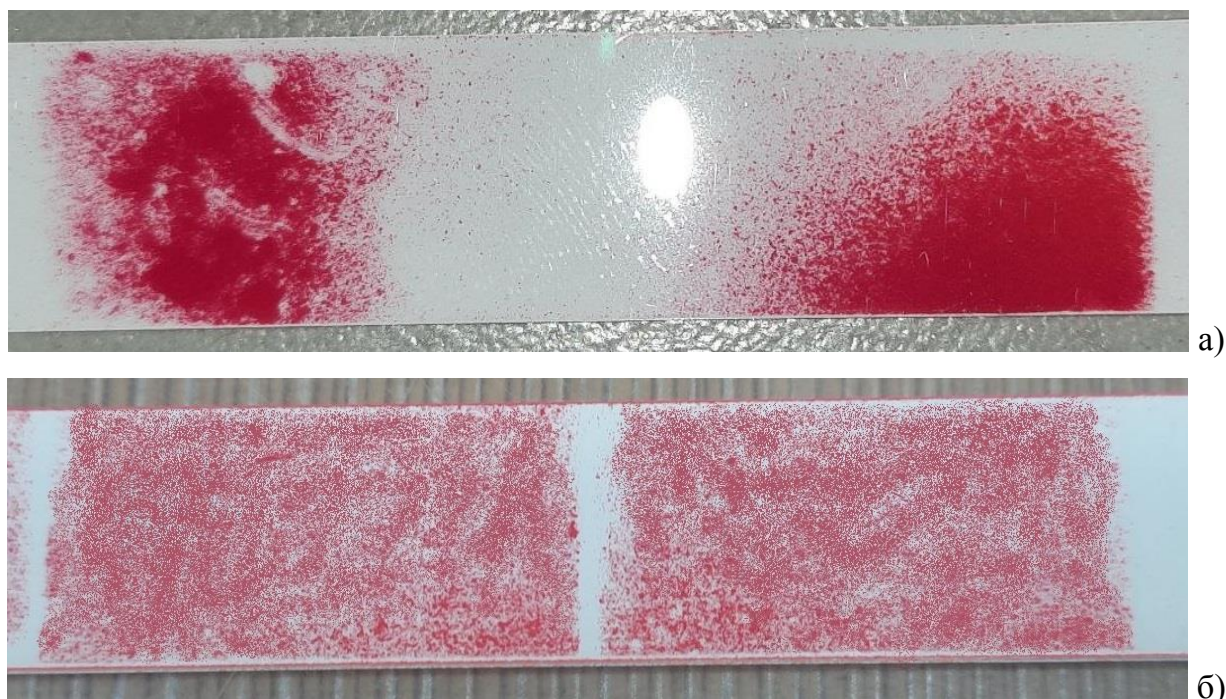


Рис. 1. Результаты проверки пятна контакта рабочих губок:
а) до модернизации, б) после модернизации

На следующем этапе производится калибровка датчиков, измеряющих сопротивление сжатию. Максимальное усилие, которое выдерживает образец бумаги или картона до разрыва под действием сжимающего усилия, приложенного параллельно плоскости образца, помещенного на коротком расстоянии между сжимающими поверхностями, деленное на ширину образца.

Калибровка прибора производится, используя калиброванные по массе гири или тензометры.

В случае если показания прибора входят в допустимую погрешность специалист переходит к последнему этапу пуско-наладочных работ.

Проверка кучности результатов эксперимента производится на трех разных видах образцов гофра картона из которых берется по двадцать образцов каждого вида, приготовленных для проверки в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9895-2013. Над каждым образцом производится испытание.

Испытуемый образец Т помещают между губками зажимов и включают прибор. Продолжают сближение зажимов и записывают максимальное значение сжимающей силы, при которой произошел разрыв образца, фиксируемый прибором. Если испытания проводят на одном образце, то каждый раз его проводят на разных зажимаемых участках образца.

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что пусконаладочные работы занимают столько времени по причине отсутствия нормальной базы для неподвижной губки, которая крепится на корпусе пневмоцилиндра. Во время работы могут быть малейшие смещения, которые недопустимы и влияют

на работу прибора, поскольку губка крепится с помощью еще одной детали, которая в свою очередь крепится к корпусу пневмоцилиндра. Этот узел может не давать требуемой точности при сборке, в связи с этим приходится переделывать пуско-наладочные работы, и трудоемкость и время затраты увеличиваются в разы.

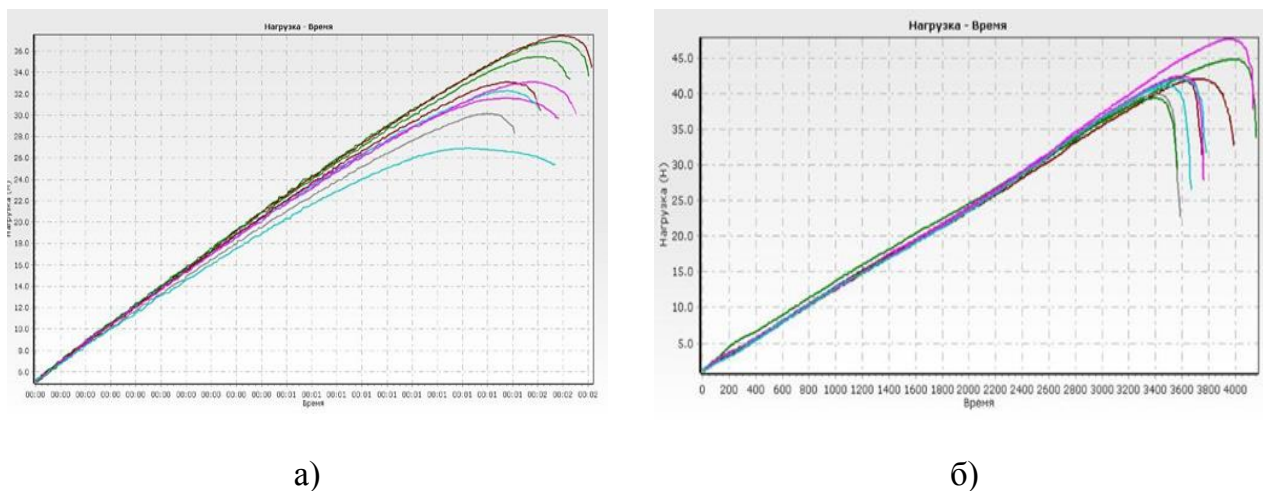


Рис. 2. График измерений, зафиксированный прибором:
а) до модернизации, б) после модернизации

Всех этих недостатков можно избежать, если использовать другую конструкцию корпуса пневмоцилиндра. А именно добавить базу для неподвижных губок, поскольку эта деталь, как и неподвижные губки, изготавливаются на станке с ЧПУ. Есть возможность при минимальном изменении управляющей программы и с минимальным изменением технологического процесса получить деталь, изготовленную с высокой точностью и которая будет иметь базу для неподвижных рабочих губок. В связи с этим время, затраченное на пуско-наладочные работы, сократится.

Анализируя полученные показания, мы видим, что до модернизации пятна контактов зажимов были сгруппированы в одной области, после модернизации они более распределены по всей площади поверхности рабочих губок. Также до модернизации графики результатов измерений были более рассеяны, чем после изменения конструкции детали.

В результате модернизации на пуско-наладочные работы стало затрачиваться меньше времени, точность измерений, как и кучность показаний, возросли, а также пятно контакта рабочих губок стало более распределенным по всей поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжков, И.Б. Основы научных исследований и изобретательства : учебное пособие / И.Б. Рыжков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 224 с.

УДК 621.7.07

П. В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

СОЗДАНИЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЯ ДЛЯ РАЗБИВАНИЯ СТЕКОЛ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ 3D ПЕЧАТИ

Аннотация: в статье представлено описание новой конструкции ручного приспособления для разбивания автомобильных стекол («комбинированный стеклобой»), разработанного сотрудниками кафедры механики, ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение»). Рассмотренное в статье устройство предназначено для оперативного разбивания автомобильных стекол в аварийной ситуации. Кроме того, в статье изложены этапы изготовления опытного образца комбинированного стеклобоя с применением технологий 3D печати.

Ключевые слова: автомобильная авария, стеклобой, самоспасание, резак, 3D печать, пластик PLA.

P. V. Puchkov

CREATING A DEVICE FOR BREAKING GLASS USING 3D PRINTING TECHNOLOGY

Abstract: the article describes a new design of manual adjustment for breaking automobile Windows («stekloboy with a safety belt cutter»), developed by employees of the Department of mechanics, repair and machine parts (as part of the UNC «Pozharotushenie»). The device discussed in this article is designed to quickly break car windows in an accident and cut the locked safety belt or clothing of the victim. In addition, the article sets out the stages of manufacturing an experimental sample of «stekloboy with a safety belt cutter» using 3D printing technologies.

Keywords: car accident, glass breaker, self-rescue, cutter, 3D printing, PLA plastic.

Одной из актуальных проблем, возникающих при тушении пожаров на транспорте и проведении аварийно-спасательных работ, является необходимость разрушения автомобильных стекол для спасения людей. Для разбивания автомобильных стекол могут использоваться либо шанцевый инструмент, либо

специальные инструменты – стеклобой [1]. Нередко пострадавших приходится эвакуировать через боковые окна дверей заклиненных в следствии аварии.

Авторским коллективом кафедры механики ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение») разработана конструкция и трехмерная виртуальная модель комбинированного стеклобоя для разбивания автомобильных стекол. Конструкция разработанного аварийно-спасательного приспособления представлена на рисунке 1. Данное приспособление предназначено для быстрого извлечения пострадавших из автомобиля, ставшего участником ДТП или из автомобиля, павшего в водоём.

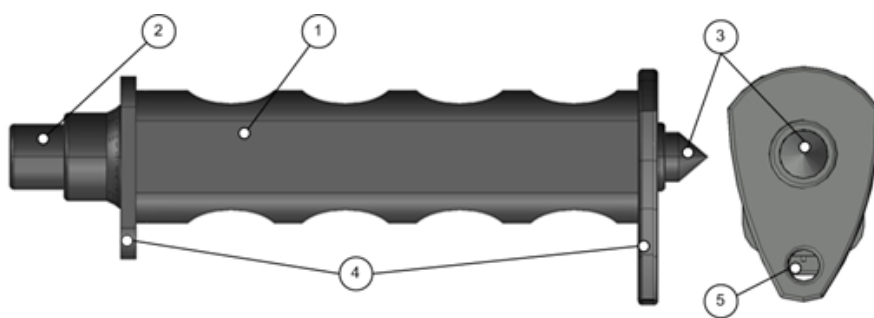


Рис. 1. Трехмерная модель стеклобоя ручного комбинированного: 1- рукоять; 2 – стеклобой нажимного типа; 3 – стеклобой ударного типа; 4- гарда; 5- отверстие под темляк

В конструкцию комбинированного ручного стеклобоя включены два стеклобоя для разбивания автомобильных стекол, объединенных в одном корпусе. Комбинированный ручной стеклобой (1) представляет из себя рукоять, изготовленную из пластмассы и установленными в неё двух стеклобоев: ударного и нажимного типа с твердыми металлическими наконечниками (бойками) (2,3). С двух сторон рукоять заканчивается гардами (4) для защиты рук человека от порезов при разбивании стекол и для крепления темляка. Стеклобой нажимного типа (2) состоит из пружинного механизма, стального стержня и закаленного бойка, создающего концентрацию напряжений в одной точке для разрушения автомобильного стекла (Рис.2).

Данный стеклобой предназначен для разбивания автомобильного стекла, если пострадавшему требуется экстренно покинуть автомобиль при ДТП или при падении автомобиля в воду и отсутствует возможность размахнуться рукой для создания необходимого импульса для разбивания автомобильного стекла. В нажимном стеклобое энергия, затрачиваемая на разбивание стекла запасается за счет сжатия цилиндрических пружин (рис. 2), находящихся в корпусе комбинированного стеклобоя. Сжатые пружины создают нормированное усилие в 60 Ньютонов. Пружинный механизм, который приводит в действие стальной боек позволяет разбить автомобильное стекло за 1 секунду одним нажатием руки. Для разбивания стекла достаточно приложить торец стеклобоя в определенной области автомобильного стекла и надавить до полного сжатия пружины [1].

Стеклобой ударного типа состоит из жестко закрепленного в рукояти стального металлического стержня, заостренного на одном конце (рис. 3).

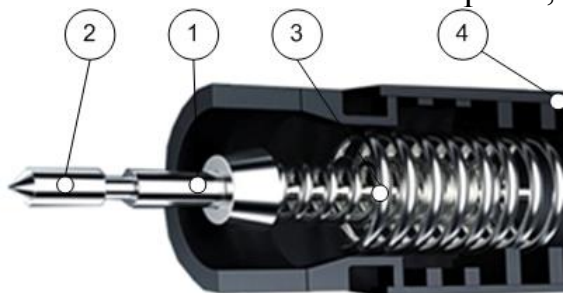


Рис. 2. Механизм стеклобоя нажимного типа: 1- металлический стержень; 2 – боёк; 3 – пружины; 4 - корпус

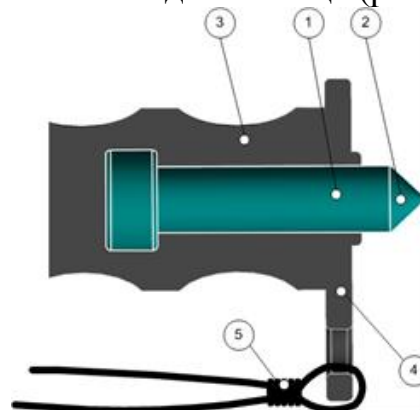


Рис. 3. Стеклобой ударного типа (в разрезе): 1 - металлический боёк; 2 – концентратор напряжений; 3 – пружина; 4 – гарда; 5- темляк

Стеклобой ударного типа может применяться для разбивания автомобильных стекол как с наружи, так и изнутри. На гарде стеклобоя закреплен темляк, который надевается на кисть руки и не позволяет выронить стеклобой из руки после нанесения удара по стеклу. Также темляк дополнительно предохраняет руки от порезов поскольку не дает соскользнуть руке с рукояти при разбивании стекла. Кроме того, за шнур темляка стеклобой можно легко извлечь из чехла.

После разработки конструкции комбинированного ручного стеклобоя был изготовлен опытный образец изделия с применением технологий 3D печати. Использование принтера для трехмерной печати, основанного на технологии FDM – печати, позволяет сформировать объемную модель за счет послойного нанесения размягченного полимера. 3D принтеры формирующие трехмерные изделия из пластмассы получили наибольшую популярность из-за их невысокой стоимости и доступности. Для создания изделий на 3D принтере применяют большой перечень пластмасс с различными свойствами.

К наиболее популярным пластиками для трехмерной печати относятся: ABS пластик ($T_{пл} = 250-280 \text{ }^{\circ}\text{C}$), PS/ABS пластик ($T_{пл} = 260-300 \text{ }^{\circ}\text{C}$), PLA пластик ($T_{пл} = 190-230 \text{ }^{\circ}\text{C}$), HIPS пластик ($T_{пл} = 190-260 \text{ }^{\circ}\text{C}$), TPE-S пластик ($T_{пл} = 190-230 \text{ }^{\circ}\text{C}$), PVA пластик ($T_{пл} = 160-190 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Выше рассмотренный опытный образец комбинированного стеклобоя изготавливался на бюджетной модели 3D принтера - WANHAO DUPLICATOR i3 V2.1. Неоспоримыми достоинствами этого принтера является простота эксплуатации, удобство интерфейса, компактные размеры. На данном принтере для распечатывания модели использовался пластик PLA (полилактид). Данный пластик термопластичен, нетоксичен, износостоек и биоразлагаем, кроме того

температура его размягчения составляет всего 195°C. К недостаткам принтера Wanhao Duplicator i3 V2.1 можно отнести сравнительно невысокую скорость печати.

Для «выращивания» опытного образца комбинированного стеклобоя, виртуальная модель была предварительно разделена на 2 равные половинки. Каждая половинка детали загружалась в специальное приложение Wanhao-Cura 18.05 (Рис.4), в котором задавались основные параметры печати: высота слоя – 0,25 мм; плотность заполнения детали – 100%, скорость печати – 50 мм/с; тип прилипания к столу – подложка и др. Затем выполнялась печать на принтере каждая из половинок приспособления (рис. 5).

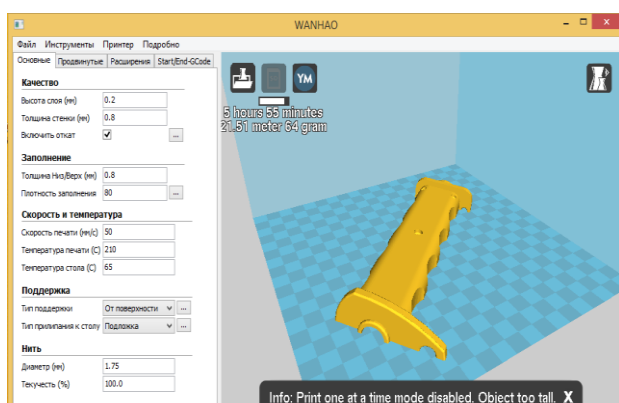


Рис. 4. Приложение принтера Wanhao Duplicator i3

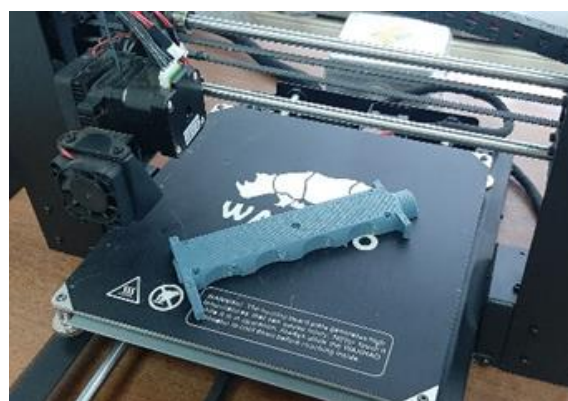


Рис. 5. Полуформа стеклобоя на рабочем столе принтера Wanhao Duplicator i3

На завершающем этапе изготовления комбинированного стеклобоя с резаком ремня безопасности были выполнены сборочные операции. В тело стеклобоя установлены: стальной закаленный боёк и механизм стеклобоя нажимного типа. Обе половинки рукоятки стеклобоя скреплены между собой с помощью болтов М3 в пяти точках. Помимо этого, на корпус стеклобоя закреплен темляк и металлическая клипса (рис.6). Металлическая клипса нужна для крепления приспособления на пояском ремне.



Рис. 6. Комбинированный ручной стеклобой в сборе

Изделие получилось достаточно прочное и пригодное для применения в практической деятельности пожарных и спасателей при проведении аварийно-спасательных работ на транспорте.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков П.В., Иванов В.Е. Разработка ручного инструмента для разбивания автомобильных стекол в аварийных ситуациях. Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной про-ведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения, 10–11 ноября 2021 г. – Иваново : Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С.293-295.

2. Сальник А.А., Таратанов Н.А., Пучков П.В. Проектирование и печать насадки для газоанализатора. 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. – 292-296.

3. Пучков П.В., Суконщиков А.А. Восстановление деталей механизмов с помощью 3d печати. 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. – 599 с. – ISBN 978-5-6042853-1-2 С. 541-544

4. Пучков П.В., Иванов В.Е. Имитационное моделирование чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнением. Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, 25 октября 2019 года, г. Железногорск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С.201-204

УДК 621.7.07

П. В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

НАСАДКА НА ПОЖАРНЫЙ СТВОЛ «КОРОНА» ДЛЯ РАЗБИВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ СТЕКОЛ

Аннотация: в статье представлено описание стеклобойной насадки на пожарный ствол «Корона» для разбивания автомобильных стекол, разработанной сотрудниками кафедры механики, ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение»). Рассмотренное в статье приспособление предназначено для оперативного раз-

бивания автомобильных стекол пожарным стволом с насадкой «Корона» в аварийной ситуации.

Ключевые слова: автомобильная авария, стекло, стеклобой, пожарный ствол.

P. V. Puchkov

CROWN FIRE BARREL ATTACHMENT FOR BREAKING CAR WINDOWS

Abstract: the article describes the nozzle on the fire barrel «Corona» for breaking car windows, developed by employees of the Department of mechanics, repair and machine parts (as part of the UNC «Pozharotushenie»). The device discussed in the article is designed for rapid breaking of car windows with a fire barrel with a Crown nozzle in an accident.

Keywords: car accident, glass, glass breaker, fire barrel.

При тушении пожаров на транспорте, нередко возникает необходимость разбивания стекол для тушения салона транспортного средства. Для разбивания стекол могут использоваться либо шанцевый инструмент, либо специальные инструменты – «стеклобой» или аварийные молотки [1].

Одним из важных элементов экипировки пожарного является пожарный поясной топор, который всегда находится в распоряжении огнеборца. Данный топор применяется на пожаре или при ликвидации чрезвычайных ситуаций для перерубания небольших деревянных элементов, электропроводов, для вскрытия кровель домов, а также может использоваться для разбивания автомобильных стекол. Однако при тушении пожара на транспорте для разбивания стекла пожарным топором потребует прекратить подачу огнетушащих веществ в очаг пожара и заняться извлечением топора из кобуры. Решить проблему потери драгоценного времени на разбивание стекла для доступа в салон транспортного средства можно созданием специальной насадки на пожарный ствол. Данная насадка должна позволить разбивать стекла непосредственно торцевой частью пожарного ствола. Авторским коллективом кафедры механики ремонта и деталей машин (в составе УНК «Пожаротушение») разработана конструкция и трехмерная виртуальная модель стеклобойной насадки «Корона» на пожарный ствол, предназначенной для разбивания стекол. Проект и чертеж стеклобойной насадки представлены на рис. 1.

Стеклобойная насадка «Корона» имеет не сложную конструкцию и представляет собой тело вращения типа «втулка», по периметру торцевой части которой расположены несколько острых зубцов.

Данные зубцы концентрируют напряжения при ударе в нескольких точках. Стеклобойная насадка «Корона» должна быть изготовлена из твердого и прочного материала, например, из среднеуглеродистой стали, с последующей термической обработкой зубцов. Внутренняя поверхность насадки гладкая, поэтому удерживается она на пожарном стволе за счет сил трения, возникающих

между стальным корпусом «Короны» и прорезиненным кольцом пожарного ствола. Также в отверстии «Короны» предусмотрен упор, для фиксации насадки на пожарном стволе.

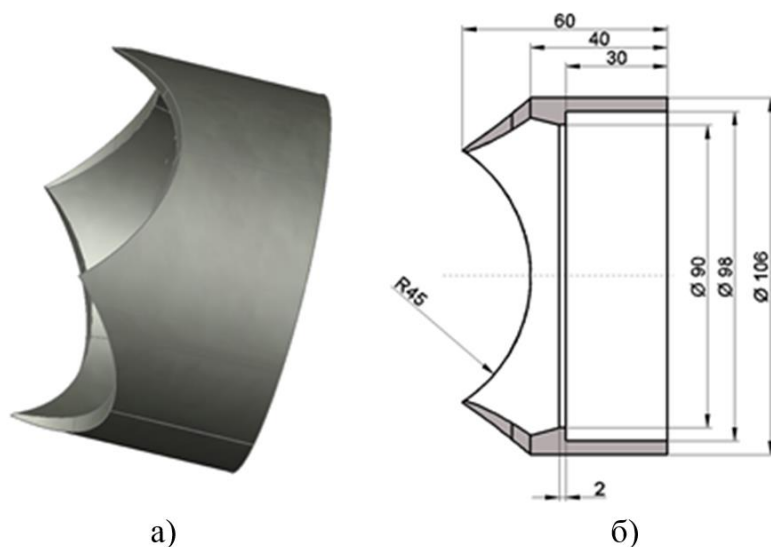


Рис. 1. Проект стеклобойной насадки «Корона», устанавливаемой на пожарный ствол:
а – трехмерная модель;
б - чертеж насадки

Предлагаемое приспособление позволит разбивать стекла на транспорте без применения шанцевого инструмента и специальных ручных «стеклобоев».

После разработки трехмерной виртуальной модели стеклобойной насадки изготовлен металлический опытный образец рис. 2 [2,3,4].

Опытный образец насадки «Корона» оснащен 12-ю заостренными зубцами для разбивания стекол. Следует отметить, что конструкция стеклобойной насадки «Корона» не создает помех подачи огнетушащих веществ из пожарного ствола и не требует внесения в конструкцию пожарного ствола изменений. Кроме того, насадка «Корона» достаточно легко и быстро устанавливается на пожарный ствол при необходимости.

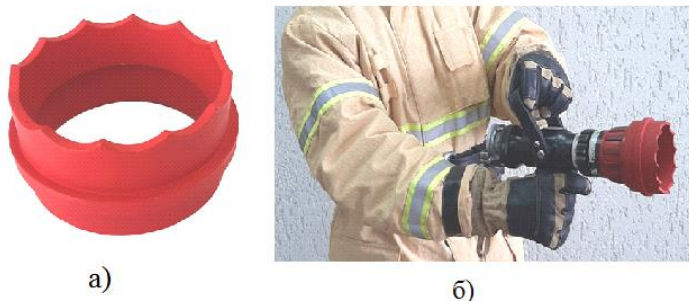


Рис. 2. Стеклобойная насадка «Корона»:
а – опытный образец;
б - стеклобойная насадка «Корона», установленная на пожарный ствол

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков П.В., Иванов В.Е. Разработка ручного инструмента для разбивания автомобильных стекол в аварийных ситуациях. Пожарная и аварийная безопасность : сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 го-

ду и 55-летию учебного заведения, 10–11 ноября 2021 г. – Иваново : Ивана-новская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. С.293-295.

2. Сальник А.А., Таратанов Н.А., Пучков П.В. Проектирование и печать насадки для газоанализатора. 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. – 292-296.

3. Пучков П.В., Суконщиков А.А. Восстановление деталей механизмов с помощью 3d печати. 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. – 599 с. – ISBN 978-5-6042853-1-2 С. 541-544

4. Пучков П.В., Иванов В.Е. Имитационное моделирование чрезвычайных ситуаций, связанных с наводнением. Мониторинг, моделирование и прогнозирование опасных природных явлений и чрезвычайных ситуаций: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, 25 октября 2019 года, г. Железногорск – Изд-во: ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. – С.201-204

УДК: 004.02, 621.9

А. А. Романова, Е. В. Егорычева

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

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Аннотация: в статье рассмотрен механизм применения библиотеки «Валы и механические передачи» в среде Компас-3D при разработке 3D модели зубчатого колеса. Это позволяет проводить дальнейшие расчеты как непосредственно в программной среде Компас-3D, так и в других программных продуктах.

Ключевые слова: цилиндрическое прямозубое колесо, зубчатые передачи, программная среда Компас-3D, библиотека «Валы и механические передачи».

A. A. Romanova, E. V. Egoricheva

AUTOMATED GEAR DESIGN COMPUTER-Aided DESIGN OF GEARS

Abstract: the article discusses the mechanism of using the library «Shafts and mechanical gears» in the Kompas-3D environment when developing a 3D model of a gear wheel. This allows further calculations to be performed both directly in the Kompas-3D software environment and in third-party software products.

Keywords: cylindrical straight-toothed wheel, gears, Kompas -3D software environment, library «Shafts and mechanical gears».

В наше время для успешной работы машиностроительных предприятий используются способы моделирования, различные как по направлению, так и по содержанию, один из них - это твердотельное моделирование. При создании модели объекта соответствие реальным размерам является очень важным условием, при котором машиностроительное производство может успешно функционировать. В век цифровизации применение информационных технологий для построения моделей является эффективным решением. Сейчас существует много доступных программных сред, в которых упрощается процесс построения и решения каких-либо производственных задач. К подобным средам относятся AutoCAD, Компас 3D и другие [1, 2].

Данная работа посвящена определению оптимального варианта создания модели цилиндрического прямозубого колеса. Для разработки модели шестерни использовалась программная среда твердотельного моделирования Компас 3D. Выбор именно этой детали связан с несколькими причинами. Во-первых, во времена стремительного развития технологий каждому из нас трудно представить свою жизнь без использования машин с различными функциями - это и простые автоматы, и сложнейшие приспособления. В новейших аппаратах можно заметить зубчатые передачи - это вращающиеся механические элементы, главная задача которых - передача вращения от одного элемента к другому, меняя при этом угловые скорости и величину с направлением момента. По сравнению с остальными, эти механические передачи широко распространены в России практически во всех отраслях машиностроения, а также в автомобилестроении, станкостроении, производстве сельхозмашин и других направлениях за счет своей надежности, постоянства, малых размеров, простоты использования и большой продолжительности жизни. Именно зубчатые колеса различных типов являются основной составляющей зубчатых передач в виде диска с зубьями, а самым распространённым их типом - цилиндрическая прямозубая шестерня, отличающаяся своей простотой, обширным диапазоном применения и экономичностью. Во-вторых, процесс создания твердотельной модели шестерни является своеобразным и интересным в среде Компас 3D. Построить ее обычными инструментами достаточно трудно, так как профиль зуба шестерни строится по сложной кривой-эвольвенте. Для таких целей в этой среде используется достаточно удобная библиотека «Валы и механические передачи». Для быстрого выполнения различных моделей и механизмов в этой библиотеке можно пользоваться как встроенными модулями, так и каталогами, содержащими материалы и стандарты изделий. Результаты любой работы сохраняются в виде отчетов с использованием любого удобного формата. Конструкторская документация также оформляется с помощью стандартных средств Компас 3D согласно установленным требованиям. Всё это предоставляет достаточно удобное использование этой библиотеки и сохранение нужной документации для дальнейшей работы [3].

Что касается самих шестерней, библиотека даёт возможность построить твердотельную модель по чертежу. Ход построения чертежа зубчатого колеса состоит из двух этапов: разработка внешнего и внутреннего контуров. Внешний контур состоит из двух цилиндрических ступеней, цилиндрической шестерни с внешними зубьями, кольцевых пазов и вырезов по круговому массиву. Внутренний контур будет содержать в себе простую цилиндрическую ступень и шпоночные пазы. Создание всех составных частей требует выполнения настроек различных параметров: числа зубьев, вида зацепления, размеров фасок, ширины зубчатого венца, межосевого расстояния, диаметра и ширины кольцевых пазов, а также диаметра и количества отверстий. Полное построение чертежа шестерни подразумевает разработку 3D-модели зубчатого колеса посредством генерации твердотельной модели.

Механизм применения библиотеки «Валы и механические передачи» для построения чертежа данной модели состоит из нескольких этапов. Первый этап построения чертежа шестерни - разработка внешнего контура. Для этого необходимо добавить элемент - простая цилиндрическая ступень (ступица). Диаметр и длина ставятся в соответствие с размерами. Далее следует сама шестерня, в «элементах механических передач» выбирается цилиндрическая шестерня с внешними зубьями (рис.1).

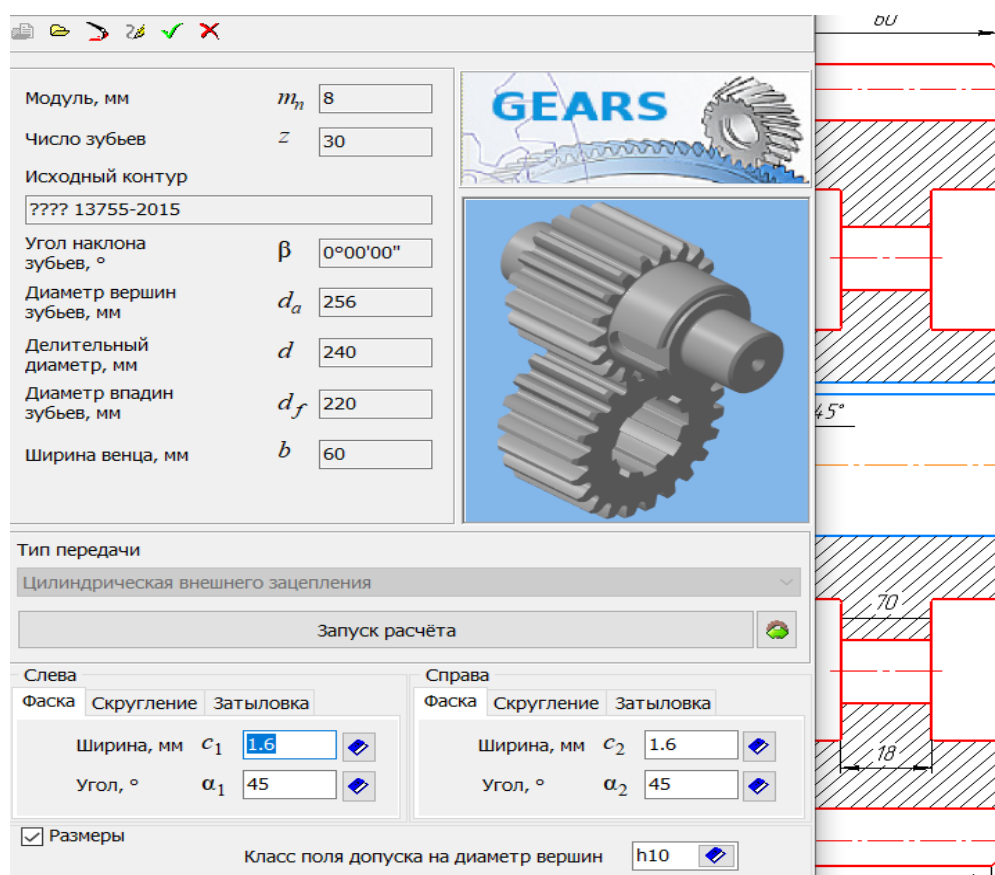


Рис. 1. Параметры цилиндрической шестерни

Увеличение угла наклона зубьев, приводит к увеличению длины зуба, что влечет за собой уменьшение удельной нагрузки на зуб и повышение его прочности. Для прямозубой шестерни угол наклона будет равен нулю градусов. Количество зубьев влияет как на передаточное число системы шестерёнок, так и на диаметр шестерёнок. Для настройки ее параметров применяется функция «геометрический расчёт» по межосевому расстоянию (рис.2). Направление линии зуба колеса (шестерни) определяется направлением воображаемого движения точки вдоль линии зуба при удалении от наблюдателя, смотрящего со стороны торца колеса. Радиальный зазор - кратчайшее расстояние между вершиной зуба и основанием впадины сопряженного колеса. Построение кольцевых пазов и вырезов выполняется по круговому массиву. Для этого в данной библиотеке есть раздел «дополнительные построения». Параметры кольцевых пазов зависят от вида заготовки зубчатого колеса. Завершающий этап создания внешнего контура - создание второй ступицы.

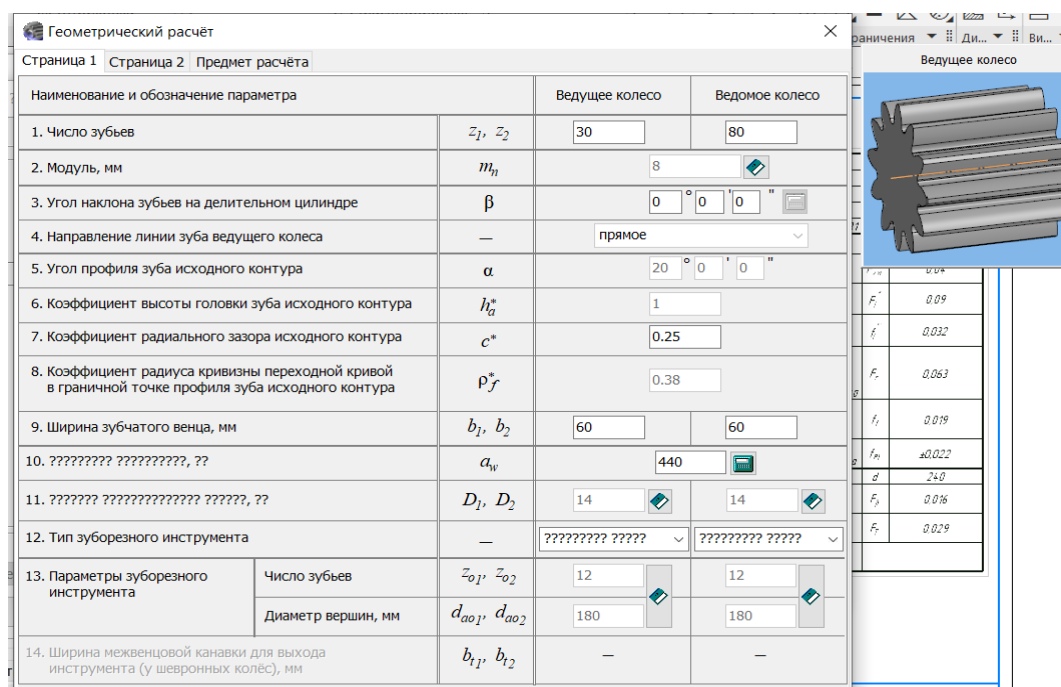


Рис. 2. Геометрический расчет по межосевому расстоянию

Второй этап - разработка внешнего контура. Аналогично первому этапу, построение начинается с простой цилиндрической ступени и указания ее параметров. Завершается процесс создания чертежа добавлением шпоночного паза, который также включен в раздел «дополнительные построения». Для получения 3D модели шестерни осуществляется возврат в приложение «Валы и механические передачи» и выполняется генерация твердотельной модели. На этом процесс моделирования цилиндрического прямозубого колеса завершен.

Таким образом, в работе рассмотрен оптимальный вариант создания модели шестерни в Компасе-3D посредством построения чертежа и использования библиотеки «Валы и механические передачи». Это позволяет проводить дальнейшие расчеты как непосредственно в программной среде Компас-3D, так и в сторонних программных продуктах, а также для дальнейшего создания различных сборок зубчатых передач [3, 4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чемпинский, Л.А. К вопросу обучения основам компьютерного геометрического моделирования // Модернизация профессионально-педагогического образования: тенденции, стратегия, зарубежный опыт: материалы международной научной конференции, г. Барнаул, 18–20 октября 2017 года / под науч. ред. М.П. Тыриной, Л.Г. Куликовой. – Барнаул : АлтГПУ, 2017. С.140-143.
2. Новожилова, С.А. Информационное обеспечение в современных технологиях обучения графическим дисциплинам / С.А. Новожилова, Е.В. Егорычева // Геометрия и графика: Журнал. – Москва: ООО «Научно-издательский центр ИНФРА-М».– 2013. – №3. – т.1, ч.1. – С.33 – 35.
3. Егорычева Е.В. К вопросу о сквозном проектировании в учебном процессе / Е.В. Егорычева, А.Д. Ганьков // Журнал естественнонаучных исследований. – 2020. Т. 5. № 4. – С. 46-51.
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 621.317.334

М. С. Сайкин

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

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОЖИДКОСТНОГО ДАТЧИКА КОНТРОЛЯ ПОЛОЖЕНИЯ ОБЪЕКТА В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

Аннотация: разработана конструкции магнитожидкостного датчика контроля положения объекта в горизонтальной плоскости. Проведены численные исследования магнитной индукции в зазорах датчика в зависимости от положения чувствительного элемента. Получены расчётные зависимости средней магнитной индукции в зависимости от значений рабочих зазоров датчика при внешних воздействиях.

Ключевые слова: магнитожидкостный датчик, чувствительный элемент, постоянный магнит, магнитная жидкость.

M. S. Saikin

NUMERICAL STUDY OF A FLUID SENSOR CONTROL OF THE POSITION OF THE OBJECT IN THE HORIZONTAL PLANE

Abstract: the design of a magnetic fluid sensor for monitoring the position of an object in a horizontal plane has been developed. Numerical studies of magnetic induction in the gaps of the sensor depending on the position of the sensitive element have been carried out. The calculated dependences of the average magnetic induction are obtained depending on the values of the working gaps of the sensor under external influences.

Keywords: magnetic fluid sensor, sensitive element, permanent magnet, magnetic fluid.

Для контроля горизонтального положения технического объекта используются магнитожидкостные датчики угла наклона (МЖДУН). Конструкции таких датчиков позволяют осуществлять диагностику положения объекта вдоль какой-либо одной оси [1,2]. Для решения ряда технических задач возникает необходимость контролировать положение объекта по разным осям.

С этой целью разработана конструкция магнитожидкостного датчика, которая позволяет производить контроль горизонтального положения объектов при их отклонении на угол до 5 градусов в направлении любой оси расположенной в горизонтальной плоскости. Это особенно актуально при оценке отклонения технического объекта от горизонтального положения, например, для строительных конструкций, железнодорожного полотна, платформ подъёмно-транспортных механизмов.

На рисунке 1 представлен магнитожидкостный датчик для контроля положения объекта в горизонтальной плоскости [3]. Корпус, состоит из двух частей. Внешняя часть 1 представляет собой кольцо, изготовленное из магнитопроводного материала. Внутренняя часть 2, изготовлена из немагнитопроводного материала причём с внутренней и внешней торцевых сторон выполнены цилиндрические углубления. В нижнем углублении установлен постоянный магнит 3. В верхнем углублении расположен чувствительный элемент, состоящий из постоянного магнита 4 в форме диска и двух колец. Кольцо 5, прилегающее к магниту, изготовлено из немагнитопроводного материала, а кольцо 6, изготовлено из магнитопроводного материала и образует равномерные рабочие зазоры $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$, с внутренней цилиндрической поверхностью немагнитопроводной части корпуса. По принципу действия магнитная система датчика представляет собой магнитный подвес [4,5]. Чувствительный элемент помещён в магнитную жидкость 7, который, за счёт левитации, позволяет ему перемещаться с минимальным низким коэффициентом трения при изменении положении датчика в пространстве. Это снижает время переходного процесса МЖДУН до 0,01 - 0,001 с. Во внутренней части корпуса установлены постоянные магниты 8 с обмотками 9.

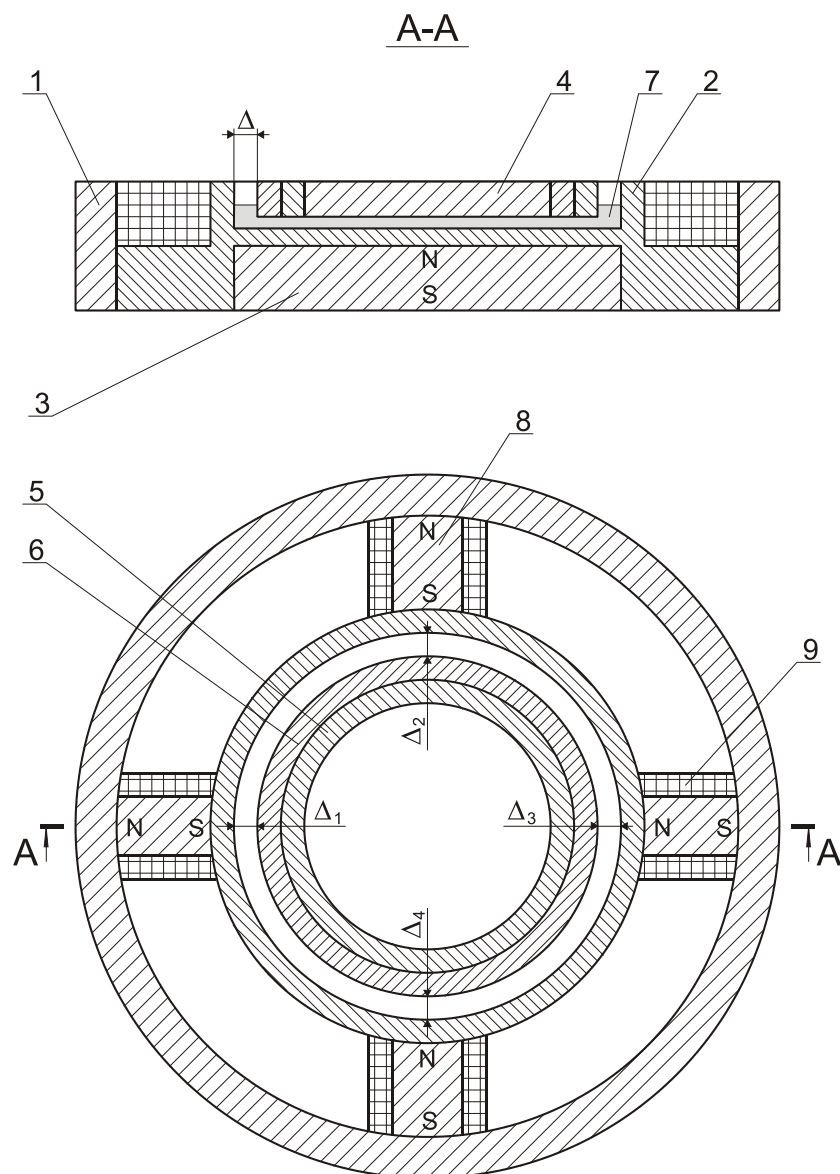


Рис. 1. Конструкция магнитожидкостного датчика контроля положения объекта в горизонтальной плоскости

Если технический объект, на котором расположен МЖДУН не имеет отклонения от горизонтальной плоскости, чувствительный элемент, имеет равномерные зазоры $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$, с внутренней цилиндрической поверхностью немагнитопроводной части корпуса 2. Обмотки соединены по схеме уравновешенного моста.

Так как, электрические сопротивления обмоток 9 попарно равны между собой, то мост будет находиться в равновесии. Сигнал на выходе полностью отсутствует. При малейшем изменении угла наклона магнитожидкостного датчика чувствительный элемент, под действием силы тяжести, смещается в сторону наклона. Происходит изменение величины зазоров между внешним маг-

нитопроводным кольцом 6 и полюсами магнитов 8, примыкающих к цилиндрической поверхности немагнитопроводной части корпуса. Это приводит к изменению магнитных сопротивлений зазоров, и, как следствие магнитных потоков, проходящих через обмотки 9. Предположим, что уменьшились зазоры Δ_1 и Δ_2 . Это приводит к увеличению магнитной проводимости под полюсами двух магнитов. Магнитный поток увеличивается, что приводит к уменьшению сигнала на выходе моста. Срабатывает система автоматического регулирования [6].

Магнитожидкостный датчик вновь занимает горизонтальное положение, и зазоры $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$, становятся равны друг другу. Мост уравнивается.

Для оценки величины магнитной индукции в зазорах проведены численные исследования магнитной системы МЖДУН. В датчике используются постоянные магниты изготовленных из «закрытых» материалов с остаточной магнитной индукцией $B_r = 0,77$ Тл и коэрцитивной силой $H_c = 540$ кА/м. Расчёт магнитной системы датчика проводился в программной среде ELCUT при заданных граничных условиях Дирихле-Неймана.

Триангуляция расчётной области проводилась в автоматическом режиме. Число узлов составило 2560, а число элементов около 12000. Размеры постоянного магнита 3 составляют: $D20 \times 5$, а магнита 4 - $D15 \times 5$. Картина распределения магнитного поля представлена на рис. 2.

Численные исследования проводились в два этапа. На первом этапе фиксировалась величина зазора Δ , между дисковым магнитом 4 и магнитами 8 расположенными по окружности. Величина зазора Δ изменялась в диапазоне 1-10 мм. На втором этапе фиксировалось значение зазора Δ , а зазор δ варьировался в пределах от 1 до 10 мм. На основании результатов расчёта для указанного диапазона зазоров Δ и δ построены графики изменения максимальной (рис.3) и минимальной (рис.4) магнитной индукции.

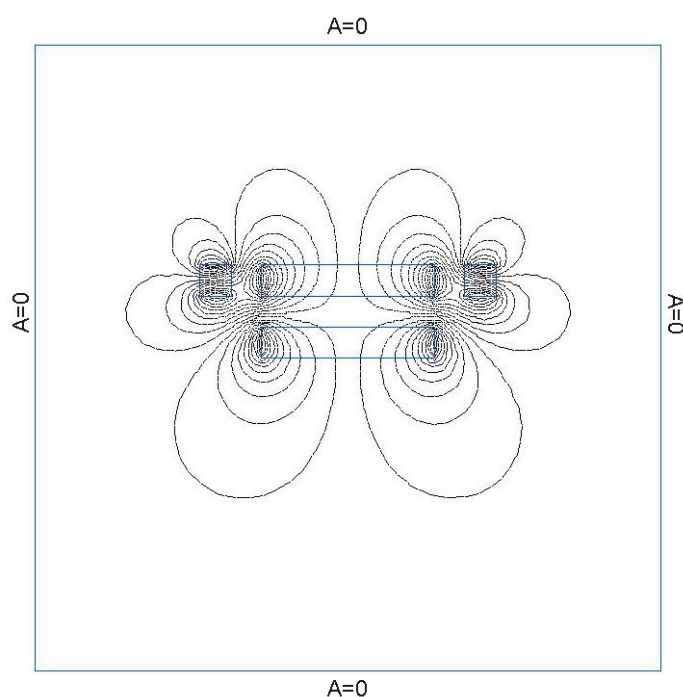


Рис. 2. Картина распределения магнитного поля

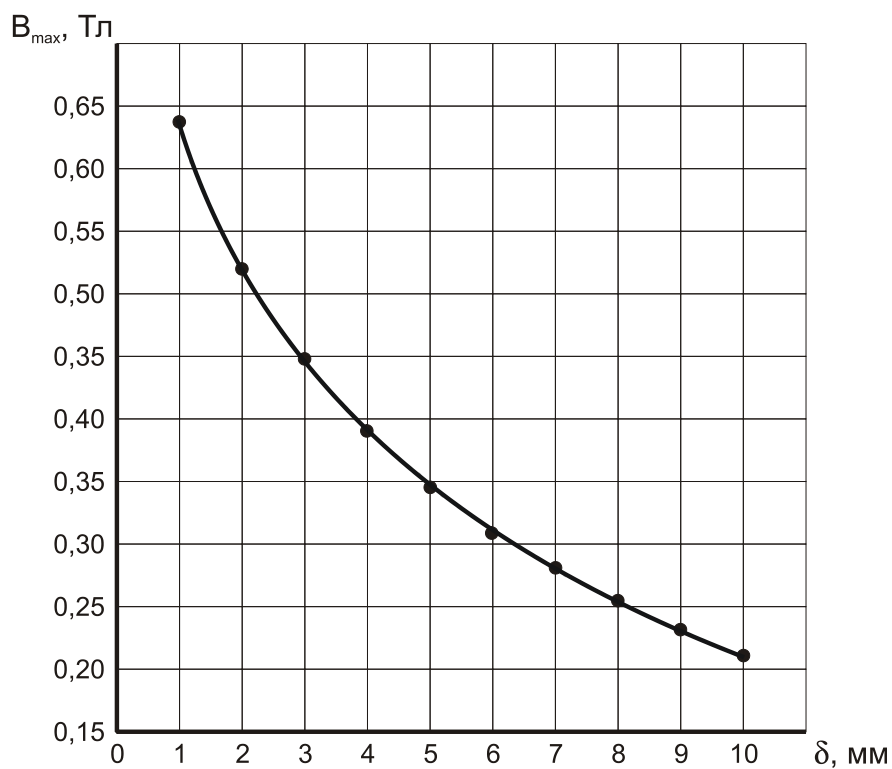


Рис. 3. Изменение максимальной магнитной индукции при изменении зазоров Δ и δ

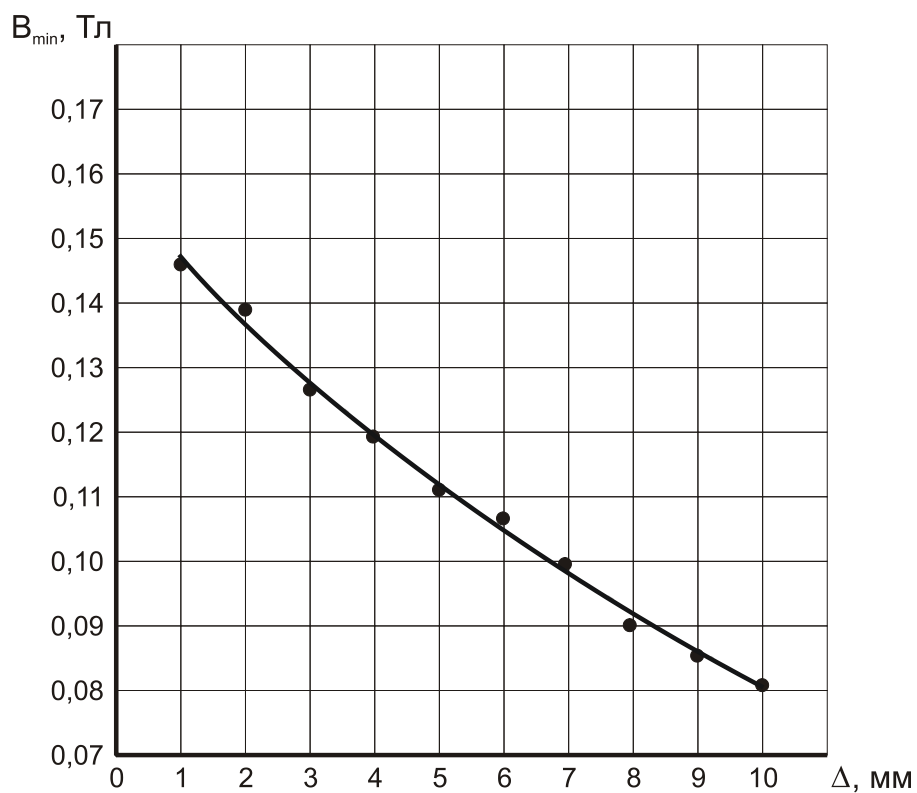


Рис. 4. Изменение минимальной магнитной индукции при изменении зазоров Δ и δ

Выводы

1. Результаты расчетов позволяют прогнозировать значения максимальной и минимальной магнитной индукции в зазорах Δ и δ магнитной системы в магнитожидкостном датчике угла наклона.

2. Изменения величины магнитной индукции в зазорах имеет нелинейный характер, что позволяет использовать разработанный датчик для автоматического регулирования горизонтального положения технических объектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сайкин М.С., Морозова Д.Ю. Разработка магнитожидкостных датчиков угла наклона с чувствительным элементом на постоянных магнитах. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Изд-во Самарского научного центра РАН, 2014, Т.16, N 1(2), с.459-463.

2. Сайкин М.С., Лагуткина Д.Ю. Магнитожидкостное устройство для определения угла наклона. Патент на полезную модель, RU 171502, 02.06.2017. Заявка № 2017109479 от 21.03.2017.

3. Сайкин М.С., Дугина А.А. Магнитожидкостное устройство для определения угла наклона. Патент на полезную модель, RU 131149, 10.08.2013. Заявка № 2013112320 от 19.03.2013.

4. Осокин Ю.А., Герди В.Н., Майков К.А., Станкевич Н.Н. Теория и применение электромагнитных подвесов. М.: Энергоатомиздат. – 1980. - 314 с.

5. Журавлёв Ю.А. Активные магнитные подшипники. Теория, расчёт, применение. Изд-во: Политехника.- 2003. – 206 с.

6. Лагуткина Д.Ю., Марков М.Г., Сайкин М.С. Микропроцессорная система управления магнитожидкостным датчиком угла наклона. Датчики и системы. – Изд-во ООО «Сенсидат-Плюс», N 3, 2018. С.33-39.

УДК 614.843

Т. К. Тлатов, В. П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТАЛЬКИРОВАНИЯ ПОЖАРНЫХ РУКАВОВ

Аннотация: в статье затрагивается актуальный вопрос продления срока службы пожарных рукавов; рассмотрены этапы обслуживания пожарных рукавов; сделан акцент на талькировании рукавов как одном из основных этапов подготовки рукавов к хранению; предложена конструкция устройства для талькирования пожарных рукавов.

Ключевые слова: пожарный рукав, техническое обслуживание пожарных рукавов, хранение рукавов, долговечность рукавов, талькирование.

T. K. Tlatov, V. P. Zarubin

DESIGN DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR TALCATING FIRE HOSES

Abstract: the article touches upon the topical issue of extending the service life of fire hoses; the stages of maintenance of fire hoses are considered; emphasis is placed on the talcation of hoses as one of the main stages of preparing hoses for storage; the design of a device for talcating fire hoses is proposed.

Keywords: fire hose, maintenance of fire hoses, storage of sleeves, durability of sleeves, talcation.

Как известно пожарные рукава это основная составляющая пожарно-технического вооружения пожарных автомобилей. Рукава различают по назначению, материалу изготовления и геометрическим параметрам. Основное назначение рукавов это транспортировка огнетушащих веществ от источника к месту тушения пожара. В зависимости от различных внешних факторов в тушении пожара могут быть задействованы одновременно несколько рукавов. Качество рукавов их надежность и техническая исправность оказывает непосредственное влияние на решение боевой задачи. В случае нарушения герметичности рукава при тушении пожара снижается количество подаваемого огнетушащего вещества, что требует незамедлительного проведения дополнительных работ по ремонту рукава или его замены. Изучив причины выхода рукавов из строя можно сделать заключение, что не только механическое повреждение на пожаре является определяющим фактором выхода их из строя но и естественное старение оказывает отрицательное влияние на прочность материала рукава. Для продления срока службы рукавов необходимо проводить их качественное техническое обслуживание. Техническое обслуживание (далее – ТО) - это комплекс профилактических мероприятий, проводимых с целью поддержания рукавов в исправном состоянии. Согласно нормативной документации ТО рукавов состоит из комплекса мероприятий таких как отмачивание, мойка, сушка, талькирование. Если визуальный осмотр рукава выявляет повреждения рукава проводится ремонт наложением заплат или вулканизацией. Организация правильного технического обслуживания рукавов после их использования в значительной степени продлевает срок их использования. Каждый этап обслуживания имеет свое значение и исключение какого-либо вида работ приводит к преждевременному старению рукава и выходу его из строя.

На рукавных базах пожарно-спасательных частей уделяется должное внимание соблюдению требований обслуживания рукавов. Однако стоит отметить, что не все пожарно-спасательные части имеют необходимое оборудование для технического обслуживания рукавов и используют самодельные приспособления и устройства. Это обусловлено высокой стоимостью оборудования отечественных и зарубежных производителей.

Обзор рукавного хозяйства пожарно-спасательных частей показал, что из всего комплекса операций по техническому обслуживанию пожарных рукавов вопрос талькирования стоит достаточно остро. Специализированное оборудование отсутствует и все работы проводятся с использованием подручных средств. Это снижает качество проведения обслуживания и приводит к преждевременному старению рукавов.

В настоящей работе предлагается конструкция устройства для проведения операции талькирования пожарных рукавов с целью повышения качества этого процесса, уменьшения трудоемкости и затрат времени.

Анализ принципа работы лицензированного оборудования для талькирования показал, что основной принцип обработки внутренней поверхности рукава заключается в продувании порошка талька через рукав с помощью сжатого воздуха. В качестве источника сжатого воздуха выступает компрессор. Наличие компрессора отрицательно влияет на массу и габариты установки, а так же увеличивает ее стоимость.

В качестве источника сжатого воздуха в разрабатываемой установке предлагается использовать баллон для сжатого воздуха входящий в состав дыхательного аппарата «Омега». Для обеспечения необходимой универсальности разрабатываемой установки она должна иметь возможность обрабатывать рукава всех размеров, быть мобильной, простой в эксплуатации и техническом обслуживании. Учитывая заданные выше параметры предлагается следующий вид установки (рис. 1).

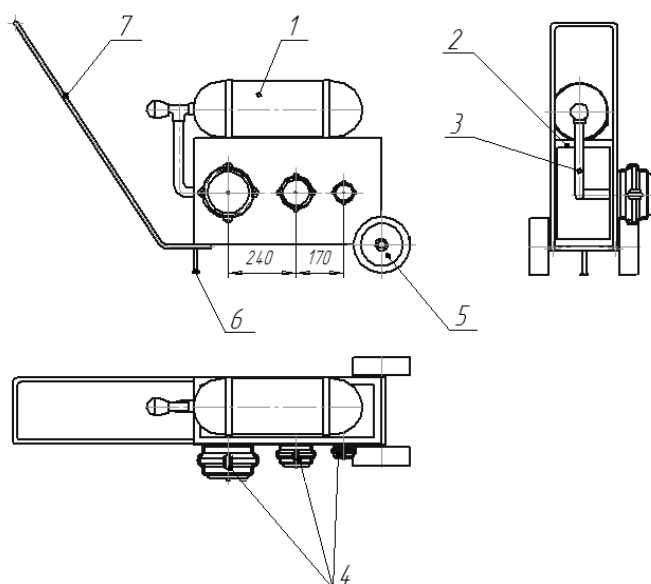


Рис. 1. Общий вид установки для талькирования пожарных рукавов
 1 – баллон для дыхательного аппарата со сжатым воздухом для пожарных;
 2 – рама сварная; 3 – трубопровод;
 4 – головки соединительные для пожарных рукавов с заглушками;
 5 – колесо; 6 – стойка упорная;
 7 – ручка

Основным элементом установки для талькирования пожарных рукавов является баллон 1 для дыхательного аппарата со сжатым воздухом для пожарных (рисунок 1). Баллон 1 устанавливается на раму 2 и фиксируется к ней резиновыми лентами. Такой тип крепления обладает достаточной надежностью и возможностью быстрой замены баллона после его отработки. По средствам стандартной резьбы баллон 1 подсоединяется к трубопроводу 3 подводящего

воздух к соединительным головкам 4 для пожарных рукавов с заглушками. Установка имеет три типоразмера соединительных головок для возможного подсоединения пожарных рукавов диаметром 51 мм, 77 мм, 150 мм. Для обеспечения установке необходимой мобильности она оснащена парой колес 5 и стойкой упорной 6 для обеспечения надежного устойчивого положения в момент работы. Удобство перекачивания установки обеспечивается наличием ручки 7.

Порядок проведения операции талькирования с помощью предлагаемой установки заключается в следующем. Перед запуском установки в работу на отведенное место рамы 2 (рисунок 1) устанавливается баллон 1 для дыхательного аппарата со сжатым воздухом для пожарных. Баллон должен быть заправлен согласно регламенту. Баллон фиксируется прижимными лентами к раме и гибким шлангом подсоединяется к трубопроводу 3. Рукав требующий обслуживания раскатывается от установки во всю длину. Со стороны ближайшей к установке в рукав засыпается порция талька. После этого, рукав подсоединяется к соединительной головке соответствующего диаметра. Свободные соединительные головки перекрываются заглушками. Вентиль баллона плавно открывается, воздух вдувается в рукав через трубопровод 3 и распределяет тальк по его внутренней поверхности. Момент завершения операции талькирования контролируется визуально. По завершению талькирования вентиль баллона закрывается, рукав отсоединяется и скатывается согласно требованиям по обслуживанию и хранению рукавов. На место обслуженного рукава подсоединяется следующий. В случае необходимости проведения обслуживания рукава другого диаметра соединительная головка закрывается заглушкой.

Простота конструкции установки, отсутствие сложных нестандартных деталей дает возможность проводить изготовление и сборку установки на ремонтных участках пожарно-спасательных частей. В случае наличия такой установки в пожарно-спасательной части, качество проведения технического обслуживания рукавов значительно улучшается. Время на проведение операции сокращается. Срок службы рукавов увеличивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеев, М.В. Технология ремонта машин и оборудования / М.В. Авдеев. – М.: Агропромиздат, 2010. – 362 с
2. Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: учебник/П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов.-12-е изд., стереотипное. – М.: Академия, 2009. – 496 с.
3. Эксплуатация пожарной техники: Справочник / Ю.Ф. Яковенко, А.И. Зайцев, Л.М. Кузнецов и др. – М.: Стройиздат, 1991. – 451 с.

УДК 620

П. В. Умакова, А. В. Топоров

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ ТУШЕНИЯ СТЕПНЫХ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Аннотация: В данной работе приводятся общие сведения о возможности применения устройства, использующего эффект Дудышева для тушения степных пожаров. Представлена принципиальная схема устройства.

Ключевые слова: электрическое поле, тушение пожара, эффект Дудышева, электрическое дутье.

P. V. Umakova, A. V. Toporov

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR EXTINGUISHING STEPPE FIRES USING AN ELECTRIC FIELD

Abstracts: This paper provides general information about the possibility of using a device using the Dudyshev effect to extinguish steppe fires. A schematic diagram of the device is presented.

Keywords: electric field, fire extinguishing, Dudyshev effect, electric blast.

Степные пожары наносят ощутимый вред народному хозяйству. Для их тушения применяются различные методы [1]. Разработка новых способов тушения степных пожаров позволит расширить спектр выполняемых задач и повысить эффективность борьбы с огнем.

Одним из способов гашения пламени является электрическое дутье [2]. Воздействие электрического поля на плазму огня приводит к образованию мощных потоков частиц - ионов, которые сдувают пламя, приводя к его гашению. Данный метод тушения пламени состоит в воздействии на пламя сильным импульсным электрическим полем с напряженностью 1-5 кВ/см и выше, может эффективно применяться в качестве принципиально нового эффективного средства для бесконтактного тушения пламени. Физическая сущность предложенного способа состоит в том, что любое пламя ионизировано, а значит с помощью подвержено влиянию электрического, за счет чего возможно управлять горением, в частности тушить пламя. Анализ литературных источников показал, что исследования в данном направлении проводятся, и тема остается актуальной по настоящее время. Кроме того, не допуская распространения пламени, можно добиться локализации пожара.

В настоящее время имеются все технические средства чтобы создать установку осциллирующего электромагнитного поля. Принципиальная схема модульной установки тушения пламени должна включать в себя источник аккумуляторные батареи требуемой емкости, импульсный генератор, высоковольтный трансформатор и электроды.

Для оценки эффекта электрического дутья проводился оценочный эксперимент. Эксперимент состоял в следующем: деревянный образец (50*206*34 мм) поджигался. После этого образец подвергался импульсному воздействию электрического поля. В результате непродолжительного воздействия электрического поля (40 секунд) пламя не распространяется по древесине. После 2,5 минут пламя уменьшается в три раза от первоначального. Через 3 минуты практически исчезает. При помещении в область между электродами горячей сухой травы наблюдалось гашение пламени за 3-4 с.

В результате проведения оценочных исследований установлено:

- электрическое поле влияет на заряженные частицы внутри пламени и заставляет их перемещаться;
- движение заряженных частицы в электрическом поле влияют на потоки газа в пламени, что приводит к отделению его от источника;
- первоначальные эксперименты проводились с напряженностью электрического поля порядка 2 кВ/см;
- результаты влияния электрического поля на механизмы горения воспроизводимы; - существует возможность модернизации данной установки, и внедрения в практику.

Способ электрического дутья оказывается более эффективным при тушении горения материалов, имеющих низкую плотность, поэтому может быть применим для борьбы именно со степными пожарами.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема устройства. Устройство состоит из силового блока 1, в котором находятся аккумуляторные батареи и преобразователь напряжения, соединенного силовым кабелем 2 с блоком электродов. При тушении пожара необходимо перемещать электроды непосредственно у поверхности земли, чтобы горячая сухая трава проходила между ними.

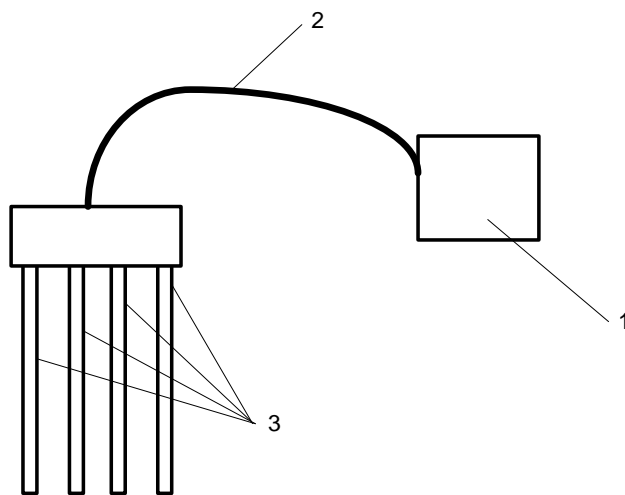


Рис. 1. Принципиальная схема устройства для тушения огня методом электрического дутья

За счет воздействия электрического поля пламя будет потушено. Такой способ позволит увеличить скорость тушения пожара.

Для повышения эффективности устройства необходимо изучить конфигурацию электродов и изучить влияние величины рабочего зазора между ними на характеристики эклектического поля. Поскольку проведение измерений на экспериментальном образце связаны с рядом трудностей целесообразно на предварительном этапе провести расчеты электрических полей методом конечных элементов. Результаты расчетов позволят оптимизировать конфигурацию электродов и повысить эффективность процесса тушения огня способом электрического дутья

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степные пожары: профилактика, тушение, правовые вопросы [Текст] : методические рекомендации для сотрудников особо охраняемых природных территорий / Благотворительный фонд «Центр охраны дикой природы», Проект ПРО-ОН/ГЭФ/Минприроды России «Совершенствование системы и механизмов управления ООПТ в степном биоме России» ; авт.-сост.: Г. В. Куксин, М. Л. Крейндин. - Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2014. - 125 с.

2. Пермяков А.В. Разработка электрического способа тушения пожара на газопроводах низкого давления / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Уфа – 2019.

УДК 539.431

В. В. Чекурда, М. А. Ноздрин

Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МНОГОЛИСТОВОЙ РЕССОРЫ АВТОМОБИЛЯ

Аннотация: разработана конечно-элементная модель параболической семилистовой рессоры автомобиля. Выполнен усталостно-прочностной расчет.

Ключевые слова: листовая рессора, усталостно-прочностной расчет, моделирование, численные методы.

V. V. Chekurda, M. A. Nozdrin

DURABILITY OF THE MULTI-LEAF SPRING OF THE CAR

Abstracts: a finite element model of a parabolic seven-leaf spring of a car has been developed. A fatigue-strength calculation was performed.

Keywords: leaf spring, fatigue-strength calculation, modeling, numerical methods.

Автомобильная подвеска включает в себя упругий элемент, который снижает динамические нагрузки, действующие на автомобиль при его движении по неровностям дороги. Листовая рессора представляет собой комплект листов разной длины, выполненных из закаленной стали и соединенных с помощью металлических хомутов. Она работает на изгиб как упругая балка, ее листы имеют изогнутую форму в виде серпа.

Рессоры быстро изнашиваются, так как многие автовладельцы нагружают свой автомобиль большой массой, от чего подвеска начинает проседать. Еще одна проблема заключается в том, что высокая нагрузка на листы рессоры при движении автомобиля приводит к ухудшению управляемости на высокой скорости.

Нагрузки, действующие на рессоры, вследствие большого разнообразия условий эксплуатации автомобилей меняются в весьма широких пределах, а, следовательно, меняются и напряжения. Поэтому автомобильные рессоры относят к группе деталей, которые могут разрушаться как от недостаточной статической прочности, так и от усталости. В процессе эксплуатации автомобиля наибольшее влияние на усталостную прочность рессоры оказывают напряжения от действия вертикальных нагрузок [1].

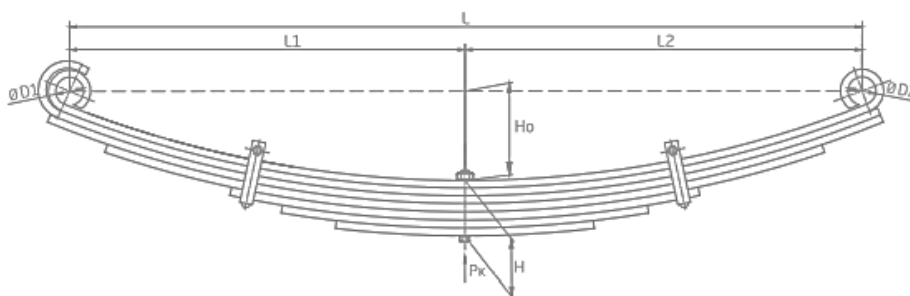
Методика анализа усталостной долговечности в качестве исходных данных использует, во-первых, сведения о динамической нагруженности детали в виде истории изменения напряжений в условиях эксплуатации, во-вторых, свойства усталости, определяемые по результатам экспериментальных исследований. В программном комплексе ANSYS Workbench проводится расчет многоциклового усталости, в основе которого лежит эмпирическая кривая напряжения-деформации. Всего существует четыре типа нагрузки: постоянная амплитуда, регулярное нагружение; постоянная амплитуда, нерегулярное нагружение; непостоянная амплитуда, регулярное нагружение; непостоянная амплитуда, нерегулярное нагружение [2]. Рассмотрим постоянную амплитуду, регулярное нагружение. Это вид нагружения, при котором амплитуда напряжений имеет максимальное значение на всем протяжении временного интервала. Исходные данные для расчетов приведены на рис. 1 [3].

Рессора изготовлена из конструкционной рессорно-пружинной стали 50ХГФА [4]:

- модуль упругости: $E=2,18 \cdot 10^{11}$ Па;
- плотность: 7800 кг/м^3 ;
- коэффициент Пуассона: 0,3.

Рессоры работают с переменными нагрузками, на рис. 2 представлена кривая усталости рессорной стали [5].

MERCEDES spring 814-2912012 rear; drw. 814-2912012



Технические данные / Technical data

Грузоподъемность Pk, кгс	Load Pk, kgs	2670				
Масса рессоры, кг	Spring mass, kg	85,5				
Рабочая длина рессоры L, мм	Working spring length L, mm	1580				
L1, мм	L1, mm	790				
L2, мм	L2, mm	790				
D1, мм	D1, mm	54				
D2, мм	D2, mm	54				
Высота пакета H, мм	Stack height H, mm	105				
Ho, мм	Ho, mm	140 ± 10				
Количество листов	Number of leaves	7				
Листы	Leaves	1	2	3	4	5
Толщина, мм	Thickness, mm	15	15	15	15	15
Мин. толщина, мм	Min. thickness, mm	15	15	15	15	15
Ширина, мм	Width, mm	80	80	80	80	80
Масса, кг	Mass, kg	19,4	16,8	15,1	13,2	8,5
Марка стали	Steel GOST	50ХГФА				

Рис. 1. Параболическая симметричная семилистовая рессора

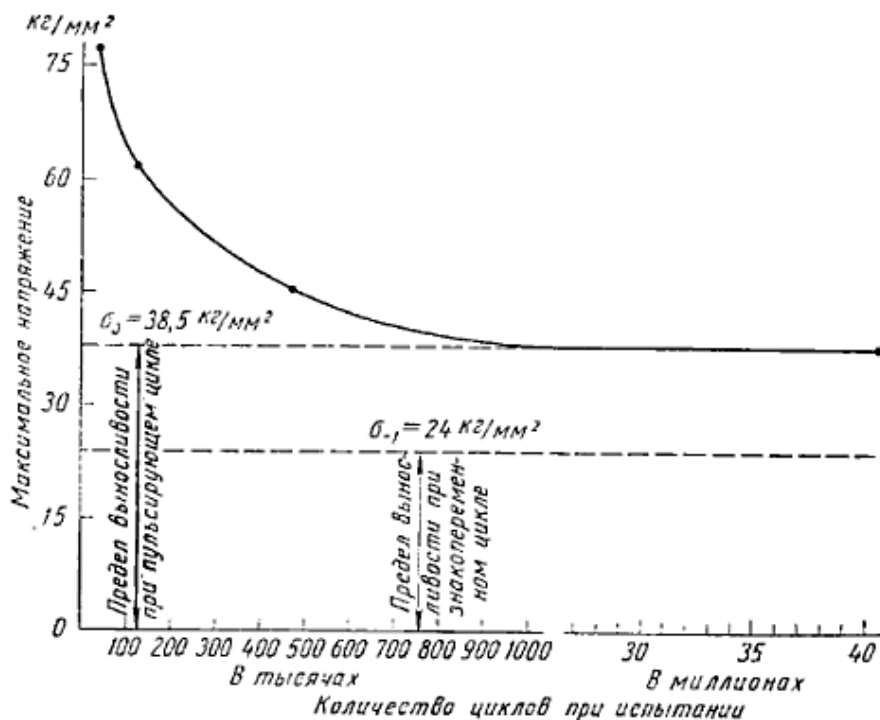


Рис. 2. Кривая усталости рессорной стали

Модель рессоры создается в программном комплексе КОМПАС 3D. В программном комплексе ANSYS Workbench задается условие контакта между поверхностями листов «No Separation» (модель контакта, в котором не допускается разделение смежных поверхностей, но разрешено небольшое проскальзывание [6]).

К созданной модели добавляются нагрузки в виде силы $P=26,2$ кН. С обеих сторон рессора зафиксирована шарнирами в местах под втулку. Слева разрешен только поворот по оси X, справа разрешены поворот по оси X и перемещение вдоль оси Z.

На рис. 3 показана эпюра эквивалентных напряжений по Мизесу. Из эпюры видно, что максимальные напряжения возникают в центре коренного листа рессоры (490,88 МПа).

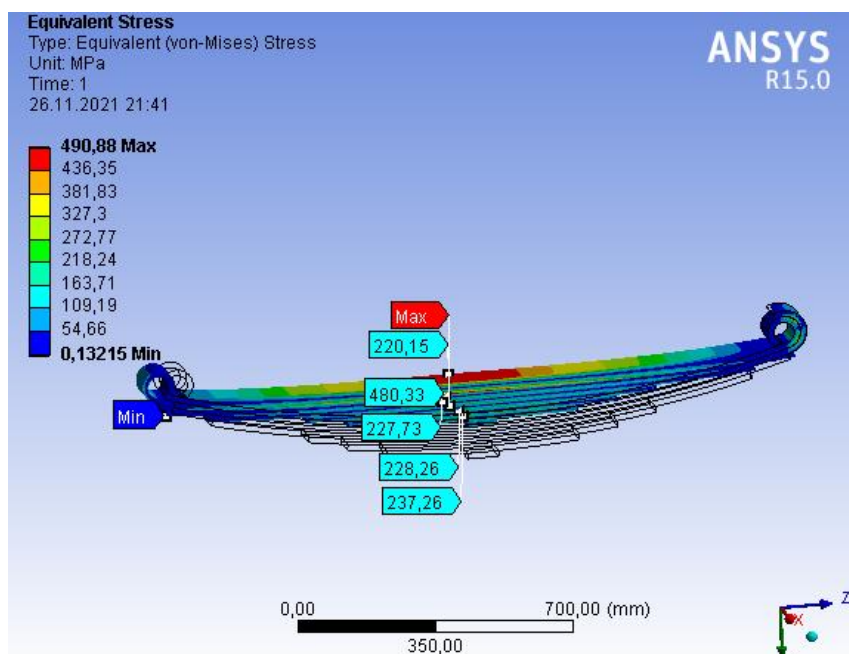


Рис. 3. Эпюра напряжений в рессоре

В работе рессоры рассматривается режим при постоянной амплитуде и регулярном напряжении с симметричным циклом нагружения. Приложенная сила остается прежней (26,2 кН). Рассчитывается фактор безопасности «Safety factor» (рис. 4), показывающий коэффициент запаса усталостной прочности относительно полного отказа детали. Установочный цикл нагружения равен 10^6 . Самые опасные места – середина коренного и второго листа рессоры.

Рассчитывается коэффициент усталостной чувствительности «Fatigue Sensitivity», который показывает влияние уровня нагрузки на показатели долговечности. С помощью него устанавливают количество циклов детали при нагрузке 100%-200% от первоначальной силы (рис. 5). При увеличении нагрузки рессора выдержит меньшее количество циклов до разрушения.

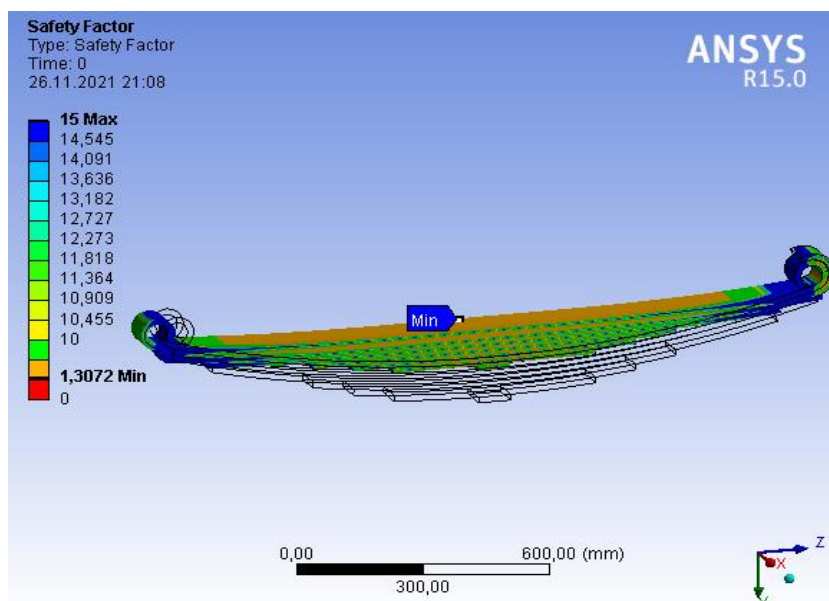


Рис. 4. Эпюра фактора безопасности рессоры

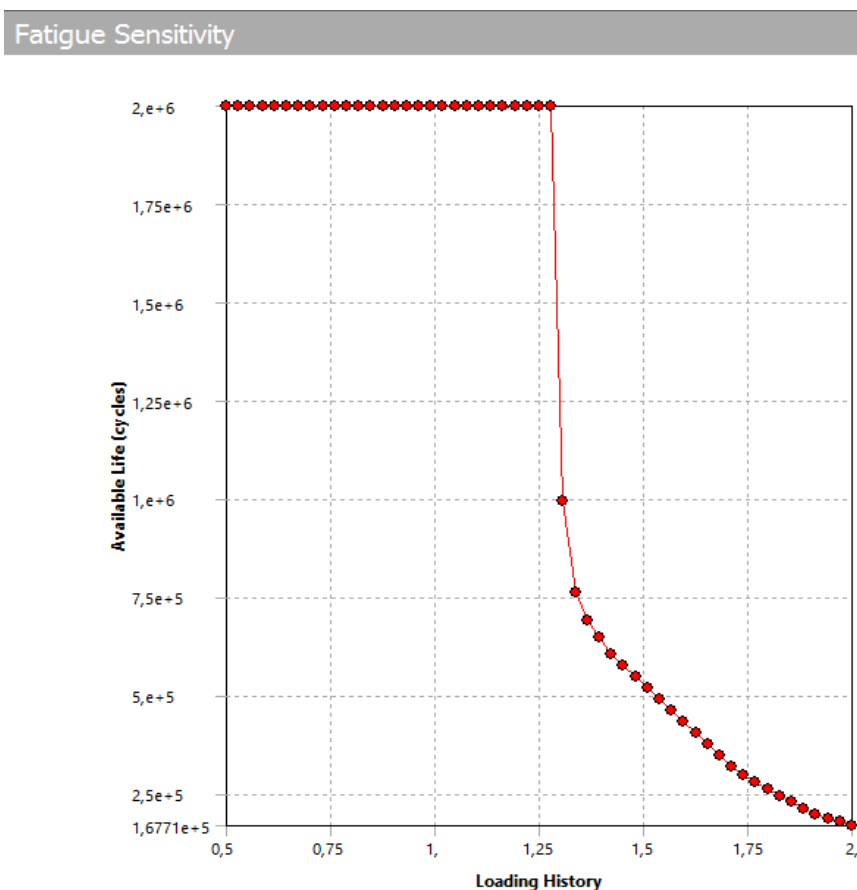


Рис. 5. График коэффициента усталостной чувствительности

Усталостно-прочностной расчет параболической семилистовой рессоры с регулярным нагружением и постоянной амплитудой цикла показал, что наибольшие напряжения возникают в центре коренного листа (490 МПа) и в центре подкоренного листа рессоры (480 МПа). В остальных листах напряжения намного меньше (около 230 МПа). Из графика коэффициента усталостной чувствительности видно, что при силе 26,2 кН рессора может выдержать свыше $2 \cdot 10^6$ циклов, а при 52,4 кН количество циклов $1,67 \cdot 10^5$. Из эпюры фактора безопасности, рассчитанного относительно полного отказа детали, следует, что коэффициент запаса усталостной прочности рессоры равен 1,3.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пархиловский И.Г. Автомобильные листовые рессоры. – М: Машиностроение 1978. – 232 с.
2. Глинкин С.А. Расчет деталей поршневых двигателей внутреннего сгорания: учеб. пособие – Владимир: ВлГУ, 2013 – 107 с.
3. Каталог рессор АО «Чусовский металлургический завод», 2015. – 165 с.
4. ГОСТ 14959-2016 Металлопродукция из рессорно-пружинной нелегированной и легированной стали
5. Контроль качества продукции в машиностроении [Текст] / Под ред. В. И. Гостева и А. В. Белоусова. – М.: Машгиз, 1955. – 640 с., ил.
6. Бруйка В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: учеб. пособ. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2013. – 149 с., ил.

УДК 681.518

О. В. Чуприков¹, А. А. Бурлаков¹, В. В. Ковалев¹, В. И. Котовщиков²

¹ФГБОУ ВО Военная академия связи им. Маршала Советского Союза
С.М. Буденного

²Военный институт (инженерно-технический) ФГКВОУ ВО
«Военная академия материально-технического обеспечения»

АРХИТЕКТУРА ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ-5490

Аннотация: В статье рассмотрена общая архитектура электронных систем автомобилей марки КамАЗ и краткая техническая характеристика блоков общего электрооборудования.

Ключевые слова: архитектура соединений электронных систем, бортовые информационно-управляющие системы, БИУС.

O. V Chyprikov, A. A. Burlakov, V. V. Kovalev, V. I Kotovshikov

ARCHITECTURE OF ELECTRONIC SYSTEMS OF THE KAMAZ-5490 CAR

Abstracts: The article provides an overview of the general architecture of the electronic systems of KamAZ vehicles and gives a brief description of the general electrical equipment units.

Keywords: architecture of connections of electronic systems, on-board information and control systems, BIOS.

Тенденции развития современных наземных транспортных комплексов и конструкций автомобилей, опыт разработки новой автомобильной техники свидетельствуют о том, что одну из главных ролей в обеспечении конкурентных преимуществ грузовых автотранспортных средств играет наличие у них бортовых информационно-управляющих систем (БИУС). Современные БИУС способны оптимизировать функционирование агрегатов и узлов в едином комплексе автомобиля, обеспечить максимальную эффективность использования автомобиля как элемента логистической системы.

БИУС существенно облегчают эргономику труда водителя, повышают безопасность дорожного движения, улучшают технико-эксплуатационные свойства автомобилей. Объёмы информации, перерабатываемой на борту современных большегрузных автомобилей, постоянно растут, алгоритмы функционирования их бортовых систем и агрегатов усложняются. В настоящее время становятся актуальными задачи передачи части функций, выполняемых водителем, автоматическим и автоматизированным системам.

Вышеперечисленные факторы привели к значительному усложнению конструкции автомобилей. Техническое обслуживание, диагностика и ремонт таких автомобилей становятся возможными исключительно в специализированных автоцентрах с применением соответствующего технологического оборудования.

В статье рассматривается схема соединения электронных систем автомобиля КамАЗ-5490. Изложенная в статье информация полезна для понимания принципов взаимодействия систем и блоков электрооборудования автомобиля в целом, что необходимо при поиске отказавшего элемента электрической цепи.

Компоновка блоков электронных систем автомобиля КамАЗ-5490 представлена на рисунке 1.

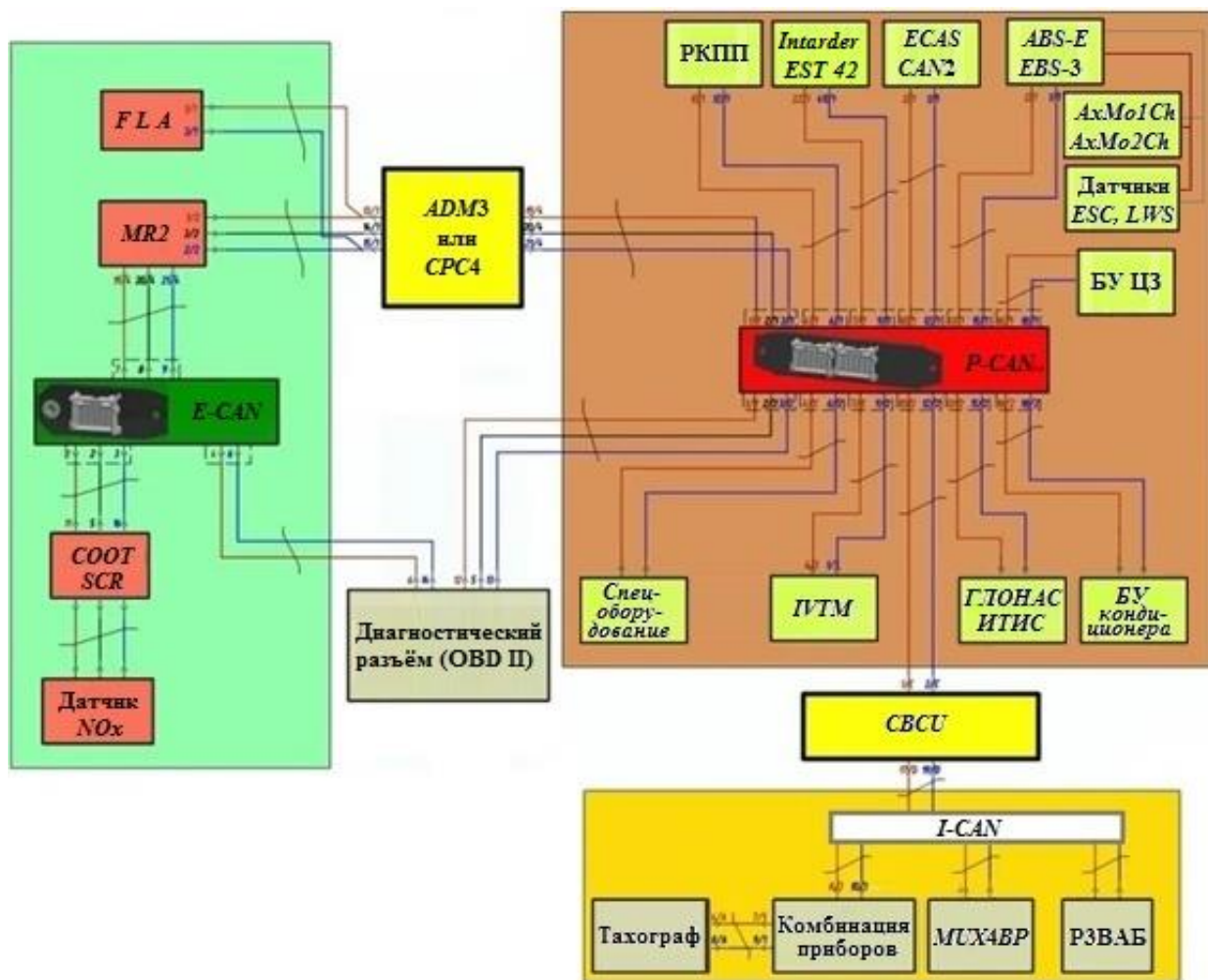


Рис. 1. Схема соединений электронных систем автомобиля КамАЗ-5490

Функциональное назначение блоков электронных систем КамАЗ-5490:

FLA – блок управления предпусковым подогревом;

MR2B или *MR2CNG* – блок управления двигателем;

E-CAN – разъем линий CAN;

COOT SCR – рамный модуль или блок управления нейтрализацией отработанных газов;

NO_x – датчик оксида азота и контроллер;

ADM3 или *CPC4* – блок согласования;

MR-AMD3-USU – трансмиссия;

OBDII – диагностический разъем;

ZF AsTronic 2,0 – блок управления роботизированной коробкой передач;

Intarder EST 42 – блок управления интардером;

ECAS CAN2 – электронная пневмоподвеска;

EBS3 – электронная система управления тормозами;

AxMo1Ch, *AxMo2Ch* – осевой модулятор;

- ESC* – датчик крена;
- LWS* – датчик поворота руля;
- P-CAN* – разъём линий *CAN-KAMAZ*;
- БУ ЦЗ – блок управления центральным замком;
- ADM3, CBCU* (ЦБУЭО) – блоки управления кондиционером;
- ИТИС – интеллектуальная транспортная система ГЛОНАСС;
- ITVM* – система контроля давления в шинах;
- CBCU* (ЦБУЭ) – центральный блок управления электрооборудованием;
- РЗВАБ – реле задержки выключения АКБ;
- MUX4BP* – блок управления электрооборудованием шасси и прицепа.

Управляет силовыми цепями задней части автомобиля.

Автомобиль КамАЗ-5490 комплектуется комбинацией приборов типа *Continental KAMAZ*. Типовая компоновка и общее расположение блоков на передней панели кабины показаны на рисунке 2.

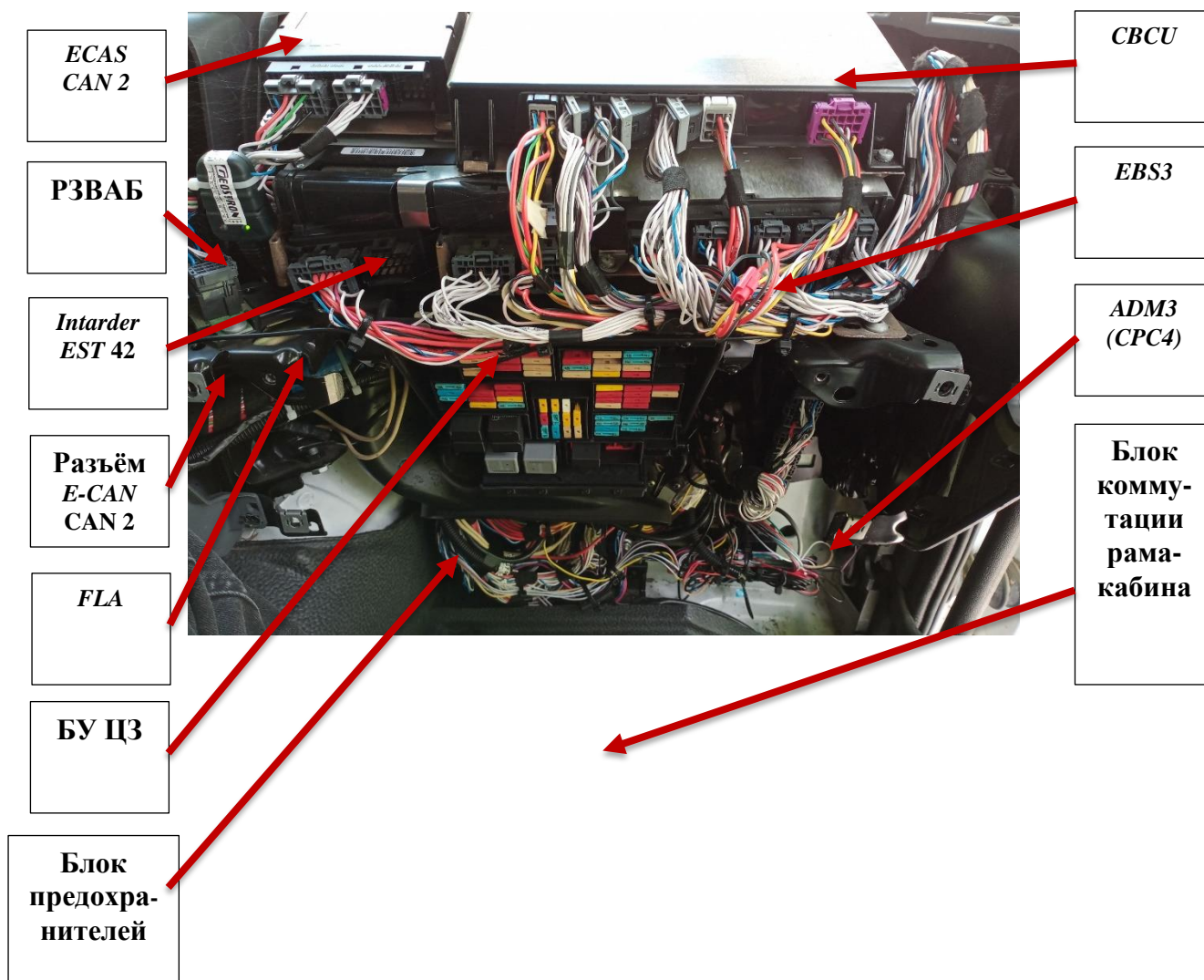


Рис. 2. Расположение электронных блоков в кабине КамАЗ-5490

Центральный блок управления электрооборудованием (ЦБУЭ) *СВСУЗ-Е* является одним из базовых звеньев архитектуры мультиплексной схемы. Он предназначен для управления электрооборудованием автомобиля, выполняет функции подготовки обработки данных для вывода на комбинацию приборов.

ЦБУЭ *СВСУЗ-Е* управляет работой:

- передней светотехники и светового оборудования кабины;
- оцифровки панели клавиш и подрулевых переключателей;
- датчиков и исполнительных механизмов в кабине и на раме;
- взаимодействия с линиями *CAN* автомобиля;
- комбинации приборов;
- модуля расширения *MUX*.

Мультиплексный блок *MUX2-ВР (MUX4-Р)* отвечает за функционирование следующих узлов и приборов:

- задняя световая сигнализация (стоп-сигналы, указатели поворотов, фонарь включения заднего хода);
- датчики на шасси (датчик уровня топлива, датчики загрузки, перераспределения усилий тормозных механизмов);
- механизмы на шасси (тормозные механизмы, рулевое управление);
- взаимодействие с линиями *CAN* автомобиля;
- управление электрооборудованием прицепа/полуприцепа;
- контроль и диагностика подключённых датчиков и компонентов.

На автомобиле КамАЗ-5490 для снижения скорости без задействования основной тормозной системы используются декомпрессионный тормоз, турботормоз и интардер.

Декомпрессионный тормоз представляет собой выпускной клапан в каждой головке цилиндров, управляемый пневмоприводом.

Турботормоз выполнен в виде заслонки на выходе турбины, перекрывающей поток отработанных газов.

Интардер – тормоз-замедлитель, встроенный в коробку передач. Он соединяется с вторичным валом через пару шестерён с передаточным отношением 1:2, скорость вращения ротора в два раза выше (что позволяет улучшить характеристики тормозного момента на малых скоростях). Интардер установлен перед коробкой передач. На автомобиле КамАЗ-5490 интардер работает в диапазоне снижения скорости движения от 80 до 50 км/час.

При включении в работу тормоза-замедлителя автоматически прекращается подача топлива в цилиндры двигателя. Управление тормозом-замедлителем производится от правого подрулевого переключателя. Блок-схема работы тормоза-замедлителя показана на рисунке 3.

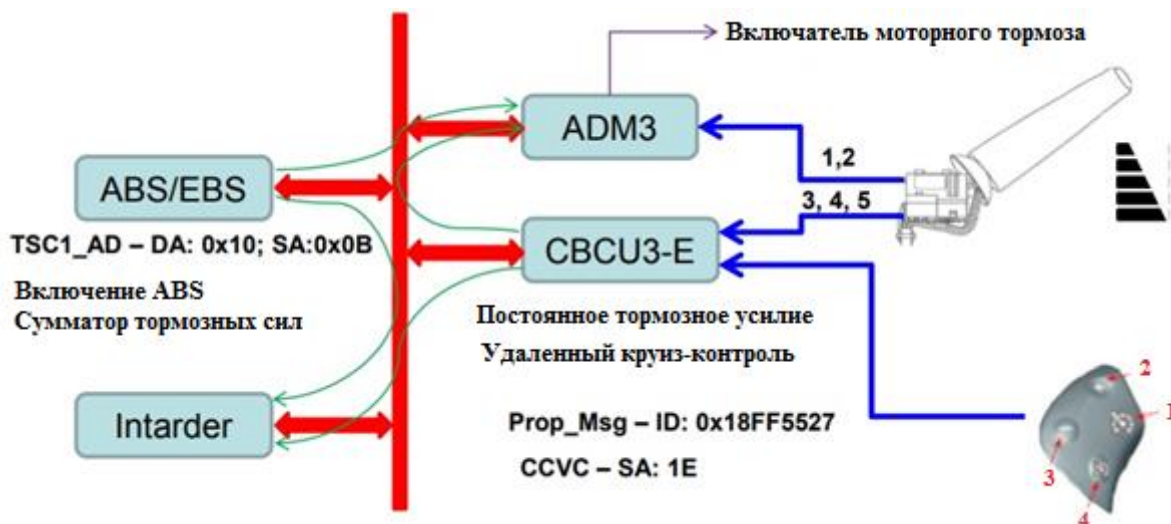


Рис. 3. Работа моторного тормоза и интардера в зависимости от положения подрулевого переключателя:

1 – моторный тормоз-декомпрессор, 2 – турботормоз, 3 – интардер 20-40%,
4 – интардер 40-60 %, 5 – интардер 80-100 %

Тормоз-декомпрессор представляет собой дополнительный (независимый от привода газораспределительного механизма) клапан в головке блока цилиндров, который во время активации моторного тормоза постоянно удерживается в открытом положении. Это позволяет использовать для торможения двигателем энергию, потребляемую кривошипно-шатунным механизмом на такте сжатия рабочей смеси в надпоршневом пространстве цилиндров двигателя.

При движении поршня из нижней мертвой точки в верхнюю мертвую точку (рисунок 4) через постоянный дроссель происходит незначительная утечка воздуха в выпускную систему, что позволяет достигать требуемой работы сжатия. Наибольшее количество сжатого воздуха выходит из камеры во время короткого зависания поршня, предотвращая его расширение в течение такта рабочего хода. При оборотах менее 900 мин^{-1} утечки воздуха через постоянный дроссель возрастают, тормозной эффект уменьшается, система автоматически деактивируется.

Турботормоз – турбина с изменяемой геометрией входного направляющего аппарата (ВНА). При включении моторного тормоза заслонки ВНА поворачиваются и уменьшают поперечное сечение на входе. В результате увеличивается скорость вращения турбины и давление наддува. Таким образом, большее количество воздуха может быть сжато в цилиндре за время такта сжатия, двигатель достигает большей тормозной эффективности. Такая система увеличивает тормозную мощность двигателя в два раза. Для предотвращения недопустимо высокой скорости турбинного колеса реактора, обороты турбины ограничиваются на уровне $90\,000 \text{ мин}^{-1}$.

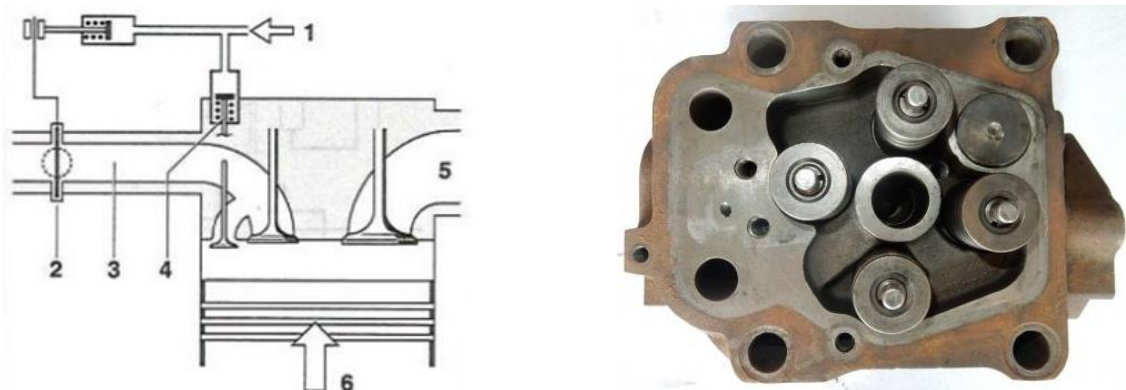


Рис. 4. Моторный тормоз с заслонкой и постоянным дросселем:
1 - сжатый воздух, 2 - заслонка в выпускном коллекторе, 3 - выпускной коллектор,
4 - постоянный дроссель, 5 - впускной канал, 6 – поршень

В статье рассмотрено назначение, размещение и работа основных приборов электрооборудования автомобиля КамАЗ-5490. Знание архитектуры построения электронных систем автомобиля КамАЗ-5490 позволит облегчить процесс поиска неисправного блока в отказавшей электронной системе автомобиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вознесенский А. Н. Бортовые информационно-управляющие системы // Машиностроение: энциклопедия. – М.: Машиностроение, 2012. – 540 с.
2. Асанов А.З., Валеев Д.Х., Савинков А.С. Современная архитектура бортовых информационно-управляющих систем высококомобильных транспортных комплексов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах: труды XV Международная конференция, Самара: СНЦ РАН, 2013. С. 483–488.

УДК 66.021.3

Н. М. Шилов¹, Д. Е. Захаров², С. В. Натарева¹

¹Ивановский государственный химико-технологический университет

²Выксунский металлургический завод

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ РАСЧЕТА АППАРАТА ПРОТОЧНОГО ТИПА ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация: в статье приведена методика расчета аппарата проточного типа для очистки воды от ионов тяжелых металлов проведения, позволяющая определить

габаритные размеры аппарата и концентрацию очищенного раствора в любой момент времени. Сопоставлены результаты расчета и эксперимента. Относительная погрешность не превышает 12 %.

Ключевые слова: емкостной аппарат проточного типа, природный катионит, методика расчета.

N. M. Shilov, D. E. Zakharov, S. V. Natareev

DEVELOPMENT OF A CALCULATION METHOD FOR A FLOW-TYPE APPARATUS FOR WATER PURIFICATION FROM HEAVY METAL IONS

Abstract: the article presents a method for calculating a flow-type apparatus for water purification from heavy metal ions of the conducting, which allows determining the overall dimensions of the apparatus and the concentration of the purified solution at any time. The results of calculation and experiment are compared. The relative error does not exceed 12%.

Keywords: flow-type capacitive apparatus, natural cationite, calculation method.

Водоснабжение является одной из важнейших инженерных задач при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций [1]. Объем выполняемых работ зависит от характера и масштаба аварии или катастрофы, обстановки, сложившейся в результате стихийного бедствия и других факторов. Последствием чрезвычайной ситуации может быть ухудшение качества воды в природных источниках. Поэтому перед подачей воды потребителям она подвергается очистке. Подразделениями МЧС для очистки воды от растворенных примесей используются блочно-модульные станции, в которых предусмотрена ионообменная обработка с помощью синтетических ионитов. В связи с высокой стоимостью данных материалов существует необходимость их замены более дешевыми природными сорбентами, применение которых во многом зависит от выбранной методики расчета ионообменного процесса. В работе приводится методика расчета емкостного аппарата проточного типа с мешалкой (рис. 1).

Ионообменная установка работает следующим образом. В аппарат 1 загружается сорбент и в него подается из емкости 2 с помощью насоса 4 исходный раствор. Расход раствора в аппарат контролируется с помощью ротаметра 5. Очищенный раствор отводится из аппарата самотеком в емкость 3. Задача расчета состоит в определении габаритных размеров аппарата и концентрации очищенного раствора в любой момент времени.

В качестве исходных данных приняты следующие параметры ионообменного процесса: объем раствора в аппарате V , начальная концентрация целевого компонента в растворе C_0 , объем ионита \bar{V} , средняя концентрация целевого компонента в ионите $\bar{C}_{cp,0}$, расход раствора Q , концентрация раствора на входе в аппарат $C_{вх}$, обменная емкость ионита a_0 , радиус частицы ионита r_0 , константа изотермы адсорбции Ленгмюра k , коэффициент внутренней диффузии \bar{D} , шаг

расчет по времени процесса $\Delta\tau$; степень очистки раствора $\eta = 1 - N_k$, где $N_k = C_k/C_{вх}$.

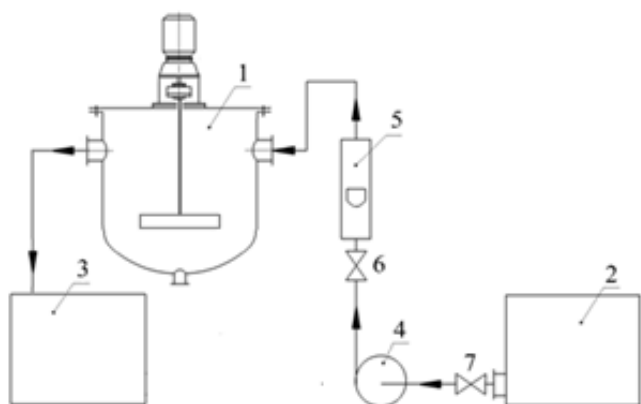


Рис. 1. Схема ионообменной установки:
1 – аппарат емкостного типа с мешалкой;
2 – емкость для исходного раствора;
3 – емкость для отработанного раствора;
4 – насос; 5 – ротаметр; 6, 7 – вентили

Расчет проводится в следующей последовательности.

1. Объем смеси раствора и ионита в аппарате:

$$V_{см} = V + \bar{V}. \quad (1)$$

2. По ГОСТ 20680-2002 «Аппараты с механическими перемешивающими устройствами» выбираем стандартный емкостной аппарат с эллиптическим днищем номинальным объемом V_a , высотой H и диаметром D_a при условиях $V_a > V_{см}$ и V_a не должен отличаться от $V_{см}$ более чем на 5 %.

3. По АТК 24.202.17-90 «Мешалки. Типы, параметры, конструкция, основные размеры и технические требования» выбираем трехлопастную мешалку и принимаем её основные размеры.

4. Коэффициента массоотдачи по жидкой фазе [2]:

$$\beta = 2\sqrt{\frac{D}{\pi\tau'}}. \quad (2)$$

Здесь D – коэффициент диффузии сорбируемого вещества в растворе, m^2/c ; τ' – время обновления поверхности, определяемое из соотношения:

$$\tau' = d_{ч}/\omega_{об}, \quad (3)$$

где $d_{ч}$ – диаметр частицы, м; $\omega_{об}$ – скорость обтекания поверхности ионита жидкостью, м/с.

Величину ω_{06} рассчитывается по уравнению [3]:

$$\omega_{06} = 0,1u_M \left(\frac{\lambda}{D_a} \right)^{1/3}, \quad (4)$$

где u_M – скорость конца лопасти мешалки, м/с; λ – масштаб турбулентной пульсации, м; $\lambda = d_M$.

5. Организация циклов расчета распределения концентрации сорбируемого вещества в ионите по уравнению (5), средней концентрации вещества внутри частицы ионита по уравнению (6) и концентрации раствора по уравнению (7) на i -ом небольшом временном интервале. Расчет заканчивается при достижении заданной степени очистки раствора η .

$$F(\xi, \tau) = \frac{\bar{C}(\xi, \tau)}{\bar{C}_p} = 1 - 2 \int_0^1 \vartheta \left[\frac{\bar{C}_p - \bar{C}_0(\vartheta)}{\bar{C}_p} \right] d\vartheta + \frac{Bi_m (\bar{C}_p - mC_0) J_0(\sqrt{\chi} \xi)}{\bar{C}_p [Bi_m(\sigma+1)J_0(\sqrt{\chi}) - \sqrt{\chi}J_1(\sqrt{\chi})]} e^{-\chi \frac{\bar{D}\tau}{r_0^2}} +$$

$$+ \frac{Bi_m}{\bar{C}_p} \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{\bar{C}_p - mC_0}{(\chi - \mu_n^2)} + \frac{\int_0^1 \vartheta [\bar{C}_p - \bar{C}_0(\vartheta)] J_0(\mu_n \vartheta) d\vartheta}{\mu_n J_1(\mu_n)} \right\} \frac{J_0(\mu_n \xi)}{A_n} e^{-\mu_n^2 \frac{\bar{D}\tau}{r_0^2}}, \quad (5)$$

$$F_{cp}(\tau) = \frac{\bar{C}_{cp}(\tau)}{\bar{C}_p} = 1 - 2 \int_0^1 \vartheta \left[\frac{\bar{C}_p - \bar{C}_0(\vartheta)}{\bar{C}_p} \right] d\vartheta + \frac{2Bi_m (\bar{C}_p - mC_0) J_1(\sqrt{\chi})}{\bar{C}_p \sqrt{\chi} [Bi_m(\sigma+1)J_0(\sqrt{\chi}) - \sqrt{\chi}J_1(\sqrt{\chi})]} e^{-\chi \frac{\bar{D}\tau}{r_0^2}} +$$

$$+ \frac{2Bi_m}{\bar{C}_p} \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{(\bar{C}_p - mC_0) J_1(\mu_n)}{\chi - \mu_n^2} + \frac{\int_0^1 \vartheta [\bar{C}_p - \bar{C}_0(\vartheta)] J_0(\mu_n \vartheta) d\vartheta}{\mu_n} \right\} \frac{e^{-\mu_n^2 \frac{\bar{D}\tau}{r_0^2}}}{\mu_n A_n}. \quad (6)$$

$$N(\tau) = \frac{C(\tau)}{C_{ex}} = 1 - \frac{1}{mC_{BX}} \left\{ \frac{2\sigma Bi_m (\bar{C}_p - mC_0) \sqrt{\chi} J_1(\sqrt{\chi}) \bar{D}\tau}{r_0^2 [Bi_m(\sigma+1)J_0(\sqrt{\chi}) - \sqrt{\chi}J_1(\sqrt{\chi})]} + \bar{C}_p - mC_0 \right\} e^{-\chi \frac{\bar{D}\tau}{r_0^2}} +$$

$$+ \frac{2\sigma Bi_m}{mC_{BX}} \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ \frac{(\bar{C}_p - mC_0) \mu_n J_1(\mu_n)}{\chi - \mu_n^2} + \int_0^1 \vartheta [\bar{C}_p - \bar{C}_0(\vartheta)] J_0(\mu_n \vartheta) d\vartheta \right\} \frac{1}{(\chi - \mu_n^2) A_n} \left(e^{-\mu_n^2 \frac{\bar{D}\tau}{r_0^2}} - e^{-\chi \frac{\bar{D}\tau}{r_0^2}} \right), \quad (7)$$

где $A_n = \left[\frac{2Bi_m \sigma \mu_n}{(\chi - \mu_n^2)^2} + \frac{Bi_m}{2\mu_n} \right] J_1(\mu_n) + \left[\frac{1}{2} + \frac{Bi_m \sigma}{(\chi - \mu_n^2)} \right] J_0(\mu_n)$; $Bi_m = \frac{\beta r_0}{mD}$; $\sigma = \frac{\bar{V}m}{V}$; $\chi = \frac{Qr_0^2}{VD}$;

$m = \frac{a_0 k}{(1 + kC_{p.i})^2}$; \bar{C}_p – равновесное значение адсорбции; μ_n – корни характеристического уравнения:

$$\frac{J_0(\mu)}{J_1(\mu)} = \frac{\mu(\chi - \mu^2 + 2\sigma Bi_m)}{(\chi - \mu^2) Bi_m}, \quad (8)$$

Блок–схема алгоритма расчета емкостного ионообменного аппарата проточного типа показана на рис. 2.

Для проверки справедливости разработанной методики были проведены экспериментальные исследования процесса очистки воды от ионов цинка на композиционном катионите из отходов древесины и хитозана (КДХК). Для опытов использовали емкостной аппарат с эллиптическим днищем, изготовленный из полипропилена. Аппарат имел следующие размеры: внутренний диаметр аппарата $D_a = 0,1$ м; высота аппарата $H_a = 0,13$ м; рабочий объем аппарата $V_a = 9,1 \cdot 10^{-4}$ м³. Перемешивание суспензии проводили двухлопастной мешалкой, изготовленной из нержавеющей стали. Мешалка имела следующие размеры: диаметр $d_m = 0,055$ м; ширина лопасти $h_m = 0,01$ м. Частота вращения мешалки составляла 5 с^{-1} . Основные показатели работы емкостного аппарата проточного типа приведены в таблице.

Для расчета ионообменной сорбции были приняты следующие параметры процесса [4]: $a_0 = 0,239 \text{ кг-экв/м}^3$; $k=240$; $d_{\text{ч}} = 1,6 \cdot 10^{-3}$ м; $\bar{D} = 7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ при $C_{\text{вх}} = 0,005 \text{ кг-экв/м}^3$; $\bar{D} = 1,2 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ при $C_{\text{вх}} = 0,01 \text{ кг-экв/м}^3$; $\bar{D} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ при $C_{\text{вх}} = 0,05 \text{ кг-экв/м}^3$; $\bar{D} = 2,9 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$ при $C_{\text{вх}} = 0,1 \text{ кг-экв/м}^3$; $\Delta\tau = 100 \text{ с}$.

На рис. 3 приведено сопоставление результатов расчета выходных кривых ионного обмена с экспериментальными данными.

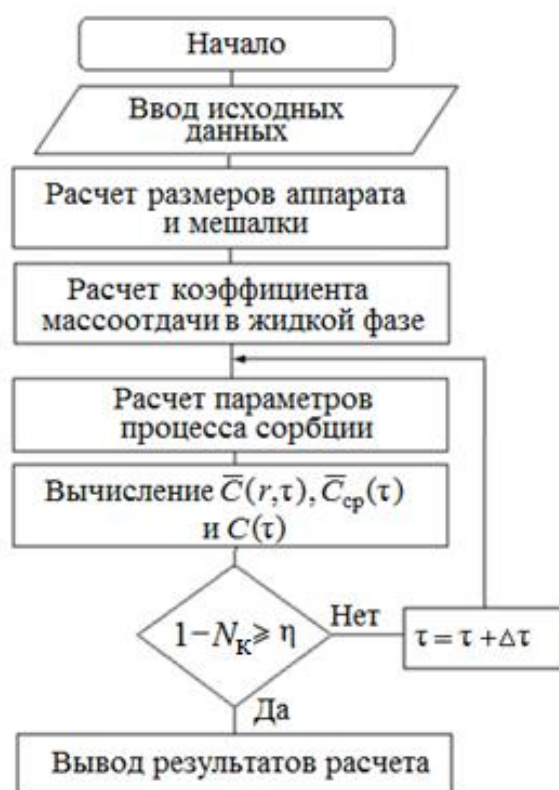


Рис. 2. Блок–схема алгоритма расчета емкостного аппарата проточного типа

Таблица. Основные показатели работы емкостного аппарата проточного типа

Показатель	Обмен $Zn^{2+}-Na^+$	
Катионит (форма)	КДХК (Na^+)	
Исходный раствор	$ZnSO_4$	
$V \cdot 10^4, м^3$	8,65	8,75
$\bar{V} \cdot 10^5, м^3$	4,5	3,5
$V/\bar{V}, м^3/м^3$	19,2	25
$Q \cdot 10^6, м^3/с$	2,5; 3,6	
$C_{вх}, кг-экв/м^3$	0,005–0,1	
$C_0, кг-экв/м^3$	0	

Из анализа выше приведенных кривых следует, что разработанная методика расчета ионного обмена в емкостном аппарате проточного типа удовлетворительно отражает реальную физическую картину процессов. Расхождение результатов расчета от экспериментальных данных не превышает 12 %. Методика расчета рекомендуется для практического применения.

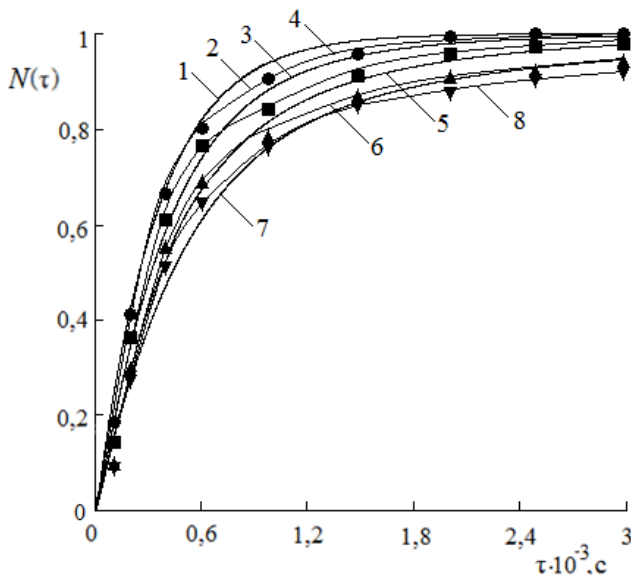


Рис. 3. Сравнение расчетных (1, 3, 5, 7) и экспериментальных (2, 4, 6, 8) выходных кривых процесса ионного обмена $Zn^{2+}-Na^+$ на КДХК в емкостном аппарате проточного типа:
 $Q = 2,5 \cdot 10^{-6} м^3/с; V = 8,65 \cdot 10^{-4} м^3;$
 $\bar{V} = 4,5 \cdot 10^{-5} м^3; C_0 = 0; C_{вх}, кг-экв/м^3:$
 1, 2 – 0,1; 3, 4 – 0,05;
 5, 6 – 0,01; 7, 8 – 0,005

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подолько П.М. Снабжение населения питьевой водой в условиях чрезвычайных ситуаций // Технологии техносферной безопасности. – 2017. – Вып. 1 (17). – С. 1–9.
2. Данкверст, П. Газо-жидкостные реакции / П. Данкверст. – М.: Химия, 1973. – 296 с.
3. Фроленкова, Т.М. Расчет коэффициентов массопередачи для процесса ионообменной сорбции в аппарате с мешалкой на основе современных теорий массопереноса / Т.М. Фроленкова, Н.М. Корольков, Р.Я. Карклинь // Массообмен в химической технологии. Сб. Статей. – Рига, 1971. – С. 33–37.
4. Захаров Д.Е., Натарева С.В., Сироткин А.А. Очистка отработанных технологических растворов от ионов тяжелых металлов в емкостном аппарате проточного типа // Современные решения научных и производственных задач в химии и нефтехимии. III Международная конференция: сборник материалов международной конференции. – Казань: Редакционно-издательский центр «Школа», 2018. – С. 561-568.

УДК 621.9

Д. И. Ширстов¹, Е. В. Зарубина¹, Т. В. Шмелева²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²Ивановский государственный энергетический университет имени В. И. Ленина

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ

Аннотация: Устройство по обследованию систем противопожарного водоснабжения на водоотдачу с определением прочностных характеристик соединений. Применяется пожарная колонка.

Ключевые слова: Обследование, система водоснабжения, пожарная колонка, надежность системы водоснабжения.

D. I. Shirstov, E. V. Zarubina, T. V. Chmeleva

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A DEVICE FOR INSPECTION OF FIRE-FIGHTING WATER SUPPLY SYSTEMS

Abstracts: A device for the inspection of fire-fighting water supply systems for water recovery with the determination of the strength characteristics of the joints. A fire column is used.

Keywords: Inspection, water supply system, fire pump, reliability of the water supply system.

Разработанное нами измерительное устройство, представленное на рисунке 1 исследуем на прочность.

Для оценки прочности патрубка с расходомером, а также для определения передаваемых им усилий на оборудование проводится полный расчет установки. Он складывается из ряда расчетов (этапов), каждый из которых выполняется на совместное действие определенного сочетания нагружающих факторов.

Максимальные нагрузки на патрубки выбираются:

- по категории $(\sigma)_2$ из этапа I (действие давления и веса);



Рис. 1. Ультразвуковой расходомер на пожарной колонке

- по категории $(\sigma)_{RK}$ из этапа III (действие всех нагружающих факторов включая температурные).

Патрубок должен быть спроектирован таким образом, чтобы он мог выдерживать предельные нагрузки, которые выдерживает примыкающая пожарная колонка с весом расходомера, прикрепленного полугайками.

При разработке измерительного устройства были проанализированы условия нагружения всего патрубка, начиная от полугайки со сварным швом. При анализе всех полученных результатов было выявлено, что взятые значения F_p и M_p для трубопроводов 80x4 и 80x9 мм по категории σ_{RK} являются недопустимыми для самих трубопроводов, то есть в трубопроводе 80x4 мм в расчете был учтен монтажный натяг, и, следовательно, в этом случае необходимо было приводить силовые факторы для «холодного» состояния по отдельности; для трубопровода 80x9 мм приведены максимальные нагрузки из разных условий эксплуатации, а расчет ведется по консервативным допускаемым напряжениям.

Анализ методики расчета трубопроводов показал, что основной вклад в приведенное напряжение вносит составляющая от давления. Резерв от допускаемого приведенного напряжения на осевую силу и эквивалентный изгибающий момент составляет

$$\sigma(N_z, M) = [\sigma]_2 - \sigma_{zp} + \sigma_r, \quad (1)$$

где $[\sigma]_2$ допускаемое напряжение

$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$ - эквивалентный изгибающий момент.

Эквивалентный изгибающий момент и в расчете сварного шва должен приниматься в наиболее опасном направлении. В работе определен вклад от давления, осевой силы и эквивалентного момента в напряжение σ_z , а также вклад осевой силы и эквивалентного момента в напряжение $\sigma(N_z, M)$. Полученные соотношения используются при определении допустимой нагрузки.

При отсутствии крутящего момента главные напряжения совпадают по значению с окружными, осевыми и радиальными напряжениями. Влияние крутящего момента оценено по его вкладу в максимальное главное напряжение:

$$\frac{\sigma_1 - \max(\sigma_\varphi; \sigma_z)}{\sigma_1}. \quad (2)$$

Основной вклад в приведенное напряжение вносит составляющая от давления. Соотношение по вкладу в напряжение от осевой силы и изгибающего момента составляет соответственно 5% и 95%. С учетом возможного крутящего момента (10% от приведенных напряжений) принят коэффициент 0,9 для изгибающего момента. Отсюда: - максимально допустимая осевая сила равна

$$F_B = 0,05 \cdot \sigma (F_B, M_B) \cdot A_S; \quad (3)$$

- максимально допустимый изгибающий момент равен

$$M_B = 0,9 \cdot \sigma (F_B, M_B) \cdot W \cdot \phi_w, \quad (4)$$

где ϕ_w - используется для трубопроводов;

$$M_{KB} = 0,1 \cdot ([\sigma]_2 + \sigma_r) \cdot W \cdot 2 \quad (5)$$

$\sigma (F_B, M_B)$ рассчитывается по формуле (1).

Для примера рассмотрена выбранная нами труба 250x80 мм с максимально разрешенной внутренней проточкой равной 10% от толщины стенки трубы (5,25 мм) и протяженностью, равной половине наружного диаметра (255,3 мм). Значения, полученных для такой трубы разрушающих нагрузок сравнивались со значениями для трубы без расточки. В расчете использована диаграмма идеального упруго-пластичного материала (диаграмма Прандтля) с пределом длительной прочности за $3 \cdot 10^5$ ч равным 84 МПа.

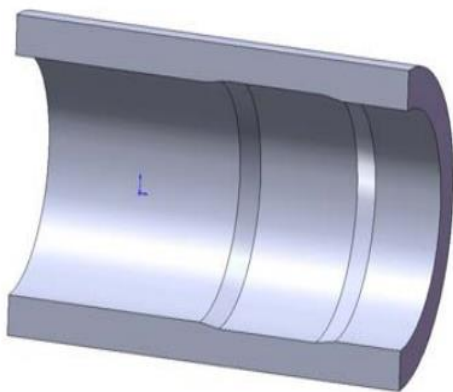


Рис. 2. Разрез трубопровода с максимально допустимой расточкой в месте сварки

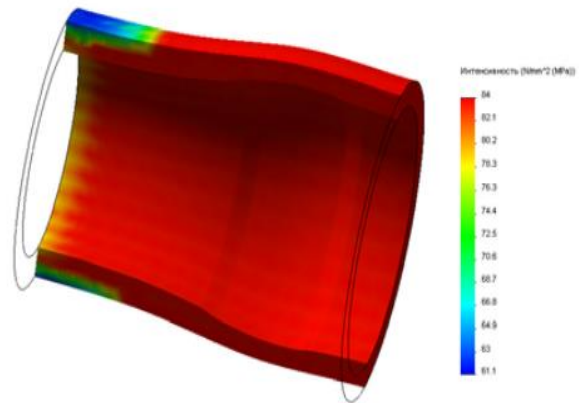


Рис. 3. Распределение интенсивности напряжений при действии давления

Получили $N = 87,5$ кН; $M_y = 127$ кН·м; $M_{кр} = 87,5$ кН·м. Для оценки влияния каждого из силовых факторов патрубка с расходомером в целом проведено сравнение результатов расчета патрубка без расточки и патрубка с расточкой. Результаты сравнения приведены в таблице 1.

Результаты предельного расчета на фактическое соотношение силовых факторов при постоянном давлении $P = 16,3$ МПа приведены в таблице 2.

Таблица 1. Сравнение результатов расчета трубы без расточки и трубы с расточкой

Нагрузка	Труба без расточки	Труба с расточкой	Снижение разрушающей нагрузки, %
Давление, МПа	24,542	23,33	4,94
Изгибающий момент, кН·м	570,38	553,81	2,91
Крутящий момент, кН·м	450	423	6
Растягивающая сила, МН	4,9589	4,4609	10,04

Таблица 2. Результаты предельного расчета

Нагружающий фактор	Предельное значение	Принятые допустимые нагрузки
Изгибающий момент трубопровода, кН·м	160	127
Крутящий момент трубопровода, кН·м	60,7	48,2
Осевое усилие со стороны трубопровода, кН	110	87,5

Из анализа результатов видно, что основной вклад вносит давление, причем снижение толщины на 10 % приводит к снижению мембранных напряжений на 10% только от осевой силы. Из рассмотренных соотношений силы и моментов на осевую силу приходится только 5%, что приводит к реальному снижению от осевой силы лишь на 0,5%. Предельный расчет показал, что прочность трубы с расточкой обеспечена. Таким образом, получено подтверждение того, что при выполнении расточки согласно всем требованиям допускается не учитывать влияние расточки при выборе максимально допустимых нагрузок на патрубок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Н.С. Горячев, С.М. Убайдаев, Е.В. Зарубина. Разработка и исследование устройств для обследования систем противопожарного водоснабжения. // Материалы V Международная научно-практическая конференция «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». Иваново, 14 октября 2021 г. С. 238;
2. С.М. Убайдаев, Н.С. Горячев, Е.В. Зарубина, Т.В. Шмелева*. Исследование устройств для для обследования систем противопожарного водоснабжения и разработка рекомендаций по их усовершенствованию. // Материалы V Международная научно-практическая конференция «Современные пожаробезопасные материалы и технологии». Иваново, 14 октября 2021 г. С. 368.

УДК 621.713.3

А. С. Щербина¹, Е. А. Жирнова¹, Л. Г. Малышевская²

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

²ФГБОУ ВО Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КАЛИБРА-СКОБЫ ПРИ КОНТРОЛЕ ВАЛА

Аннотация: Проведен расчёт вала диаметром 25 мм 6 качества в соответствии с нормами взаимозаменяемости для обоснования выбора нерегулируемого гладкого одностороннего калибра-скобы. Правильный выбор калибров позволяет повысить уровень надёжности и долговечности изделий машиностроительного комплекса.

Ключевые слова: средство измерения, гладкий калибр, калибр-скоба, вал.

A. S. Shcherbina, E. A. Zhirnova, L.G. Malyshevskaya

JUSTIFICATION OF THE CHOICE OF THE BRACKET GAUGE WHEN CHECKING THE SHAFT

Abstracts: The calculation of a shaft with a diameter of 25 mm of 6 quality was carried out in accordance with the norms of interchangeability to justify the choice of an unregulated smooth one-sided gauge-a bracket. The correct choice of calibers allows you to increase the level of reliability and durability of products of the machine-building complex.

Keywords: measuring instrument, smooth gauge, gauge-bracket, shaft.

Основной деятельностью оборонной промышленности Российской Федерации является производство ракетно-космической техники. В работе большинства нынешних машин и механизмов активно используется вращательное движение деталей. Для выполнения такого вращения используются специальные элементы – валы и оси. Условия, прописанные в техпроцессах, обязательны как к итоговым, так и к промежуточным размерам. Несоблюдение операционных размеров, которые могут быть минимальными, может привести к бракованию детали, в связи с тем, что на дальнейшей операции не всегда получится достигнуть запрашиваемой точности размеров и геометрической формы. Поэтому контроль валов является неотъемлемой частью работы метрологической службы на машиностроительном предприятии.

Невзирая на наличие огромного множества приборов и устройств для контроля валов, измерение диаметра валов при помощи калибров гарантирует

наиболее высокую надёжность и долговечность механизмов. В связи с этим, при производстве инструментов используют калибры для их контроля.

Калибр – это средство контроля, которое отображает геометрические показатели элементов изделия, гладкий калибр – калибр с гладкой рабочей плоскостью.

Калибр-скоба - калибр с рабочими поверхностями, расположенными на внутренней входной части скобы, для контроля валов, в мелкосерийном и единичном производстве калибры-скобы изготавливают из листа, в крупносерийном и массовом — из поковок и отливок (рис. 1).

Для контроля валов применяют предельные и регулируемые калибры-скобы. Предпочтение отдают односторонним предельным калибрам. Они сокращают время контроля изделий и расход материала.

Для контроля валов применяют предельные и регулируемые калибры-скобы. Предпочтение отдают односторонним предельным калибрам. Они сокращают время контроля изделий и расход материала.

По назначению предельные калибры подразделяют на рабочие, приемные и контрольные.

На заводе операторы и наладчики оборудования, а также контролеры используют рабочие калибры, они предназначены для контроля деталей в процессе их изготовления [1].

Целью работы является обоснование выбора калибра скобы для контроля вала путем расчета в соответствии с нормами взаимозаменяемости.

Находим предельные отклонения по ГОСТ 25347-2013 для вала $\varnothing 25h6$ [2]:

$$es = 0 \text{ мм};$$

$$ei = - 0,013 \text{ мм}.$$

Далее необходимо рассчитать наибольший и наименьший предельные размеры вала:

$$d_{max} = d_{ном} + es = 25 + 0 = 25 \text{ мм},$$

$$d_{min} = d_{ном} + ei = 25 - 0,013 = 24,987 \text{ мм}.$$

По ГОСТ 24853-81 для 6-го качества и интервала размеров 18...30 мм находим данные для расчета размеров калибров, мкм [3]:

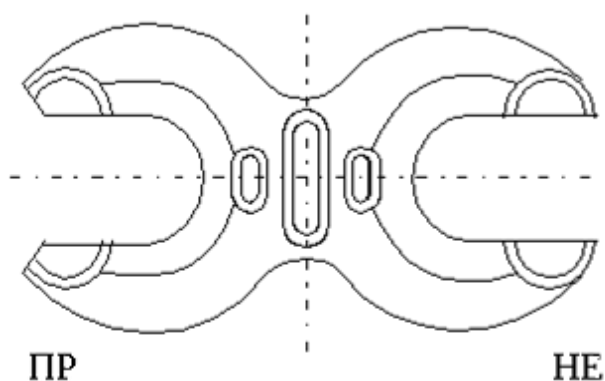


Рис. 1. Калибр-скоба

$$Z_1 = 3, \quad Y_1 = 3, \quad H_1 = 4, \quad H_p = 1,5.$$

Z_1 – отклонение середины поля допуска на изготовление проходного калибра для вала относительно наибольшего предельного размера изделия; Y_1 – допустимый выход размера изношенного проходного калибра для вала за границу поля допуска изделия; H_1 – допуск на изготовление рабочего калибра-скобы; H_p – допуск на изготовление контрольного калибра для скобы.

$$ПР_{max} = d_{max} - Z_1 + \frac{H_1}{2} = 25 - 0,003 + \frac{0,004}{2} = 24,999 \text{ мм},$$

$$ПР_{min} = d_{max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 25 - 0,003 - \frac{0,004}{2} = 24,995 \text{ мм}.$$

Следующим этапом определяем наибольший и наименьший размеры непроходной части калибра – скобы:

$$HE_{max} = d_{min} + \frac{H_1}{2} = 24,987 + \frac{0,004}{2} = 24,989 \text{ мм},$$

$$HE_{min} = d_{min} - \frac{H_1}{2} = 24,987 - \frac{0,004}{2} = 24,985 \text{ мм}.$$

Определяем предельный размер изношенной стороны калибра:

$$ПР_{изн} = d_{max} + Y_1 = 25 + 0,003 = 25,003 \text{ мм}.$$

После определяем исполнительные размеры калибра – скобы:

$$ПР_{исп} = ПР_{min}^{+H} = 24,995^{+0,004} \text{ мм},$$

$$HE_{исп} = HE_{min}^{+H} = 24,985^{+0,004} \text{ мм}.$$

Находим наибольший и наименьший предельные размеры контрольного проходного калибра-скобы:

$$К - ПР_{max} = d_{max} - Z_1 + \frac{H_p}{2} = 25 - 0,003 + \frac{0,0015}{2} = 24,998 \text{ мм},$$

$$К - ПР_{min} = d_{max} - Z_1 - \frac{H_p}{2} = 25 - 0,003 - \frac{0,0015}{2} = 24,996 \text{ мм}.$$

Находим наибольший и наименьший предельные размеры контрольного калибра для контроля износа:

$$K - И_{max} = d_{max} + Y_1 + \frac{H_p}{2} = 25 + 0,003 + \frac{0,0015}{2} = 25,004 \text{ мм},$$

$$K - И_{min} = d_{max} + Y_1 - \frac{H_p}{2} = 25 + 0,003 - \frac{0,0015}{2} = 25,002 \text{ мм}.$$

Находим наибольший и наименьший предельные размеры контрольного непроходного калибра:

$$K - НЕ_{max} = d_{min} + \frac{H_p}{2} = 24,987 + \frac{0,0015}{2} = 24,988 \text{ мм},$$

$$K - НЕ_{min} = d_{min} - \frac{H_p}{2} = 24,987 - \frac{0,0015}{2} = 24,986 \text{ мм}.$$

Строим схему расположения полей допусков калибра-скобы (рис. 2).

После проведенных расчетов выбираем калибр-скобу по ГОСТ 18360-93, подходящую для контролируемого вала (рис. 3) [4].

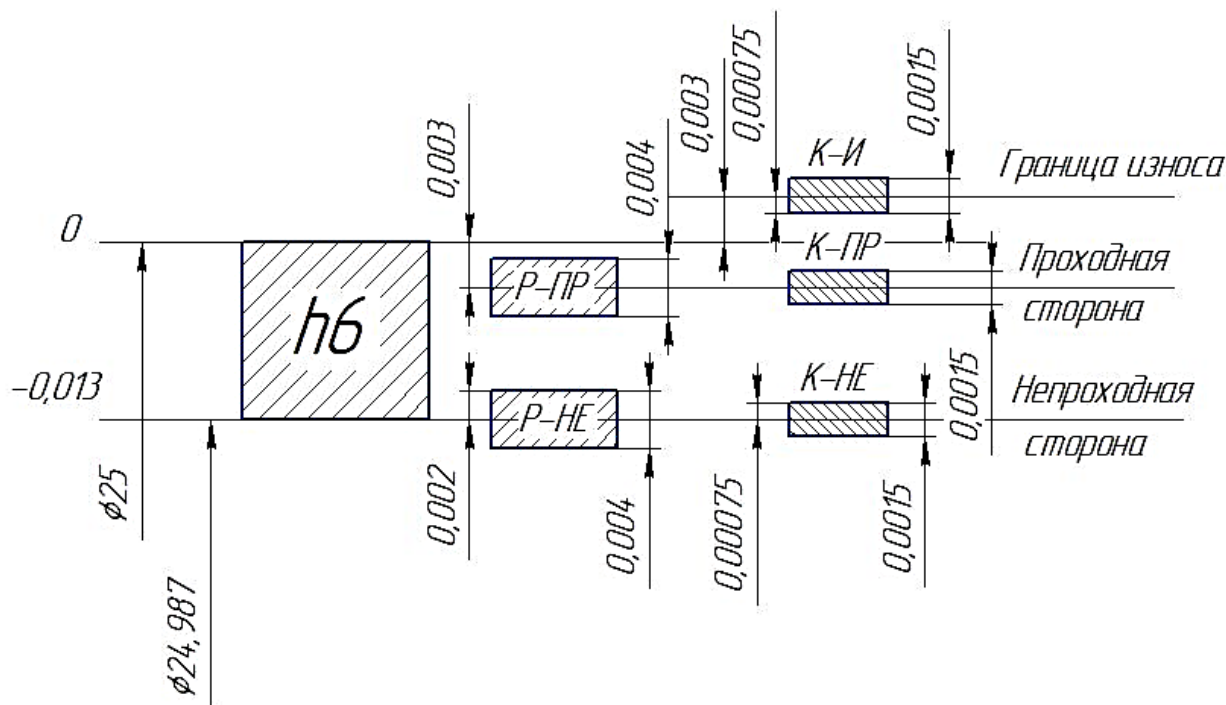


Рис. 2. Схема полей допусков калибра-скобы для контроля деталей соединения $\phi 25h6$

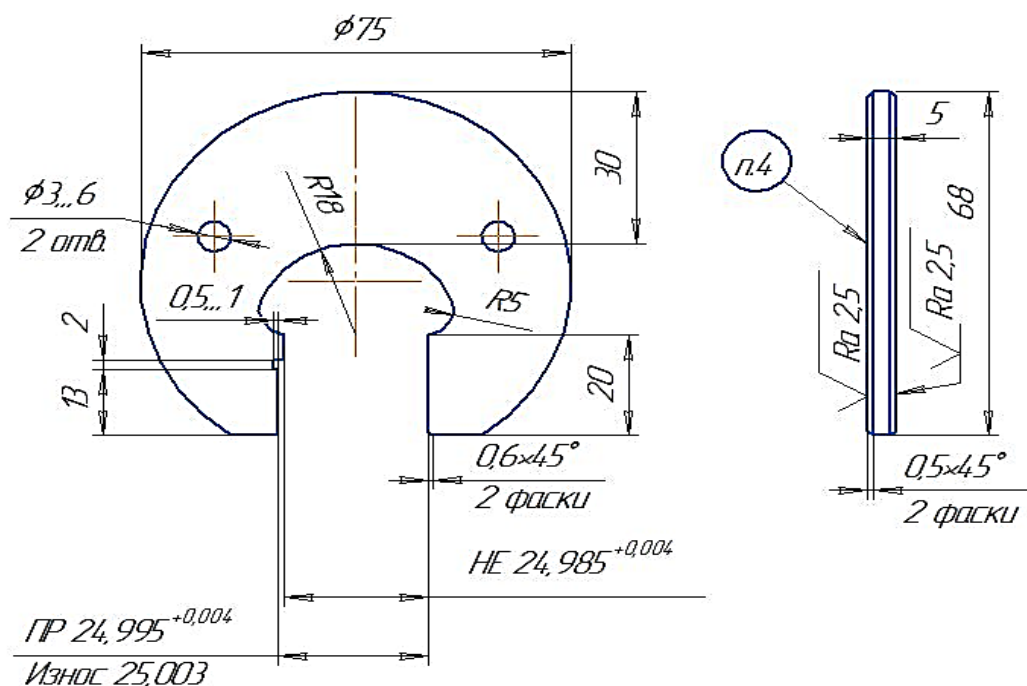


Рис. 3. Чертеж калибра-скобы $\phi 25h6$

При контроле гладкими калибрами для сохранения высокого уровня надежности и долговечности машин следует соблюдать ряд правил. В частности, при контроле валов применять только калибры, предназначенные для конкретного случая. Необходимо соблюдать чистоту измерительных поверхностей, не пытаться силой продавливать проходные и непроходные калибры, для предотвращения нагрева не следует удерживать калибры в руках дольше, чем это необходимо. А также, для достаточно правдоподобных результатов необходимо своевременно проводить контроль гладких калибров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кривина, Т.Е. Выбор средств измерения и контроля геометрических параметров деталей машин: учебное пособие / Т.Е. Кривина, Н.В. Захарова; Сиб гос. аэрокосмич. ун-т. – Красноярск, 2013. 184 с.
2. ГОСТ 25347-2013 Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов. [Текст]. – Введ. 2015-07-01. – Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. N 44-2013).
3. ГОСТ 24853-81 Калибры гладкие для размеров ДО 500 мм. Допуски. [Текст]. – Введ. 1983-01-01. – Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 23.06.81 N 3066. Настоящий государственный стандарт разработан методом

прямого применения международной рекомендации ИСО Р 1938-71 «Допуски и посадки по системе ИСО. Часть 2. Контроль гладких деталей».

4. ГОСТ 18360-93 Калибры-скобы листовые для диаметров от 3 до 260 мм. Размеры. [Текст]. – Введ. 1995-01-01. – Постановлением Комитета Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 02.06.94 № 160 межгосударственный стандарт ГОСТ 18360-93 введен в действие непосредственно в качестве государственного стандарта Российской Федерации с 01.01.95.

УДК 629.373

*У. П. Юнкина¹, М.Ю. Яковенко¹ Д. В. Кушляев²,
О. В. Кушляева², В. Ф. Кушляев¹*

¹ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России»

²НТЦ АО «Машлес»

К МЕТОДИКЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАНИПУЛЯТОРА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО БЕЗОПАСНОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ МАШИНЫ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Аннотация: В статье выполнено обоснование закона управления манипулятора, дается расчет параметров гидроуправления, разработаны алгоритмы оптимизации компоновки манипулятора, по косвенным показателям металлоемкости, рассматривается расчет параметров манипулятора машины для аварийно-спасательных и других неотложных работ (аварийно-спасательные, пожарно-спасательные работы, заготовка леса из противопожарных просек, зараженного радиацией, изъеденного короедом и сухостойного леса после лесных пожаров).

Ключевые слова: исходные предпосылки, косвенный показатель металлоемкости манипулятора, обобщенный критерий, проектные параметры, алгоритмы оптимизации компоновки манипулятора, критерий оптимальности проектирования, параметры гидроуправления, модульный принцип компоновки.

*U. P. Yunkina, M.Y. Yakovenko, D. V. Kushlyayev,
O. V. Kushlyayeva, V. F. Kushlyayev*

TO THE METHODOLOGY OF DESIGNING A MANIPULATOR THAT ENSURES THE SAFE OPERATION OF THE MACHINE IN EMERGENCY SITUATIONS

Abstracts: The article substantiates the manipulator control law, calculates the parameters of hydraulic control, develops algorithms for optimizing the layout of the manipulator, according to indirect indicators of metal consumption, considers the calculation of the parameters of the manipulator of the machine for emergency rescue and other urgent work (emergency rescue, fire rescue, logging from fire-fighting glades, contaminated with radiation, bark beetle-eaten and dry-resistant forests after forest fires).

Keywords: initial prerequisites, indirect indicator of metal consumption of the manipulator, generalized criterion, design parameters, algorithms for optimizing the layout of the manipulator, optimal design criterion, hydraulic control parameters, modular layout principle.

В период разработки гусеничных транспортно-технологических машин (ТТМ), различного функционального назначений, в том числе для нужд МЧС России, лесной промышленности были разработаны методики оптимального проектирования машины, шасси, технологического (навесного) оборудования. В частности для заводов: Сыктывкарский машиностроительный, Ухтинский механический и Великолукские «Торфмаш» и «Лесхозмаш», научными центрами АО НТЦ «Машлес», ЦНТОлеспром, было выполнено оптимальное проектирование манипулятора, рабочего органа, толкателя, аутригеров [1,2,3,4,5,7].

Методика, изложенная с учетом требований оптимального проектирования манипулятора ТТМ для аварийно-спасательных и других неотложных работ (в том числе машин, обеспечивающих разрубку противопожарных просек и тушение лесных пожаров) включает следующие разделы [1,3,5,7]:

- Исходные предпосылки. Критерий оптимальности компоновки манипулятора.
- Расчет параметров компоновочно-кинематической схемы манипулятора.
- Расчет параметров компоновки гидропривода.
- Обоснование закона управления гидропривода. Расчет параметров гидроуправления.
- Блок-схема оптимизации компоновки манипулятора по косвенным показателям металлоемкости.
- Пример расчета оптимальной компоновки манипулятора транспортно-технологической машины.

Принимая во внимание, что объем методики с рисунками и таблицами составляет более 180 страниц машинописного текста рекомендуется опубликовать основной материал в виде нескольких статей.

Цель настоящей работы рассмотреть исходные предпосылки к выбору критерия и обоснованию структуры методики оптимального проектирования манипулятора транспортно-технологических машин, расчет параметров гидроуправления, разработка алгоритмов оптимизации компоновки манипулятора (по косвенным показателям металлоемкости), расчет параметров манипулятора ТТМ, эксплуатируемых в условиях низких и сверхнизких температур (Крайний Север, Арктическая зона Российской Федерации). Одновременно целью публикации настоящего материала является практический характер. Авторы надеются получить заявки от отечественных машиностроительных заводов и зарубежных фирм на оптимизацию параметров разрабатываемых и выпускаемых манипуляторов [1,2-5,6,7].

Районы Крайнего Севера, Арктическая зона Российской Федерации находятся под постоянной угрозой возникновения чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера. Больше всего рисков связано с освоением новых месторождений углеводородов, разработкой лесонасаждений, авариями на транспорте, взрывами и пожарами оборудования, разрушением зданий и сооружений [7,8].

На основе всевозможных рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного, техногенного и биолого-социального характера выделяются следующие факторы, определяющие эксплуатационные свойства ТТМ [6,7].

ОБОСНОВАНИЕ ЗАКОНА УПРАВЛЕНИЯ. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОУПРАВЛЕНИЯ

Анализ исследования нагруженности лесных машин с манипуляторами показывает, что наиболее существенные динамические нагрузки на металлоконструкцию и гидропривод манипулятора появляются в режимах его движения. В машинах, имеющих нерегулируемый гидропривод, по каждому каналу управления манипулятором реализуется релейный закон управления. Каждое включение – выключение гидропривода при таком типе управления сопровождается импульсным изменением потока рабочей жидкости в гидроприводе от 0 до Q_n и наоборот (время переключения золотника для серийных распределителей составляет порядка 0,10–0,15с). Это обуславливает значительные динамические нагрузки на манипулятор в пуско-тормозных режимах его движения [2,3,5,7].

Обеспечению качественного управления манипулятором (снижение динамики манипулятора, расширение операторских возможностей) наиболее полно отвечает применение пропорциональных клапанов по основным каналам управления (поворот колонны, движение стрелы и рукояти). При наличии корректирующего устройства пропорциональный клапан позволяет строго реализовать пропорциональный закон управления звеньями манипулятора, который соответствует плавным безударным пуско-тормозным режимам движениям манипулятора. Если организовать на базе данной аппаратуры отработку пропорционального закона управления параметрами, меняющимися в зависимости от нагрузки на манипулятор, то таким образом можно построить адаптивную систему управления. Под пропорциональным законом управления понимают изменение подачи рабочей жидкости через распределитель (клапан) на исполнительный механизм в линейной зависимости от времени, т. е.

$$Q = k * t, \quad (1)$$

где K – коэффициент, характеризующий интенсивность нарастания подачи.

Рассматривая в качестве косвенного показателя металлоемкости и быстродействия на этапе проектирования и компоновки гидропривода полезный

объем гидроцилиндров, формализуем данную величину для решения задачи оптимизации параметров управления стрелой и рукоятью манипулятора. Будем полагать, что за время пуска или торможения перемещения манипулятора настолько малы, что можно приближенно принять постоянным плечи гидроцилиндров и моменты инерции манипулятора и рукояти вместе с рабочим органом.

За расчетный случай нагружения гидропривода стрелы примем создание требуемого управляющего момента на максимальном вылете манипулятора. Тогда в соответствии с принципом Даламбера имеем

$$M_{упр.с} = n_{цс} P_{цс} h_{цс}^{max} = M_{ст.с} + I_{пр.с} E_c \quad (2)$$

где $M_{ст.с}$ – статический момент сил от веса груза, звеньев и рабочего органа манипулятора относительно оси шарнирной опоры стрелы;

$J_{пр.с}$ – приведенный момент инерции груза, звеньев и рабочего органа манипулятора относительно оси шарнирной опоры стрелы;

E_c – угловое ускорение;

$h_{цс}$ – количество гидроцилиндров привода стрелы.

Статистический момент сил $M_{ст.с}$ складывается

$$M_{ст.с} = M_{гр} + M_{ст.с} \quad (3)$$

где $M_{гр}$ – заданный грузоподъемный момент. манипулятора;

$M_{ст.с}$ – статический момент сил от веса звеньев и рабочего органа манипулятора.

В качестве расчетного случая нагружения гидропривода рукояти примем создание требуемого управляющего момента для подтаскивания дерева при перпендикулярном к стреле положении рукояти

$$M_{упр.р} = P_{цр} h_{ур}^{max} = M_{сп.р} + J_{пр.р} E_p \quad (4)$$

где $M_{сп.р}$ – момент сил сопротивления подтаскиванию дерева относительно оси шарнирного сочленения стрелы и рукояти;

$J_{пр.р}$ – приведенный момент инерции рукояти вместе с грузом и рабочим органом относительно оси шарнирного сочленения стрелы и рукояти;

E_p – угловое ускорение рукояти.

Для схемы привода рукояти в формуле (4) и последующих выражениях для определения параметров управления рукояти вместо величины $h_{ур}^{max}$ принимается величина, учитывающая передаточную функцию рычажной системы привода, в виде $h_{цр}^* R_p^*$ определенная при угле поворота рукояти $\varphi = 90^\circ$.

Момент сопротивления подтаскиванию дерева определится по формуле

$$M_{\text{сп.р}} = m_{\text{д}}g \cdot f_c \cdot l_p \cdot \sin \varphi_* + M_{\text{ст.р}}$$

где $m_{\text{д}}$ – масса расчетного дерева;

f_c - коэффициент сопротивления волочению дерева;

φ_* - угол поворота стрелы при минимальной высоте положения рабочего органа над поверхностью земли ($h_{\text{д}} = 0$) и угле поворота рукояти $\varphi = 90^\circ$;

$M_{\text{ст.р}}$ - статический момент сил от веса рукояти и рабочего органа манипулятора относительно оси шарнирного сочленения стрелы и рукояти.

В целом, данный расчетный случай представлен из соображений учета экстремальных условий при подтаскивании дерева, когда почти вся его масса опирается на землю. Исходя из заданного грузоподъемного момента, допускается нагрузка на захватное устройство манипулятора от силы тяжести расчетного дерева, определяемая по формуле

$$F_{\text{в}} = \eta_{\text{д}} m_{\text{д}} g = \frac{M_{\text{гр}}}{l_c - (l_p + l_{\text{т}}) \cos \varphi_{\text{к}}}$$

где $\eta_{\text{д}}$ - доля силы тяжести дерева, действующая на манипулятор.

В формуле величина $l_c - (l_p + l_{\text{т}}) \cos \varphi_{\text{к}}$ представляет собой плечо нагрузки $F_{\text{в}}$ на манипулятор при горизонтальном положении стрелы и предельном разложении стрелы и рукояти. Угол $\varphi_{\text{к}}$ при условии, что $\varphi = 90^\circ$ и $h_{\text{д}} \approx 0$, определится из кинематической схемы следующим образом

$$\varphi_* = \arccos \frac{h_3 - h_{\text{к}} - h_0}{\sqrt{l_c^2 + l_p^2}} - \operatorname{arctg} \frac{l_p}{l_c}$$

С учетом последних двух выражений формула для определения момента, сопротивления подтаскиванию дерева примет вид

$$M_{\text{сп.р}} = M_{\text{гр}} \frac{l_p}{\eta_{\text{д}} [l_c - (l_p + l_{\text{т}}) \cos \varphi_{\text{к}}]} f_c \sin \left[\arccos \frac{h_3 - h_{\text{к}} - h_0}{\sqrt{l_c^2 + l_p^2}} - \operatorname{arctg} \frac{l_p}{l_c} \right] + M_{\text{ст.р}} \quad (5)$$

Подача жидкости Q в гидроцилиндры (гидроцилиндр) привода звена манипулятора вызывает соответствующее пропорциональному закону управления (4.1) изменение скорости хода его штоков (штока)

$$U = \frac{Q}{n_{\text{ц}} \frac{\pi D_{\text{ц}}^2}{4}} = \frac{4kt}{n_{\text{ц}} \pi D_{\text{ц}}^2 h_{\text{ц}}} \quad (6)$$

и угловой скорости звена,

$$\omega = \frac{u}{h_{ц}} = \frac{4kt}{n_{ц}\pi D_{ц}^2 h_{ц}},$$

где $D_{ц}$ - диаметр поршня гидроцилиндра.

Разгон или торможение звена при выдвигании штоков гидроцилиндров будет сопровождаться постоянным угловым ускорением

$$E = \frac{d\omega}{dt} = \frac{4k}{n_{ц}\pi D_{ц}^2 h_{ц}^{max}} \quad (7)$$

Каждый гидроцилиндр привода звена может развить усилие

$$P_{ц} = \frac{\pi D_{ц}^2}{4} P_{н} \quad (8)$$

где $P_{н}$ - номинальное давление в напорной магистрали гидропривода.

С учетом (7), (8) уравнения (2), (4) имеют вид:

$$n_{ц} \frac{\pi D_{цс}^2}{4} P_{н} h_{цс}^{max} = M_{ст.с} + J_{пр.с} \frac{4k}{n_{ц}\pi D_{цс}^2 h_{цс}^{max}}$$

$$\frac{\pi D_{цр}^2}{4} P_{н} h_{цр}^{max} = M_{ст.р} + J_{пр.р} \frac{4k}{\pi D_{цр}^2 h_{цр}^{max}}$$

После преобразования данных выражений относительно и умножения обеих частей уравнений на величину хода штока гидроцилиндров получим необходимый полезный объем каждого гидроцилиндра следующим образом:
для привода. Стрелы

$$v_{цс} = \frac{\pi D_{цс}^2}{4} S_{цс} = \frac{1}{n_{ц}} \left(\frac{M_{ст.с}}{2P_{н}} + \sqrt{\frac{M_{ст.с}^2}{4P_{н}^2} + \frac{K_{с}J_{пр.с}}{P_{н}}} \right) \frac{S_{wc}}{h_{цс}^{max}}; \quad (9)$$

для привода рукояти

$$v_{цр} = \frac{\pi D_{цр}^2}{4} S_{цр} = \left(\frac{M_{ст.р}}{2P_{н}} + \sqrt{\frac{M_{ст.р}^2}{4P_{н}^2} + \frac{K_{р}J_{пр.р}}{P_{н}}} \right) \frac{S_{wc}}{h_{цс}^{max}} \quad (10)$$

где $M_{ст.р}$ и $M_{ст.с}$ определяются согласно формул (3), (5) соответственно.

В полученных выражениях (9), (10) имеем явную зависимость критериальной функции $v_{ц}$ от проектных параметров через 'показатель $\frac{h_{ц}^{max}}{S_{ц}}$ '. Ход штока $S_{ц}$ варьируется при выборе гидроцилиндра. Величина определяется рациональным выбором точек опоры гидроцилиндра. Такой выбор должен отвечать требованиям компоновки манипулятора и его кинематической схемы. Минимизация объема $v_{ц}$ одновременно отвечает достижению минимума металлоемкости

и максимуму быстродействия гидроцилиндра, поскольку чем меньше объем, тем быстрее он будет заполнять рабочей жидкостью. Что касается показателя $\frac{h_{ц}^{max}}{S_{ц}}$ как фактора влияния на величину $v_{ц}$, то, как показано в предыдущем разделе, данный показатель независимо от типоразмера гидроцилиндра достаточно стабилен для каждой конкретной разности предельных углов поворота приводного звена.

Оценим влияние коэффициента интенсивности изменения подачи на необходимый полезный объем гидроцилиндра, динамику управления и быстродействия гидропривода. Если задаться величиной периода пуска (останова) гидропривода J_x и учесть, что подача рабочей жидкости изменяется от 0 до величины номинальной подачи Q_H , то для пропорционального закона управления согласно (1) имеем

$$K = \frac{Q_H}{J} \quad (11)$$

Допустим, что периоды пуска и останова гидропривода равнозначны. Тогда быстродействие гидропривода по полному выдвиганию штока гидроцилиндра или штоков гидроцилиндров определится как суммарное время на пуск, останов и статическое наполнение гидроцилиндра.

$$t_{\varepsilon} = 2J + t_H$$

Так как ход штока гидроцилиндра за период пуска, или останова, при постоянном ускорении составляет

$$S_J = \frac{U_{max}J}{2}$$

а время статического наполнения гидроцилиндра

$$t_H = \frac{S_{ц} - 2S_J}{U_{max}}$$

то с учетом (6) быстродействие гидропривода определится следующим образом

$$t_{\varepsilon} = \frac{n_{ц}v_{ц}}{Q_H} + \frac{Q_H}{K} \quad (12)$$

Формула для определения коэффициента динамичности процесса, управления имеет вид:

для привода стрелы:

$$K_D^c = \frac{M_{упр.с}}{M_{ст.с}}$$

для привода рукояти

$$K_D^p = \frac{M_{упр.р}}{M_{сл.р}}$$

или на основании (2), (4)

для привода стрелы

$$K_D^c = 1 + \frac{K_p J_{пр.с}}{M_{ст.с} n_{ц} v_{цс}} \cdot \frac{S_{цс}}{h_{цс}^{max}} \quad (13)$$

для привода, рукояти

$$K_D^p = 1 + \frac{K_p J_{пр.р}}{M_{ст.с} v_{цр}} \cdot \frac{S_{цр}}{h_{цр}^{max}} \quad (14)$$

Влияние коэффициента, K на рассматриваемые характеристики гидропривода рассмотрим на примере расчета управления стрелой манипулятора лесной машины со следующими исходными данными:

статический момент сил от веса, груза, звеньев и рабочего органа манипулятора, $M_{ст.с} = 70$ кНм;

приведенный момент инерции груза, звеньев и рабочего органа манипулятора $J_{пр.с} = 5 \cdot 10^4$ кг · м⁸;

номинальная подача рабочей жидкости насосной станцией базовой машины $Q_H = 2 \cdot 10^{-3}$ м³/с;

номинальное давление в напорной магистрали гидропривода $P_H = 10$ МПа.

Кроме этого допустим, что по компоновке гидропривода стрелы имеем $\frac{h_{цс}^{max}}{S_{цс}}$, а управление стрелой осуществляется двумя гидроцилиндрами ($h_{ц} = 2$).

Тогда на основании (9), (12), (13) с учетом взаимосвязи величины пуска-останова J_c и коэффициента интенсивности изменения подачи K_c согласно (11) для различных значений периода J_c получим следующие результаты, которые представлены в виде графиков зависимости величин $v_{цс}$, t_{ε}^c , K_D^c от значения параметра J_c (или K_c) в работе [5].

На основании полученных графиков можно сделать следующие выводы:

I. Величина требуемого полезного объема каждого гидроцилиндра, монотонно убывает с увеличением J_c , асимптотически приближаясь к абсолютно минимальной величине $v_{цс min}$, получаемой для $J_c \approx \infty$. Переход к большим значениям периода пуска-останова J_c (более 1 с) нецелесообразен, так как величина, приращения объема, $v_{цс}$ при этом резко падает (с $\frac{dv_{цс}}{dJ_c} = 0,82 \cdot 10^{-3}$ м³/с до $\frac{dv_{цс}}{dJ_c} = 0,30 \cdot 10^{-3}$ м³/с и менее).

II. Существует такая продолжительность пуска-останова J_c , при которой время полного выдвижения штоков гидроцилиндров имеет минимальное значение (для принятых выше исходных данных можно вычислить $t_{\varepsilon min}^c = 4,37c$ при $J_c^* = 0,63c$).

Если при максимальном быстродействии коэффициент динамичности K_d^c является приемлемым, т. е. $K_d^c \leq [K_d^c]$, то целесообразно принять соответствующие данному случаю параметры гидропривода. В противном случае для снижения коэффициента динамичности следует несколько увеличить продолжительность J_c . При этом необходимо добиться получения такого объема гидроцилиндра $v_{цс}$, диаметр поршня которого соответствовал бы ближайшему типоразмеру диаметров. Если нет ограничения по динамике управления, это достигается варьированием величины J_c в окрестности значения J_c^* в сторону ее увеличения (уменьшения полезного объема, $v_{цс}$).

Если для удовлетворения условия по динамике процесса управления приходится увеличивать параметр J_c до значения существенно отличающегося от J_c^* , то в этом случае имеет смысл пересмотреть величину номинальной подачи Q_n , за счет выбора другой насосной станции и соответствующей ей направляющей гидроаппаратуры.

Аналогично расчет параметров гидроуправления производится и для гидропривода рукояти. Только в этом случае для расчета вместо формул (9), (13) используются формулы (10), (14), исходя из расчетного случая для нагружения гидропривода рукояти. Кроме этого, здесь производится проверка полученного диаметра поршня гидроцилиндра. $D_{цр}^{опт}$ по условию удержания расчетного дерева при горизонтальном положении рукояти и предельном угле ее поворота $\varphi - \varphi_k$ за счет усилия, развиваемого номинальным давлением рабочей жидкости в штоковой полости гидроцилиндра, т. е.

$$D_{цр}^{опт} \geq D_{цр}^k \tag{15}$$

Диаметр $D_{цр}^k$ определяется по формуле

$$D_{цр}^k = 2 \sqrt{\frac{M_{гр}(l_p+l_T) + M'_{ст.р}}{l_c - (l_p+l_T) \cos \varphi_k} \frac{1}{\pi(1-\mu^2)P_n h_{цр}^k}} \tag{16}$$

где $M'_{ст.р}$ - статический момент сил от веса рукояти и рабочего органа относительно оси шарнирного сочленения стрелы и рукояти при ее горизонтальном положении;

μ - коэффициент отношения диаметров штока и поршня гидроцилиндра;

$h_{\text{цр}}^{\text{к}}$ - плечо усилия гидроцилиндра при предельном угле поворота рукояти (при использовании РШС схемы привода в формуле величина $h_{\text{цр}}^{\text{к}}$ заменяется величиной $h_{\text{цр}}^{\text{к}} \cdot R^{\text{к}}$).

Если условие (15) не выполняется, то в этом случае за исходный размер для выбора диаметра поршня гидроцилиндра необходимо принять величину $D_{\text{цр}}^{\text{к}}$.

АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПОНОВКИ МАНИПУЛЯТОРА ПО КОСВЕННЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ

В работах [3,5] дан общий алгоритм расчета, оптимальных: параметров кинематической схемы манипулятора, компоновки гидропривода и расчета параметров гидроуправления. Вся блок-схема алгоритма оптимизации состоит из 5 подпрограмм, которыми можно пользоваться отдельно или в различном сочетании в зависимости от целей и последовательности решаемых задач. Блок-схема алгоритма оптимизации включает подпрограммы расчета: кинематической схемы манипулятора, параметров компоновки гидропривода стрелы, параметров компоновки гидропривода рукояти, параметров гидроуправления стрелы и параметров гидроуправления рукояти.

В свою очередь указанные подпрограммы включают алгоритмы расчета элементов манипулятора на более низших уровнях по структуре.

В блок ввода исходных данных согласно принятым обозначениям готовятся следующие параметры ограничений: $a, b, c, \alpha_{\text{пл}}, x_{\text{н}}, c', x_{\text{к}}, x_{\text{м}}, y_{\text{м}}, \Delta h, \gamma_{\text{п}}, t_{\text{п}}, h_{\text{п}}, H, \delta_{\text{пр}}, \delta_{\text{кз}}, b_{\text{с}}, \delta_{\text{т}}^{\text{зод}}, \varepsilon_{\text{с}}, \varphi_{\text{max}}, h_{\text{пр}}$. Важнейшим параметром ограничений для удовлетворения условий не пересечения манипулятора с технологическим оборудованием, шасси машин либо с грузом является расстояние от оси колонны до кониково-зажимного устройства машины $x_{\text{к}}$. Данную величину можно рассматривать в качестве регулируемого параметра.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МАНИПУЛЯТОРА. ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНЫ

В работе [1,2] представлен алгоритм расчета параметров манипулятора ТТМ, где в качестве входных параметров указаны следующие величины: L - максимальный вылет манипулятора; $h_{\text{к}}$ - высота технологической платформы; $h_{\text{п}}$ - высота приемного устройства (или высота крайней точки доставки деревьев на машину); $h_{\text{з}}$ - высота рабочего органа; B - минимальное расстояние рабочего органа от оси колонны; Δh - высота нижней точки внутреннего контура КЗУ над опорной плоскостью основания колонны; $a_{\text{к}}b_{\text{к}}$ - большая и малая полуось внутреннего контура КЗУ (принятого в виде эллипса); $\{L_{\text{ци}}S_{\text{ци}}\}$ - типоразмерный ряд длин и ходов штока гидроцилиндров, пригодных для привода теле-

скопического звена; $h_{мп}$ - высота механизма поворота колонны; δ_k — конструктивный размер для размещения на колонне проушины подвески гидроцилиндра привода стрелы; Δ° - шаг варьирования высоты колонны; h_1 - начальное значение для варьирования высоты колонны; x_k - расстояние между колонной и кониковым устройством (КУ); δ_p — высота профиля рычагов КУ; δ_2 - радиус зоны ограничения по КУ; φ_k - максимальный угол поворота колонн; K_φ - корректировочный коэффициент (для учета погрешности определения максимального вылета при неполном разложении стрелы - рукояти в линию); θ - минимальный угол поворота колонны (при захвате ближайшего дерева, на максимальном вылете); угол наклона верхней поверхности пачки к горизонту; δ_T - конструктивный запас для размещения (в полости рукояти) гидроцилиндра привода телескопического звена.

В результате реализации алгоритма расчета подучаем следующие параметры ККС: h_0 - высота колонны; l_c - длина рукояти; l_T - длина телескопического звена (или ход штока гидроцилиндра, привода телескопического звена); φ_0, φ_k - минимальный и максимальный углы поворота стрелы; ψ_0 - минимальный угол поворота рукояти; $L_{ц}$ - длина гидроцилиндра привода телескопического звена; S_0 - свободная часть колонны для размещения гидроцилиндров привода, стрелы; $\sum l$ - суммарная длина звеньев манипулятора.

В качестве основного ограничения для выбора высоты колонны h_0 в алгоритме принято условие непересечения стрелой манипулятора КУ, при захвате лежащего на земле дерева.

Определение величин предельного угла φ_k и текущего значения радиуса зоны ограничения δ_0 , Указанных в блоках 16,18 работа [5] алгоритма, производится по следующим формулам:

$$\varphi_k = 90^\circ + \arcsin \frac{h_0 + h_k - h_3}{\sqrt{l_c^2 + l_p^2 - 2l_c l_p \cos \Psi_k}} - \arcsin \frac{l_p \sin \Psi_k}{\sqrt{l_c^2 + l_p^2 - 2l_c l_p \cos \Psi_k}} \quad (17)$$

$$\delta_0 = h_0 - (b_k + \delta_p) \sqrt{1 - \left(\frac{x_k \operatorname{tg} \theta}{\alpha_k + \delta_p} \right)^2} + \frac{\operatorname{ctg} \varphi_k}{\cos \theta} x_k - b_k - \Delta h \quad (18)$$

Если в ККС телескопическое звено не заложено, то в этом случае величине конструктивного запаса для размещения гидроцилиндра привода телескопического звена, δ_T необходимо присвоить нулевое значение ($\delta_T = 0$). Ввод значений длин гидроцилиндров $L_{ц}$ и хода штоков $S_{ц}$ для расчета телескопического звена при данной схеме алгоритма, должен производиться только в порядке убывания типоразмеров.

Для предотвращения сбоя при вычислении на ЭВМ в алгоритм расчета введен логический блок сравнения 17, так как при определении δ_0 по формуле (2) значение подкоренного. Выражения $1 - \left(\frac{x_k \operatorname{tg} \theta}{\alpha_k + \delta_p}\right)^2$ должно быть неотрицательно. В случае отрицательного значения данного выражения ограничение по КУ будет игнорироваться и расчет δ_0 производиться не будет. Это соответствует такому положению манипулятора, когда КЗУ находится вне плоскости манипулятора.

На основании представленного алгоритма составлена программа, на алгоритмическом языке «Фортран» для расчета параметров ККС манипулятора на ЭВМ «МЕРА-60» (программа прилагается к отчету). В табл.1 и табл.2 работы [5] представлены результаты расчета, которые получены для прототипов машин ТТМ-Ф с финским манипулятором «Fiskars F-65» и «ЛП-17А» или «МБТ-8А», табл.2 работа [5]. При этом рассмотрены два, случая наклона, верхней поверхности пачки деревьев (как плоскости ограничения), погруженных в КУ машины: $\alpha_{\Pi} = 0^\circ$ и $\alpha_{\Pi} = 10^\circ$. На рисунке представлена один из вариантов принципиальной компоновочной схемы манипулятора транспортно-технологических машин типа ЛП-17А и МБТ-8А.

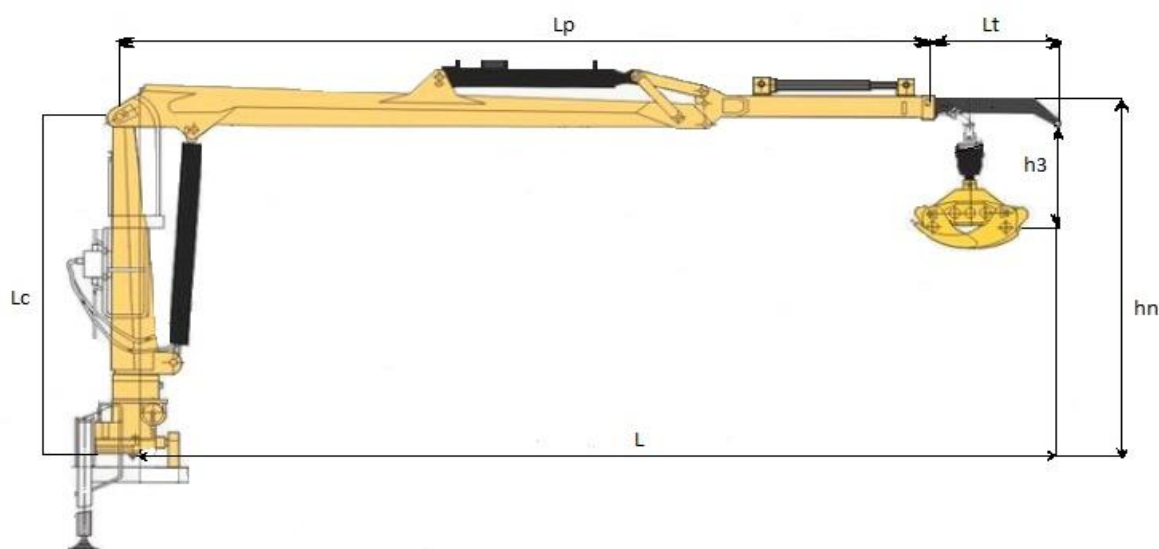


Рисунок. Один из вариантов принципиальной компоновочной схемы манипулятора транспортно-технологической машины

Исходные значения минимального угла поворота колонны θ для расчета получены из условия обеспечения захвата дерева на земле на максимальном вылете и минимальном расстоянии точки захвата, до пачки, погруженной на машину, $b_{\Pi} = 1,0$ м.

Угол θ определяется следующим образом:

$$\theta = \arcsin \frac{a_k + b_t}{L}$$

Если в схему манипулятора заложено телескопическое звено, то в этом случае максимальный вылет для расчета угла, θ так же, как и угла φ_k) принимается при втянутом положении телескопического звена. Приближенно здесь можно принять максимальный вылет равным

Начальное значение высоты колонны принимается следующим

$$\left(\frac{4}{5} \div \frac{5}{6} \right)$$

Начальное значение высоты колонны принимается следующим

$$h_1 = h_{мп} \delta_k C_{min}$$

где C_{min} - минимальная величина свободной части колонны, необходимая для размещения гидроцилиндров привода стрелы.

Кроме этого, для расчета приняты следующие величины:

шаг варьирования высоты колонны $\Delta^o = 0,05$ м;

радиус зоны ограничения по КУ = 0,10 м.

Оценку оптимальности решения с точки зрения металлоемкости манипулятора производим по косвенному показателю металлоемкости

$$\sum l = h_0 + l_c + l_p + l_T - h_{мп}$$

Величина высота, механизма поворота колонны $h_{мп}$ входит в сумму длин отрицательным слагаемым в качестве поправки, так как является составляющей высоты колонны h_0 и задана заранее. Кроме этого, в весовом соотношении длин механизм поворота колонны и собственно колонна значительно отличаются.

Оптимальными решениями при варьировании ψ_k (минимум $\sum l$ при минимуме h_0 , как наиболее металлоемкого звена) для заданных входных параметров оказались следующие:

Табл. 1 работа [5]

Имеется телескопическое звено:

$$\alpha_{п} = 0^o \text{ или } \alpha_{п} = 10^o$$
$$\psi_k = 150^o; \sum l = 7,57 \text{ м}; h_0 = 1,10 \text{ м.}$$

Телескопическое звено отсутствует:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{п}} = 0^\circ & \quad \psi_{\text{к}} = 160^\circ; \quad \sum l = 7,45 \text{ м}; \quad h_0 = 1,10 \text{ м}. \\ \alpha_{\text{п}} = 10^\circ & \quad \psi_{\text{к}} = 160^\circ; \quad \sum l = 7,51 \text{ м}; \quad h_0 = 1,15 \text{ м}. \end{aligned}$$

Табл. 2 работа [5]

Телескопическое звено отсутствует:

$$\begin{aligned} \alpha_{\text{п}} = 0^\circ \text{ или } \alpha_{\text{п}} = 10^\circ \\ \psi_{\text{к}} = 150^\circ; \quad \sum l = 6,88 \text{ м}; \quad h_0 = 1,60 \text{ м}. \end{aligned}$$

Она отражает положение колонны манипулятора относительно кабины и размещенного на трелевочной или валочно-трелевочной машине груза и влияет на минимизацию высоты колонны h_0 . Варьированием координаты x_k в определенных пределах можно найти оптимальное место установки колонны из условия $h_0 = \min h_0$

Если в проект манипулятора, не закладывается телескопическая часть, то в блок-схеме группа блоков a, b опускается. Расчет параметров манипулятора в этом случае в блоке 1,2 ведется без расчета величины δ .

Значение статистических моментов инерции манипулятора для разных положений звеньев $M_{\text{ст.м}}, M_{\text{ст.р}}, M'_{\text{ст.р}}$, и приведенных моментов инерции манипулятора $J_{\text{пр.с}}, J_{\text{пр.р}}$ принимаются в расчетах по прототипам манипуляторов с аналогичными исходными параметрами. При раздельном решении подпрограмм данные величины могут быть определены с некоторым приближением после расчета параметров кинематической схемы манипулятора и предварительной проработки профиля звеньев манипулятора по заданному грузоподъемному моменту.

При этом учитываются конструкция и исходные параметры гидроцилиндров привода звеньев.

Если массовые коэффициенты звеньев манипулятора и колонн одинаковы, то в этом случае первое слагаемое критериальной функции представится в виде суммы длин $l_c + l_p + l_T + h_0$. В соответствии с выражением

$$l_c + l_p + l_T = \sqrt{L^2 + (h_k + h_0 - h_3)^2}$$

сумме длин звеньев манипулятора достигает минимума на нижней границе ограничения по высоте колонны. Таким образом, минимизация суммы $l_c + l_p + l_T + h_0$ сводятся к минимизации одного параметра h_0 .

Поскольку масса единицы длины колонны, как правило, больше массы единицы других звеньев, то полученный вывод будет также справедлив и при различных массовых коэффициентах, входящих в первое слагаемое исходной критериальной функции. И так, высота колонны h_0 может быть принята в качестве косвенного критерия минимума металлоемкости.

Алгоритм поиска минимума, h_0 . содержит:

- блок формализации контуров кабины, коника, пачки деревьев и других выступающих элементов машины над платформой размещения технологического оборудования;
- блок формализации уравнений звеньев манипулятора в технологическом процессе;
- блок контроля не-пересечения контуров рабочих зон манипулятора, и машины.

Теоретический минимум h_0 достигается на пересечении или соприкосновении границ зон манипулятора и машины.

Для учета реальных размеров звеньев манипулятора. в контактных точках необходимо сделать припуск на размеры сечений, ориентируясь на параметры прототипов.

Поскольку минимум h_0 зависит от координат точки опоры колонны (ось поворота, колонны) относительно коника и кабины, то, варьируя эти координаты в определенных пределах, можно найти оптимальное место установки колонны из условия h_{min}

При варьировании h_0 соответствии с методом расчета параметров манипулятора имеем необходимые размеры всех его звеньев. Изложенные положения относятся к-первой части алгоритма.

Аналогичным образом можно, представить и второе слагаемое критериальной функции (I.I) $\sum_{j=1}^n \mu_j v_j$ косвенным показателем. В качестве такого показателя удобно принять суммарный объем гидропривода, управления стрелой, рукоятью и колонной.

Полезный объем гидроцилиндра является косвенной характеристикой одновременно массы, быстродействия и энергозатрат. Поэтому минимизация объема практически улучшает все эти три показателя.

Поскольку управление по трем каналам независимо, то можно оптимизацию вести по каждому каналу.

В соответствии с установленной ранее зависимостью, например, для стрелы

$$v_c = \left(\frac{M_{ст.с}}{4P_0} + \sqrt{\frac{M_{ст.с}}{4P_0} + \frac{KJ_{пр}}{2P_0}} \right) \cdot \frac{S}{h_c}$$

полезный объем гидроцилиндра пропорционален отношению хода штока к плечу $\frac{S_c}{h_c}$. Что касается значения выражения в скобках, то оно при заданном законе пропорционального управления постоянно. В пределах исходных предпосылок закон оказывает влияние на значение величины в скобке через коэффициент K .

Если закон управления выбран в соответствии с изложенной ранее методикой, то коэффициент K есть константа.

Таким образом минимизация объема цилиндра v сводится к минимизации отношения длины хода штока к плечу $\frac{S}{h}$.

При выборе цилиндра из типоразмерного ряда ход штока является величиной известной, что касается плеча, то оно зависит от компоновки цилиндра на манипуляторе. Алгоритм компоновки цилиндров привода стрелы и рукояти представлен на блок-схеме [3,5].

Если размещению гидропривода не мешают выступы на машине, то в этом случае отношение хода штока к плечу $\frac{S}{h}$ при компоновке цилиндров с различными ходами штока, мало изменяется. При наличии же ограничений необходимо выбирать минимальную высоту колонны h_{min} с учетом влияния ее не только на отношение хода штока к плечу $\frac{S}{h}$. В этом случае оптимизацию целесообразно вести во втором приближении и по полному критерию. Зная первое приближение отдельной оптимизации легко оптимизировать по общему критерию, проигрывая вокруг полученного значения по отдельным критериям.

После полного расчета, параметров манипулятора, оптимальность общего решения можно оценить по полному критерию металлоемкости быстродействия с учетом весовых коэффициентов (1), либо по косвенным показателям $\sum l$ и $\sum v$ и без учета весовых коэффициентов. Приблизиться к оптимальному решению можно за счет рационального подбора отдельных параметров, например таких как $x_H, x_K, Q_H, P_H, b_C, L_{пр}, \Delta\psi_{max}, \Delta\psi'$ и др. Значение Q_H может быть задано отдельно для стрелы и рукояти.

Настоящая методика может быть использована для сравнительной оценки альтернативных схем

Вывод остальных формул и результаты расчетов основных проектных параметров технологического оборудования (манипулятор, рабочий орган, толкатель) ТТМ изложены подробно в Методиках оптимального проектирования ТТМ для аварийно-спасательных и других неотложных работ [1,2,4,5,7].

Выводы и предложения

1. Рассмотрены исходные предпосылки, обоснован критерий оптимальности компоновки манипулятора по косвенным показателям, даны основные формулы для расчета параметров компоновочно-кинематической схемы манипулятора.

2. Предлагаем машиностроительным заводам (ООО «ЕЗСМ «Континент», АО «Машиностроительная компания «Витязь», АО «БАЗ», ООО «Велмаш-С» и др. в качестве поверочного расчета для модернизации производимого технологического оборудования выполнить его оптимальное проектирование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кушляев В.Ф. Исходные предпосылки к разработке методики проектирования манипулятора машины, обеспечивающей аварийную и пожарную безопасность./ В.Ф. Кушляев, Д. В. Кушляев, О.В. Кушляева, В.А. Леонов. Пожарная и аварийная безопасность: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции, посвященной проведению в Российской Федерации Года науки и технологий в 2021 году и 55-летию учебного заведения, 10–11 ноября 2021 г. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – 716 с. С.323-335. ISBN 978-5-907353-09-1.

2. Хегай В.К., Кушляев В.Ф. Об ударно-динамических нагрузках на манипулятор валовалочно-пакетирующей машины /ВПМ/ при валке деревьев. - Лесной журнал. Известия высших учебных заведений. Архангельск, 1979, № 5, с. 101-105.

3. Кушляев В.Ф., Баринов К.Н. Методика оптимизации компоновки манипулятора лесных машин. Рукопись 69 с. Библиограф. указ. «Депонированные научные работы». - М.: ВИНТИ, 1989, № 9, с 79.

4. Кушляев В.Ф., Милютиков В.Ю., Петров В.И. Математическая модель процесса пакетирования дерева манипулятором валочно-трелевочной машины при автоматизированной системе управления. Рукопись 14 с. Библиограф. указ. «Депонированные научные работы». – ВН М.: ВИНТИ, 1986, № 12, с.105.

5. Баринов К.Н., Каршев Г.В., Кушляев В.Ф. Методика оптимизации компоновки мани-пулятора лесных машин. Рукопись 92 с. Библиограф. указ. «Депонированные научные работы». - М.: ВИНТИ, 1990, № 9, с. 98. Справка о деп. № 2632 - лб.90, 20.04.90.

6. Кушляев В.Ф. Обоснование норм надежности гидроманипулятора аварийно-спасательной машины повышенной проходимости//В.Ф. Кушляев, О.В. Кушляева, В.А. Леонов. Надежность и долговечность машин и механизмов: матер. VII Всероссийской науч. – практ. конфер., Иваново: 14 апреля 2016 г./ под общ.ред.В.В. Киселева.. – Иваново. Изд. центр ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2016.- 354 с. С.76-83.

7. Кушляева О.В. Совершенствование эксплуатационных параметров рабочих органов машин, применяемых в чрезвычайных ситуациях, путем оптимального проектирования// О.В. Кушляева, В.Ф. Кушляев. Современные проблемы транспортно-технологической и аварийно-спасательной техники в системе МЧС: сборник трудов секции № 10 XXVIII Межд. науч.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь», 22 марта 2018 г. – ФГБВОУ ВО АГЗ МЧС России. – 2018. – 96 с. С.79-87.

ПРОБЛЕМЫ ИЗНОСА В МАШИНАХ И МЕХАНИЗМАХ

УДК 621.9

В. В. Бойцова, Н. И. Замятина, Б. Р. Киселев, М. Ю. Колобов

Ивановский государственный химико-технологический университет

ВЛИЯНИЕ МЕТАЛЛОПЛАКИРУЮЩИХ ПРИСАДОК В МАСЛЕ ДВС-ДИЗЕЛЬ

Аннотация: исследованы возможности применения металлоплакирующих присадок в масле ДВС - дизель с целью повышения триботехнических показателей, результаты которых дадут технико-экономическую эффективность эксплуатации тяжело нагруженных автомобилей и, в частности, пожарных автоцистерн.

Ключевые слова: масло, присадки, трение, износ, ДВС, нагрузка, эффективность, техника.

V. V. Boytsova, N. I. Zamyatina, B. R. Kiselyov, M. Yu. Kolobov

EFFECT OF METAL-PLATING ADDITIVES IN THE OIL OF DVS-DIESEL

Abstracts: it was explored the possibilities of using metal-plating additives in the oil of DVS-diesel in order to improve tribological indicators, the results of which will give technical and economic efficiency of exploitation of heavily loaded vehicles and, in particular, fire trucks.

Keywords: oil, additives, friction, chafing, DVS, load, efficiency, technique.

Современные двигатели и механизмы трансмиссии, работающие при высоких скоростях, нагрузках и температурах, предъявляют к смазочным материалам все более высокие требования, с которыми последние явно не справляются. Особенно это касается пожарных автомобилей, которые более интенсивно эксплуатируются по сравнению с обычными транспортными автомобилями, при этом они проходят процессы, предопределяющие снижение их работоспособности. В отличие от автомобилей обычного назначения пожарные автомобили эксплуатируются в особых, можно сказать более «жестких» условиях.

Первое отличие между ними заключается в грузоподъемности, то есть в объеме средства для тушения, которое они способны перевозить. Например, тяжелая техника - автоцистерны ≥ 4000 л.

Второе отличие – это мощность установленного агрегата подачи жидкости или пены. Дополнительно к такой технике может подключаться специализированное оборудование для определённых случаев возгорания и типов пожаров.

Ввиду этого, масса пожарного автомобиля в снаряженном состоянии превышает массу базового транспортного автомобиля на 30 - 40 %. Это приводит к быстрому износу пар трения пожарной техники и, в частности, двигателя внутреннего сгорания (ДВС).

Триботехнические исследования, связанные с разработкой и внедрением в машиностроение эффективных смазочных материалов, имеют новые современные направления, которые снижают потери на трение и повышают ресурс двигателя внутреннего сгорания и трансмиссий. Благодаря чему на рынке автохимии с каждым годом появляются новые виды присадок к маслам, как отечественных, так и зарубежных производителей.

В научно-исследовательской лаборатории (НИЛ) Ивановского государственного химико-технологического университета разработан ряд композиций металлоплакирующих присадок к маслам, представляющих комплексные мыла мягких металлов (меди, олова, никеля, кобальта и их смесей) предельных и непредельных жирных кислот и растительных масел. Это позволило добиться высоких триботехнических показателей узлов трения (коэффициента трения, задиростойкости, нагрузочных и температурных факторов, интенсивности изнашивания). Эти присадки могут быть использованы при системе смазки с фильтрами. Также они помогают защитить базовое масло от окисления, а металл — от коррозионного воздействия [1, 2].

Данное триботехническое предложение связано с внедрением в двигатель внутреннего сгорания металлоплакирующего смазочного материала (МСМ) на базе полусинтетического масла Лукойл с маслорастворимыми присадками (Cu(St), Sn(St), Ni(St), Co(St)) [1]. Благодаря формированию металлоплакирующей пленки за счет трибохимического ионного обмена комплекса с атомами поверхности и ферромагнетических свойств (Fe, Ni, Co), самоорганизации фрикционного контакта за счет активированных продуктов взаимодействия металла комплексообразователя с активными компонентами металлоплакирующего смазочного материала, улучшается работоспособность металлических пар трения двигателя внутреннего сгорания [2].

На рис. представлены зависимости коэффициентов трения модели трущихся пар двигателя внутреннего сгорания, работающих при линейной скорости скольжения $V = 1$ м/с от изменения нагрузки в дизельном полусинтетическом масле Лукойл в состоянии поставки (SAE 10W-40) и в двух композициях металлоплакирующего смазочного материала.

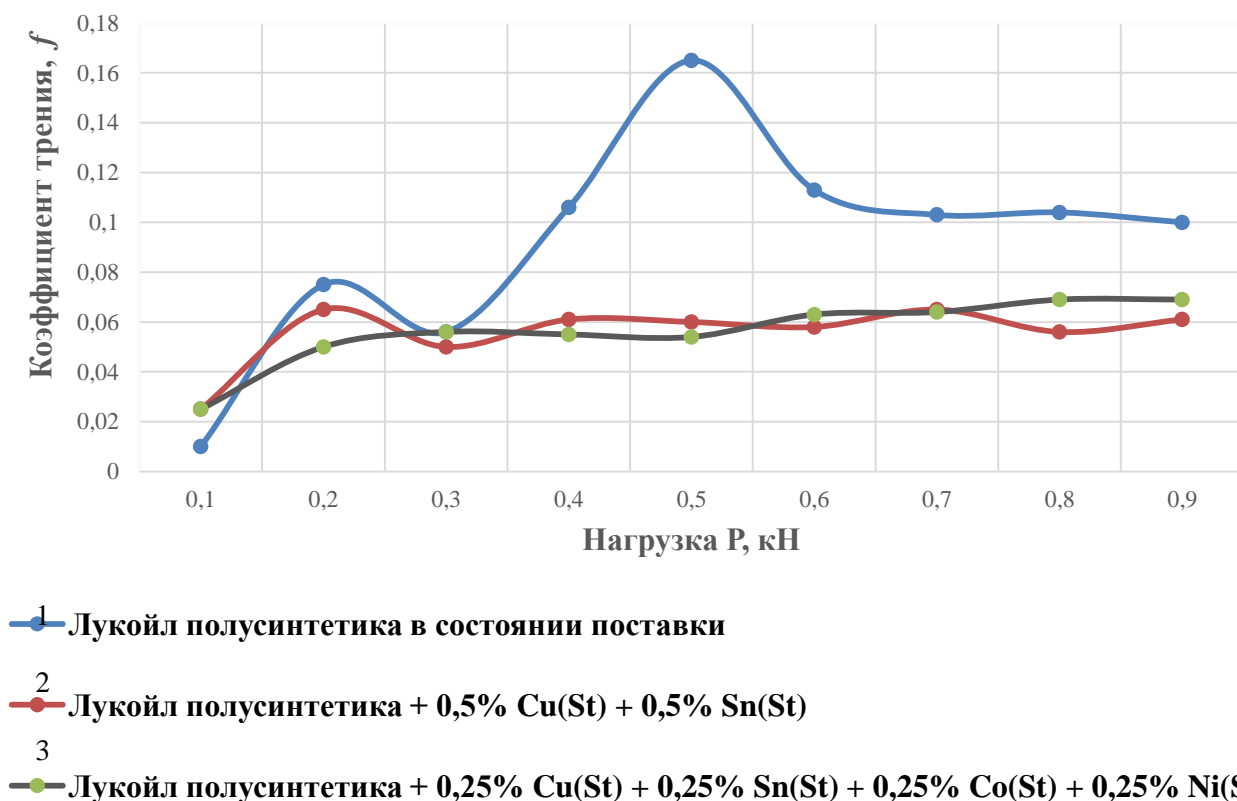


Рис. Зависимости коэффициентов трения от нагрузки в смазочных материалах

Cu(St), Sn(St), Ni(St), Co(St) – это комплексные мыла мягких металлов предельных и непредельных жирных кислот и растительных масел.

Исследования модели образцов, представляющих стальные термически обработанные ролики (HRC 56), диаметром 40 мм и шириной 10 мм, проводились на машине трения СМТ-1 2070.

Результаты исследований показали, что составы композиций МСМ практически одинаково влияют на изменения величин коэффициентов трения образцов и в среднем равны $f = 0,06$, а в базовом масле $f = 0,1$, что составляет разницу 40 %.

Изнашивание образцов определялось путем микроскопических измерений геометрических параметров лунки износа образцов после пути трения $L = 20$ км ($t = 5,65$ ч).

Относительная глубина износа составила:

№ 1: масло Лукойл (Л1) – $\Delta h = 210,125$ мкм;

№ 2: масло Лукойл (Л1) + МСМ2) – $\Delta h = 13,78$ мкм;

№ 3: масло Лукойл (Л1) + МСМ3) – $\Delta h = 10,12$ мкм.

Износ уменьшается в варианте № 2 в 15 раз, а в варианте № 3 в 20 раз.

Результаты исследований показали, что применение 1 % металлоплакирующего смазочного материала в масле Лукойл (полусинтетика) для дизелей является эффективно прогнозируемым техническим предложением для натуральных испытаний смазочного материала в ДВС – дизель.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев Б.Р., Березин К.Г., Замятина Н.И. Влияние ферромагнитных присадок на работоспособность смазочных материалов при фрикционном контакте стальных образцов. / Трение и смазка в машинах и механизмах. – 2010. - № 4. - С. 27-32.
2. Киселев Б.Р., Березин К.Г. Повышение задиростойкости фрикционного контакта стальной пары трения. / Тр. всерос. науч.-техн. конф. / Проблемы машиноведения: – М.: Ин-т. машиноведения им. А.А. Благонравова РАН. – 2012. – Т. 2. – С. 22-23.

УДК 621.1

А. С. Ведерников, И. И. Ведерникова

Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ

Аннотация: Объектом исследования являются процесс алмазного выглаживания, получаемые характеристики поверхности, применяемые режимы обработки для получения оптимальных результатов.

Ключевые слова: алмазное выглаживание, пластическое деформирование, шероховатость, износостойкость.

A. S. Vedernikov, I. I. Vedernikova

APPLICATION OF PLASTIC DEFORMATION METHODS IN THE PROCESSING OF PARTS

Abstract: The object of the study is the diamond smoothing process, the surface characteristics obtained, the processing modes used to obtain optimal results.

Keywords: diamond smoothing, plastic deformation, roughness, wear resistance.

Поверхностное пластическое деформирование – вид отделочно-упрочняющей обработки, при котором не образуется стружка, а происходит упруго-пластическое деформирование поверхностного слоя заготовки.

При ППД происходит поверхностное упрочнение – повышение сопротивляемости материала или заготовки разрушению или остаточной деформации путем изменения свойств поверхностного слоя (ГОСТ 18295-72). Поверхностным называют слой металла, который имеет отличающиеся от основной массы детали структуру, и/или фазовый, и/или химический состав, и/или механические свойства. В процессе эксплуатации именно поверхностный слой детали подвергается наиболее сильному воздействию внешних факторов, поэтому процесс разрушения детали обычно начинается с поверхности. В связи с этим к поверхностному слою предъявляют более высокие требования, чем к основной массе детали.

Операция алмазного выглаживания поверхности детали является финишной операцией. Эту операцию применяют для упрочнения изделий твердостью до 65 HRC, а также вместо операции окончательного шлифования, полирования, доводки и суперфиниширования поверхности. Метод универсален и широко применяется для обработки стальных закаленных или термически неупрочненных деталей, с поверхностными покрытиями и без них, а также деталей из цветных металлов, их сплавов, высокопрочных чугунов.

В инструментальном производстве алмазное выглаживание используют при обработке колонок и направляющих втулок штампов для холодной штамповки, пуансонов, вкладышей пресс-форм, формообразующих поверхностей вытяжных штампов, зубьев круглых деформирующих, уплотняющих протяжек, прошивок, мерительных поверхностей и калибров-пробок. Износостойкость выглаженной поверхности увеличивается в 2-3 раза по сравнению со шлифованной и на 20-40 % по сравнению с полированной; износостойкость и контактная выносливость выглаженной хромированной поверхности на 35-50 % выше полированной.

В целом, накатывание обладает лучшей производительностью и позволяет добиться большей глубины, но меньшей степени упрочнения, чем алмазное выглаживание. Показатели качества поверхности составляют после обкатывания $Ra = 0,05...1$ мкм, $\sigma'_{ост} = -100...400$ МПа; после раскатывания $Ra = 0,05...0,32$ мкм, $\sigma'_{ост} = -150...400$ МПа.

Алмазное выглаживание характеризуется малой производительностью и невысокой стойкостью дорогостоящего инструмента. Поскольку алмаз является анизотропным материалом, для получения требуемой прочности и твердости при установке в оправку необходимо добиться правильной кристаллографической ориентации его положения. Алмазное выглаживание рекомендуется использовать при повышенных требованиях к шероховатости и твердости получаемой поверхности, а также при обработке маложестких деталей. Ввиду высокой твердости алмаза выглаживание используется для отделочноупрочняющей обработки закаленных сталей. Поскольку алмаз практически не деформируется, а его радиус крайне мал, площадь контакта инструмента с деталью оказывается незначительной. Это обуславливает создание высоких контактных давлений даже при небольших нормальных силах, необходимых для совершения деформации. Недостатком техно-

логии алмазного выглаживания является невозможность обработки титановых сплавов ввиду повышенной адгезионной составляющей указанного коэффициента вследствие налипания частиц металла на деформирующий инструмент. В целом, алмазное выглаживание позволяет добиться меньшей шероховатости и большей микротвёрдости обработанных поверхностей, нежели накатывание, при снижении глубины наклёпа. Необходимо отметить, что в тех случаях, когда требуется получить чистую поверхность с большой глубиной и степенью упрочнения, следует применять последовательную обработку – сначала обкатывание, а затем выглаживание. Для сокращения числа повторных ходов нужно стремиться подобрать оптимальное давление, позволяющее обработать требуемую поверхность за один рабочий проход. При этом следует иметь ввиду, что путём повторных рабочих ходов может быть повышена лишь степень упрочнения, но не её глубина. Показатели качества поверхности после выглаживания составляют $Ra = 0,05...1$ мкм, $\sigma'_{ост} = -100...1400$ МПа.

Выглаживание выполняют специальными инструментами – выглаживателями, оснащёнными сфероидальными, трапециевидными или конусообразными деформирующими элементами, изготовленными из синтетических сверхтвёрдых материалов – карбонада, гексанита-Р, эльбора-Р и других материалов, реже – из природных алмазов или твёрдых сплавов. Инструмент состоит из державки, в которой закрепляют в оправе кристалл алмаза или синтетического сверхтвёрдого материала массой 0,5-1,0 карата. Алмазное выглаживание осуществляют, как правило, за один проход, так как увеличение числа проходов не изменяет существенно шероховатость поверхности упрочняемой детали.

Рабочая поверхность алмаза имеет форму полусферы и отличается высоким качеством. Жёстко закрепленная в резцедержателе державка с алмазом при поперечном движении суппорта подводится к вращающейся детали. При дальнейшем движении суппорта в поперечном направлении создается небольшой натяг. Затем при равномерной продольной подаче суппорта алмаз перемещается вдоль обрабатываемой поверхности детали.

Усилие прижатия инструмента к детали также имеет большое значение. При усилии меньше оптимального микронеровности сглаживаются не полностью, а при большем поверхностный слой перенаклепывается и разрушается.

Отклонения выглаживания в положении алмазного инструмента при выглаживании фиксируется индикаторной головкой. На точность обработки алмазное выглаживание влияет слабо. Шероховатость поверхности в результате процесса может снизиться на 2-3 класса с доведением ее до 0,16-0,025 мкм. На качество поверхности в основном влияют усилие выглаживания и подача. Микротвёрдость поверхности повышается на 50-60 %.

Алмазным выглаживанием можно обрабатывать различные металлы и сплавы. Для выглаживания более твёрдых (закаленных) материалов применяют меньшие значения радиусов сферы алмазного инструмента и большие давления инструмента на заготовку. Принято считать, что выглаживанию подвергаются все материалы, кроме титана, ниобия и циркония.

Наилучшим материалом для выглаживателя является природный алмаз. Достоинством алмаза по сравнению с другими инструментальными материалами являются высокая твердость и сопротивляемость истиранию, низкий коэффициент трения по металлу, высокая теплопроводность, малый температурный коэффициент расширения и хорошая полируемость.

Стойкость алмазного инструмента при выглаживании легированных сталей, трудно поддающихся обработке резанием, составляет 30... 50 ч машинного времени. Алмаз является анизотропным материалом (твердость в разных направлениях неодинакова). При неправильной ориентации кристалла алмаза к направлению истирания стойкость его снижается.

Переточку инструмента обычно производят тогда, когда на рабочей поверхности алмаза уже образовалась площадка износа диаметром 0,3 ... 0,5 мм. Это нежелательно, так как при появлении даже небольшой площадки износа затрудняется восстановление сферической формы рабочей поверхности алмаза и снижается его долговечность.

Таким образом, чтобы увеличить долговечность алмазных выглаживателей, их восстановление следует производить при появлении рисок на рабочей поверхности, не доводя износ до стадии образования площадки. Для удаления рисок нет необходимости в специальных станках и сложных формообразующих приспособлениях. Работу выполняют на вращающемся чугунном диске, шаржированном (насыщенном) мелкозернистой алмазной пастой. Шаржирование надо выполнять не твердосплавной пластиной, а вдавливанием верхним кольцом шарикоподшипника. От твердосплавной пластины карбиды попадают на чугунную поверхность и могут царапать алмаз, что не происходит при действии стального кольца шарикоподшипника.

Скорость алмазного выглаживания принимается в зависимости от материала обрабатываемой заготовки. Так, для цветных сплавов и мягких сталей она принимается в пределах 10 - 80 м/мин, для закаленных сталей 200 - 250 м/мин. Алмазным выглаживанием обрабатывают заготовки из черных и цветных металлов, предварительно обработанных шлифованием, тонким точением и другими методами, обеспечивающими заданную точность.

Качество обработанной поверхности существенно зависит от режимов выглаживания – усилия выглаживания и подачи. Число проходов и скорость выглаживания влияют на шероховатость и микротвердость обработанной поверхности в меньшей степени. При правильно подобранных режимах выглаживания микронеровности на поверхности могут быть уменьшены в несколько раз ($Ra = 0,1 \div 0,05$ мкм), микротвердость увеличивается на 5-60 % (глубина наклепанного слоя до 400 мкм). На выглаженной поверхности возникают значительные остаточные напряжения сжатия. Так, например, величина наибольших остаточных напряжений для образцов из стали 45 после нормализации равна 200-350 МПа, а после закалки – 700 - 1000 МПа.

При выглаживании недоведенными наконечниками, имеющими шероховатость $R_z=0,2\div 0,4$ мкм, происходит смятие неровностей исходного микропрофиля и образуется новый микрорельеф, шероховатость которого существенно меньше исходной. С увеличением шероховатости наконечника процесс сглаживания вытесняется срезанием микронеровностей образца отдельными выступами микропрофиля наконечника. При шероховатости наконечника грубее $R_z=0,4$ мкм процесс выглаживания почти полностью заменяется микрорезанием, что сопровождается резким возрастанием шероховатости обработанной поверхности и значительным нагревом инструмента.

Шероховатость выглаженной поверхности зависит от исходной шероховатости. Заготовки из закаленных сталей эффективно выглаживать при исходной шероховатости не более $R_a=1,25$ мкм. Выглаживание с оптимальными режимами при $R_a=0,08-1,25$ мкм дает стабильное уменьшение шероховатости в 4 - 5 раз. При выглаживании заготовок из закаленных сталей с исходной шероховатостью $R_a\geq 1,25$ мкм из-за неполного сглаживания неровностей шероховатость уменьшается только в 1,5 - 2 раза, т. е. применение алмазного выглаживания неэффективно. При выглаживании заготовок из незакаленных сталей, бронзы, алюминия и других аналогичных металлов установлено, что можно эффективно выглаживать поверхности с исходной шероховатостью $R_a\approx 2,0$ мкм. При снижении исходной шероховатости степень ее сглаживания уменьшается. Большая степень сглаживания получается при выглаживании точёных или шлифованных поверхностей, имеющих остроконечный профиль микронеровностей. Меньшая степень сглаживания будет при выглаживании поверхностей, имеющих неровности притупленной формы, например хонингованных, полированных обкатанных роликом.

УДК 621.891

И. И. Ведерникова, С. А. Егоров

Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РОТОРОВ ПНЕВМОПРЯДИЛЬНЫХ МАШИН

Аннотация: Предлагается использовать глубокое анодирование поверхности алюминиевых деталей. Работа проведена для роторов пневмопрядильных машин. Долговечность пневмопрядильных камер возросла в 100 раз.

Ключевые слова: пневмопрядильная машина, прядильная камера, глубокое анодирование, долговечность

I. I. Vedernikova, S. A. Egorov

INCREASING THE DURABILITY OF THE ROTORS OF PNEUMATIC SPINNING MACHINES

Abstract: It is proposed to use deep anodizing of the surface of aluminum parts. The work was carried out for the rotors of pneumatic spinning machines. The durability of pneumatic spinning chambers has increased 100 times.

Keywords: pneumatic spinning machine, spinning chamber, deep anodizing, durability

Модифицирование поверхности деталей машин изготовленных из алюминиевых сплавов является наиболее перспективным способом упрочнения рабочих органов текстильных машин. Его можно проводить электролитическим способом и лазерным [1, 2].

Лазерное модифицирование обладает рядом преимуществ перед другими методами. Если сравнивать разные виды термоупрочнения, то закалка токами высокой частоты более производительна, чем объемная закалка. При этом химико-термическое упрочнение деталей машин дает большую, чем закалка твердость поверхности, но выполняется дольше и менее производительно.

Лазерные методы упрочнения обладают большой производительностью по сравнению с объемной закалкой. В отличие от закалки токами высокой частоты лучом лазера можно проводить химико-термическое упрочнение, если перед воздействием на поверхность нанести специальные обмазки, содержащие необходимые химические элементы.

Лазерное воздействие проводится локально или по всей поверхности, а также его можно осуществлять в труднодоступных участках поверхности.

В настоящей работе предлагается электролитический способ модифицирования.

Цель исследования состояла в повышении надежности роторов пневмопрядильных машин электролитическим модифицированием.

Роторы пневмопрядильных машин работают с высокой частотой вращения до 100 тыс. оборотов в минуту. Так как процесс прядения сопровождается частыми пусками и остановками по причине обрыва пряжи, появилась необходимость изготовления роторов из алюминиевых сплавов, в частности из сплава Д16.

Выработка хлопковой пряжи пневмомеханическим способом не вызывает значительного износа ротора. Добавление в смеску полиэфирных волокон, крашеных волокон и шерстяных волокон приводит к низкой надежности роторов. Традиционным способом упрочнения алюминиевых сплавов является нанесение оксидированных покрытий. Толщина покрытия составляет около 0,3-0,5 мкм. Такое покрытие позволяет значительно повысить долговечность детали.

Тонкое оксидное покрытие со временем изнашивается и камера ротора теряет свою износостойкость.

Исследованием установлено, что основной причиной изнашивания является абразивное действие частиц красителей, отбеливателей, полиэфира и роговых чешуек шерстяных волокон (рис. 1).

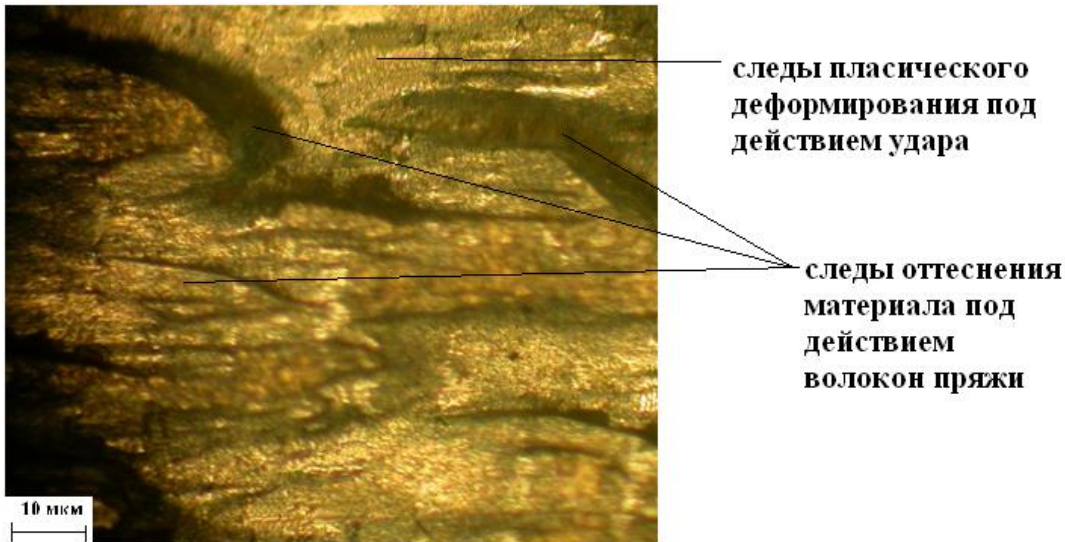


Рис. 1. Вид изношенной поверхности алюминиевой камеры (Д16Т) при обработке хлопка в смеси с полиэфиром (линейная плотность 25 текс)

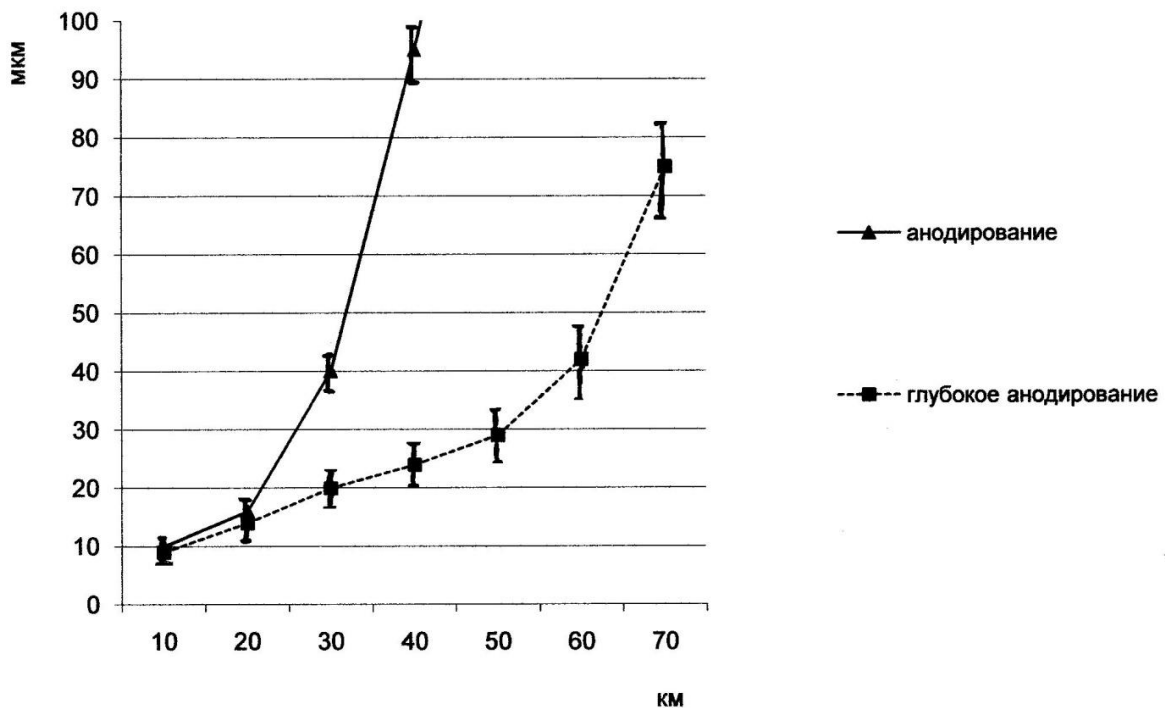


Рис. 2. Испытания на износ алюминиевой поверхности с покрытиями меланжевой нитью линейной плотностью 25 текс

Было предложено формировать на сборной поверхности ротора толстую оксидную пленку методом глубокого анодирования. Были выбраны режимы анодирования и состав электролита методом симплекс-планирования. Удалось увеличить толщину покрытия в 10 раз за счет снижения температуры проведения процесса анодирования.

Испытания на износ сформированной анодной пленки проводили на машине трения перематыванием нитей линейной плотностью 25 текс. Скорость движения нити 300 м/мин., давление нити на образец 0,2 Н, длина сматываемой нити 1000 м. Результаты испытаний представлены на рис. 2. Реальное давление ниже в 10 раз, поэтому ускорение изнашивания приблизительно в 10 раз согласно формуле:

$$I = PV = const.$$

Представляет интерес наклон кривых износа, который показывает интенсивность изнашивания поверхностей. Для анодированной поверхности покрытие разрушается через 20 км пути нити. Для поверхности с более толстой пленкой разрушение происходит через 60 км пути.

Согласно формуле М.М. Хрущева объем изношенного материала пропорционален нагрузке, пути трения, размеру абразива и обратно пропорционален твердости поверхности:

$$V = c \frac{PLa}{H},$$

где c – коэффициент пропорциональности, учитывающий условия трения (условный коэффициент трения абразива о поверхность), P – нагрузка, L – путь трения, a – размер абразива, H – твердость поверхности.

Изменение износостойкости покрытия наблюдается за счет увеличения толщины при прочих равных условиях. Процесс нанесения покрытия сопровождается одновременным разрыхлением покрытия и появлением микропор. Поэтому важно подбирать условия проведения анодирования с целью снижения разупрочнения покрытия.

Твердость покрытия осталась на прежнем уровне. Таким образом долговечность детали с покрытием анодной пленкой возросла в 10 раз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров, С.А. Лазерное упрочнение алюминиевой поверхности пневмопрядильной камеры/ Эффект безызносности и триботехнологии, 2004. №1. – С. 71-73.
2. Егоров, С.А. Электроэрозионное разрушение металлической поверхности при трении о текстильный продукт/ Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2004. - №4. – С. 76-81.

УДК 67.02

Т. В. Гущина, И. В. Братков, М. Ю. Колобов, В. Н. Блиничев

Ивановский государственный химико-технологический университет

ТЕХНОЛОГИЯ И АППАРАТУРНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ КОЛЛОИДНО-ГРАФИТОВЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация: в статье рассматриваются задачи разработки технологии и аппаратного оформления процессов сверхтонкого измельчения графита с целью получения коллоидных суспензий, содержащих, в основном, наноразмерные частицы графита. Показано, что для получения таких суспензий достаточно двухстадийного измельчения графита: на первой стадии использовать многоступенчатую мельницу сухого принципа измельчения, а на второй - коллоидно-кавитационную мельницу «мокрого» способа измельчения.

Ключевые слова: сверхтонкое измельчение, графит, мельница, коллоидная суспензия.

T. V. Gushchina, I. V. Bratkov, M. Yu. Kolobov, V. N. Blinichev

TECHNOLOGY AND HARDWARE DESIGN OF THE PRODUCTION OF HIGHLY DISPERSED COLLOIDAL GRAPHITE LUBRICANTS

Abstracts: The article deals with the problems of developing technology and instrumentation for the processes of ultrafine grinding of graphite in order to obtain colloidal suspensions containing mainly nanosized particles of graphite. It has been shown that two-stage graphite grinding is sufficient to obtain such suspensions: at the first stage, a multi-stage mill of the dry grinding principle is used, and at the second stage, a colloid-cavitation mill of the «wet» grinding method is used.

Keywords: ultrafine grinding, graphite, mill, colloidal suspension.

При штамповке изделий сложной формы из тонколистовых металлических материалов (например, кузовов автомобилей) используются коллоидно-графитовые смазки, содержащие пластинчатый наноразмерный графит с размерами в свету немного меньшими 1 мкм и толщиной от 10 до 40 нанометров [1].

Технология производства таких смазок особенно за рубежом, включает в себя многоступенчатое измельчение исходного графита в машинах различного конструктивного оформления.

Исследования, проведенные на кафедре технологических машин и оборудования (ТМиО) показали, что подобные смазочные материалы возможно получить по сравнительно простой технологии, включающей процессы измельче-

ния исходного графита до наноразмерного состояния в двух разработанных на кафедре ТМиО и последовательно включенных машинах: а) многоступенчатой мельнице ударно-отражательного типа с сепарационной выгрузкой измельченного графита [2]; б) коллоидно-кавитационной мельнице [3].

Исследование процесса измельчения графита в многоступенчатой мельнице ударно-отражательного принципа действия при различных скоростях ударного нагружения на последней третьей ступени ротора показывают, что при скоростях ударного нагружения билами ротора третьей ступени 100 м/с и более средний размер частиц графита составляет 5 мкм и менее при исходном среднем размере частиц, равном 2,5 мм. Достижимая степень измельчения частиц графита в одной машине непрерывного действия имела значения 500 и более при производительности мельницы до 150 кг/ч.

Под степенью измельчения понимается отношение средних диаметров исходного и измельченного графита. Содержание частиц графита в измельченном продукте с размерами менее 1 мкм составляло 10–12%.

В коллоидно-графитовой смазке при штамповке кузовов машин оно должно быть не менее 90%.

Частицы графита, измельченные в многоступенчатой мельнице, представляют собой пластинки со средним размером в свету около 5 мкм, толщиной 0,1 мкм и менее, достаточно трудно разрушаемые даже при скоростях удара более 100 м/с.

Поэтому на второй стадии измельчения графита нами использована кавитационно-коллоидная мельница «мокрого» помола, в которой на измельчаемые частицы накладывается сложное напряженное состояние.

Во-первых, в связи с малым зазором между статором и ротором конической формы в суспензии, содержащей около 10% частиц графита, возникают мощные касательные напряжения, существенно уменьшающие толщину частиц графита:

$$\tau_{сд} = \mu \cdot \left(\frac{dV}{dr}\right)^n \quad (1)$$

где $\tau_{сд}$ – касательные напряжения сдвига; μ – вязкость суспензии; dV – градиент линейной скорости в суспензии.

Во-вторых, вследствие наличия на статоре и роторе мельницы продольных канавок, в суспензии непрерывно образуются и схлопываются кавитационные пузырьки, создающие в частицах большие нормальные напряжения (σ),рывающие крупные частицы графита на мелкие части.

Исследования по износу рабочих органов (ротора и статора) кавитационно-коллоидной мельницы, в узком зазоре, между которыми образуется и схлопывается большое количество кавитационных пузырьков, показали, что износа рабочих поверхностей статора и ротора после годичной непрерывной работы мельницы нет, так как кавитационные пузырьки образуются и схлопываются на движущихся частицах графита, значительно интенсифицируя процесс их измельчения. Найдено, что происходит лишь упрочнение рабочих поверхностей

ротора и статора - увеличение на несколько единиц твердости конструкционной стали 1X18H10T, вследствие протекания механохимической активации процесса их науглероживания.

Исследование процесса измельчения графита в коллоидно-кавитационной мельнице показали, что для получения в продуктах измельчения содержания наночастиц от 10 до 900 нм более 95% необходимо многоцикловое нагружение водно-графитовой суспензии в измельчающей мельнице. Время пребывания измельчаемых частиц в зазоре между ротором и статором при одном цикле нагружения – менее 0,1 с, поэтому вероятность разрушения всех крупных частиц при одном проходе через мельницу составляет не более 5%.

Проведенные нами исследования процесса тонкого и сверхтонкого измельчения графита позволили предложить технологию получения наноразмерного графита в две стадии измельчения.

На рис. 1 представлена технологическая схема первой стадии сухого способа измельчения в многоступенчатой мельнице ударно-отражательного принципа действия.

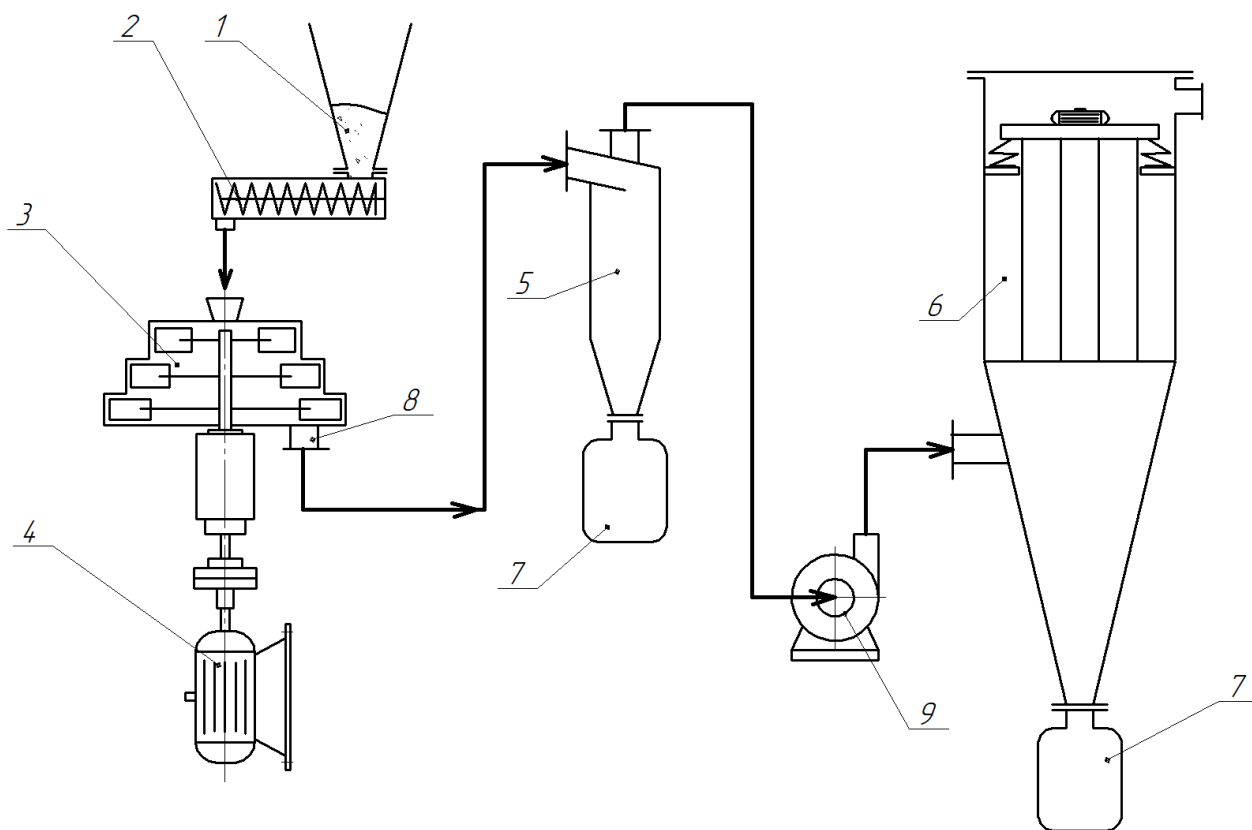


Рис. 1. Технологическая схема сухого процесса измельчения

- 1 - бункер исходного графита; 2 - питатель; 3 - 3-ступенчатая мельница с сепарационной выгрузкой измельченного графита; 4 - электродвигатель; 5 - циклон; 6 - рукавный фильтр; 7 - сборники измельченного графита; 8 - патрубок выгрузки измельченного материала; 9 - вентилятор

Процесс сухого измельчения графита осуществляется следующим образом. Исходный графит из бункера 1 непрерывно питателем 2 подается в трехступенчатую мельницу ударно-отражательного принципа действия с сепарационной непрерывной выгрузкой измельченного графита в патрубок 8. Поток воздуха полученный продукт направляется в циклон 5, в котором происходит выделение 60 – 65% измельченного графита. Графит с размерами частиц менее 5мкм потоком воздуха из циклона выносятся в рукавный фильтр 6, в котором происходит полная очистка воздуха от тонкодисперсных частиц графита. Из циклона и фильтра шлюзовыми питателями-затворами измельченный графит непрерывно выгружается в сборники 7, откуда направляется в бункер смесителя графита с водой кавитационно-коллоидной мельницы (см. рис. 2).

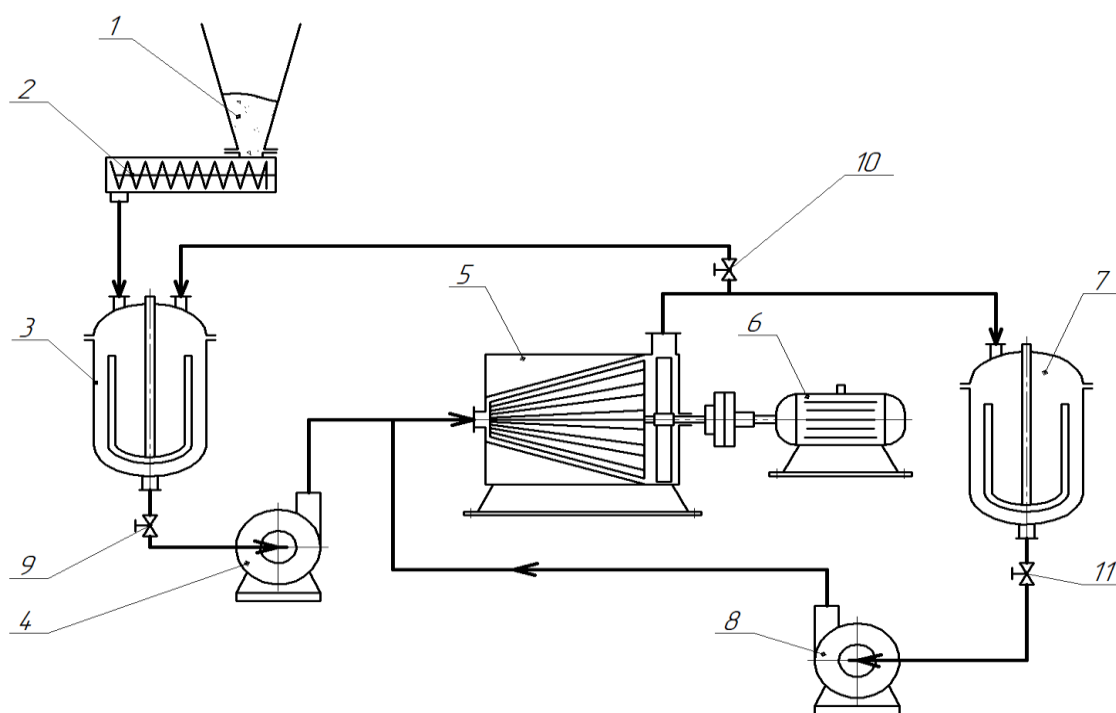


Рис. 2. Технологическая схема получения наноразмерных частиц графита
 1 - бункер частиц графита, измельченных в многоступенчатой мельнице; 2 - питатель;
 3 - смеситель графита с водой; 4 - насос; 5 - коллоидно-кавитационная мельница;
 6 - привод мельницы; 7 - емкость с мешалкой; 8 - насос; 9–11 - задвижки

Процесс получения наноразмерных частиц графита осуществляется следующим образом. Из бункера 1, в котором находится графит, измельченный в многоступенчатой мельнице, питателем 2 подается в емкость с мешалкой 3, являющуюся смесителем периодического принципа работы. В данном смесителе готовится суспензия частиц графита с водой с 10–12% содержанием графита. Для лучшего смачивания частиц графита в воду добавляется немного ПАВ – этилового спирта. После приготовления суспензии в емкости 3 закрываются задвижки 10 и 11, открывается задвижка 9, включается насос 4, колло-

идно-кавитационная мельница 5 и данная система работает до полного опорожнения емкости 3. Измельчаемый графит собирается в емкости 7 одинакового объема с емкостью 3. Таким образом осуществляется один цикл «мокрого» измельчения графита в коллоидно-кавитационной мельнице. На втором цикле измельчения измельчаемая суспензия графита подается насосом 8 в мельницу 5, предварительно открываются задвижки 10 и 11, а продукт измельчения собирается в емкости 3.

Исследования процесса сверхтонкого измельчения графита в опытно-промышленной коллоидно-кавитационной мельнице показали, что для получения продукта практически со 100% содержанием наноразмерных частиц графита с размерами в свету менее 800 нм и толщиной от 1 до 10 нм необходимо осуществить 25–30 циклов нагружения суспензии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грудев А.П., Зильберг Ю.В., Тилик В.Т. Трение и смазки при обработке металлов давлением. – М.: Metallurgy, 1982. – 312 с.
2. Патент RU № 2761658. Центробежная ударная мельница / Колобов М.Ю., Гущина Т.В., Блиничев В.Н., Чагин О.В. // Бюл. № 35, 2021.
3. Авторское свидетельство № 651841. Коллоидная мельница / Блиничев В.Н., Клочков Н.В., Гуюмджян П.П. // Бюл. № 10, 1979.

УДК 621(075.8)

Г. В. Даровской, В. Н. Поляков

ФГБОУ ВО Ростовский государственный университет путей сообщения

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ СТАТИЧЕСКОЙ ГРАДУИРОВКИ ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СМАЗОЧНОЙ ПЛЕНКИ

Аннотация: Разработана методика статической градуировки прибора для измерения толщины смазочной пленки в паре трения «ролик-колодка» на модернизированной машине трения ИИ 5018 с помощью полиэтиленовых пленок. Установлено, что показания имеют одинаковый характер зависимости, характеризующийся плавным уменьшением показаний прибора при увеличении нагрузки. Разброс экспериментальных данных при измерении не превышает $\pm 5\%$.

Ключевые слова: статическая градуировка, толщина смазочной пленки, машина трения типа «Амслер», пара трения «ролик-колодка».

G. V. Darovskoy, V. N. Polyakov

DEVELOPMENT OF STATIC CALIBRATION TECHNIQUE FOR MEASURING LUBRICATING FILM THICKNESS

Abstracts: A static calibration technique has been developed for measuring the thickness of the lubricating film in the roller-block friction pair on the upgraded II 5018 friction machine using polyethylene films. It was established that the readings have the same nature of dependence, characterized by a smooth decrease in the readings of the device when the load increases. The dispersion of experimental data during measurement does not exceed $\pm 5\%$.

Keywords: static calibration, thickness of lubricating film, friction machine of «Amsler» type, friction pair «roller-block.»

В настоящее время при трибомониторинге используется различное экспериментальное оборудование, как серийное, так и авторское. При испытаниях по схемам «ролик-колодка» и «ролик-ролик» широкое распространение получили роликовые машины трения типа «Амслер» (далее МТ): ИИ 5018, 2070 СМТ-1, УМТ-2168 «Унитриб» и др.

При оценке свойств смазочных материалов большой интерес представляет оценка толщины смазочного слоя и длительности существования сплошной смазочной пленки в контакте [1-3]. Для этого многочисленными исследователями создаются различные приборы, т.к. серийно они не выпускаются.

При разработке подобных устройств они должны иметь возможность интегрироваться в трибологическую измерительную систему; передавать цифровые экспериментальные данные, полученные при измерениях, на компьютер для последующей их автоматизированной обработки; обеспечивать требуемую точность измерений [2, 3].

Для измерения толщины смазочной пленки на МТ типа «Амслер» авторами разработано устройство оригинальной конструкции [4], принцип работы которого основан на емкостном методе с применением генератора Джонсона.

Целью статической градуировки измерительной трибологической системы «МТ – автоматический цифровой преобразователь (далее АЦП) – прибор для измерения толщины смазочной пленки (далее ПИТП) – компьютер», является получение номинальной градуировочной характеристики и характеристик случайной и систематической составляющей погрешности [1-4].

Анализ технической литературы показал, что информация по вопросам статической и динамической градуировки при измерении толщины смазочной пленки емкостным методом, практически отсутствует.

Это потребовало создание методики статической градуировки ПИТП, которая заключается в применении между роликом и колодкой (рис. 1) полиэтиленовых пленок различной толщины. Основным критерием выбора полиэтиленовых пленок различной толщины.

новой пленки является диэлектрическая проницаемость, которая должна быть такой же, как и у машинного масла.

Статическая градуировка ПИТП включает в себя следующие этапы:

- установка ролика и держателя с колодкой на МТ ИИ 5018;
- изоляция ролика и механизма нагружения постановкой кольца из диэлектрического материала на верхний вал МТ ИИ 5018;
- установка токосъемников оригинальной конструкции с целью повышения точности измерений и снятия электрического сигнала с вала МТ;
- соединение прибора для измерения толщины смазочной пленки с АЦП и компьютером;
- последовательная установка образцов из полиэтилена различной толщины между роликом и колодкой (см. рис. 1) и плавное их нагружение;
- фиксация показаний ПИТП и автоматизированная их обработка на компьютере.

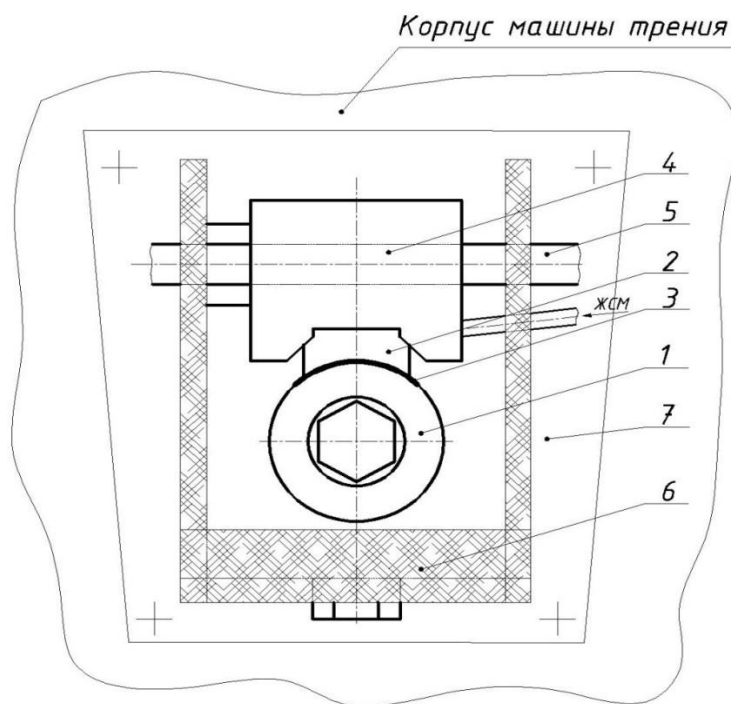


Рис. 1. Схема градуировки ПИТП:

- 1 – ролик; 2 – колодка; 3 – полиэтиленовая пленка; 4 – держатель;
5 – рычаг механизма нагружения; 6 – смазочная камера; 7 основание

Толщина полиэтиленовых пленок определялась с помощью поверенного микрометра. Ролик твердостью 42...45 HRC изготовлен из стали 45 ГОСТ 1050-2013, колодка из бронзы БрАЖ-9-4 ГОСТ 18175-78, шероховатости рабочих поверхностей Ra 0,3 мкм.

Результаты градуировки представлены на рис. 2 и в табл.

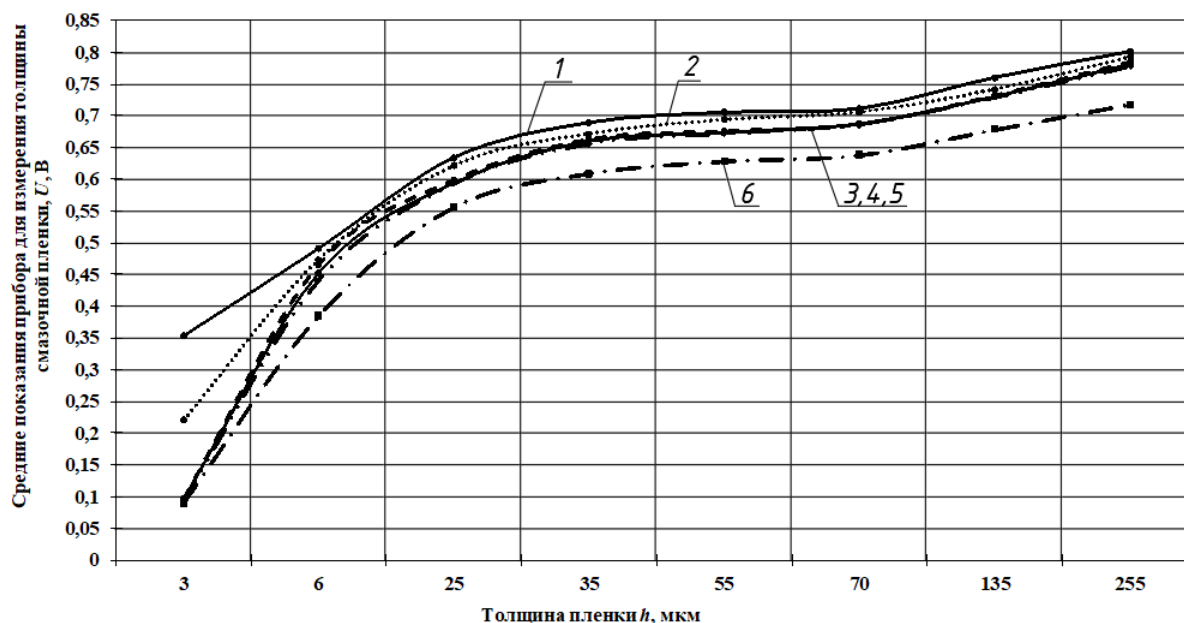


Рис. 2. Градуировочные характеристики прибора для измерения толщины смазочной пленки при массе грузов: 1 – 0,15 кг, 2 – 0,5 кг, 3 – 0,9 кг, 4 – 1,5 кг, 5 – 2,1 кг, 6 – 5,15 кг

Таблица. Результаты градуировки прибора для измерения толщины смазочной пленки

Толщина пленки h , мкм	Масса грузов, кг					
	0,15	0,5	0,9	1,5	2,1	5,15
«Нулевая позиция»	0,856	0,855	0,856	0,856	0,857	0,857
3	0,353	0,220	0,096	0,097	0,093	0,09
6	0,491	0,473	0,465	0,453	0,441	0,385
25	0,634	0,621	0,598	0,594	0,593	0,556
35	0,689	0,671	0,662	0,660	0,656	0,609
55	0,705	0,693	0,675	0,673	0,672	0,628
70	0,711	0,705	0,686	0,687	0,687	0,638
135	0,760	0,741	0,731	0,730	0,729	0,678
255	0,801	0,792	0,784	0,781	0,778	0,718

Как видно из рис. 2, градуировочные характеристики в диапазоне нагрузки 0,9...2,1 кг практически совпадают, и лишь при достижении 5,15 кг существенно отличаются. Показания ПИТП для различных толщин пленок при увеличении нагрузки снижаются (см. табл.), что свидетельствует о пластической деформации полиэтиленовой пленки в контакте.

После снятия нагрузки с пары трения «ролик-колодка» значения ПИТП стабильно возвращаются к «нулевой позиции» (см. табл.), погрешность измерений при этом составляет $\pm 5\%$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование фрикционных свойств высокотяговых масел : монография / Г. В. Даровской, М. А. Буракова, В. Н. Поляков, В. Н. Кротов ; Ростовский государственный университет путей сообщения. – Ростов-на Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2017. – 87 с. – ISBN 978-5-88814-747-4.

2 Моделирование гидродинамического режима трения на машинах трения типа «Амслер» / Г. В. Даровской, В. Н. Кротов, В. Н. Поляков, М. Н. Езупова // Трение и износ. – 2019. – Т. 40. – № 3. – С. 284-290.

3 Даровской Г. В., Поляков В. Н., Шайхиев А. Р. Разработка методики исследования длительности существования сплошной смазочной пленки // Сборник матер. VIII Всероссийской науч.-практ. конф. «Надежность и долговечность машин и механизмов». — Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, 2017. – С. 301—304

4. Darovskoy, G. V. Procedures for measuring thickness of lubricating film using capacitive method on Amsler-type friction machines / G. V. Darovskoy, V. N. Polyakov, A. N. Opatskikh // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : 13, Moscow, 14–16 октября 2020 года. – Moscow, 2020. – P. 012010. – DOI 10.1088/1757-899X/996/1/012010.

УДК 62-23

К. В. Жиганов, Е. Ф. Разумова

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ «MODENGY» ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ДВС

Аннотация: Специальный смазочный материал для защиты поршней двигателя внутреннего сгорания. Технологический процесс нанесения антифрикционного покрытия MODENGY для деталей ДВС на поршни двигателя, а также рекомендуемое оборудование и его оптимальная конфигурация.

Ключевые слова: Антифрикционное твердосмазочное покрытие MODENGY. Обеспечение защиты цилиндров и поршней от износа и задиров.

K. V. Zhiganov, E. F. Razumova

THE MAIN STAGES OF APPLICATION OF MODENGY ANTIFRICTION COATING FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE PARTS

Annotation: A special lubricant to protect the pistons of the internal combustion engine. The technological process of applying MODENGY antifriction coating for internal combustion engine parts to engine pistons, as well as recommended equipment and its optimal configuration.

Keywords: MODENGY antifriction hard-lubricating coating. Ensuring the protection of cylinders and pistons from wear and tear.

Чтобы дополнительно защитить поршни двигателей внутреннего сгорания автопроизводители все чаще прибегают к применению специальных смазочных материалов, в том числе антифрикционных твердосмазочных покрытий MODENGY, что позволяет в свою очередь продлить и увеличить срок службы поршневой группы двигателя внутреннего сгорания при любых нагрузках и условиях эксплуатации.

Многочисленные испытания показали, что наиболее удобным и эффективным в работе материалом является антифрикционное покрытие MODENGY для деталей двигателя внутреннего сгорания. Данное антифрикционное покрытие изготовлено на основе высокоочищенного дисульфида молибдена, графита и полимерного связующего. Особенностью данного материала является его свойство отверждаться как при комнатной температуре, так и при нагреве [3].

Преимущественные функции покрытия MODENGY, которые обеспечивают:

- обеспечение защиты цилиндров и поршней от износа и задиров;
- увеличение несущей способности поверхности трущихся деталей и узлов;
- ускорение приработки;
- смазывание на весь срок службы деталей;
- уменьшение расхода топлива, шума и трения [2].

Физические свойства антифрикционного покрытия MODENGY для деталей двигателя внутреннего сгорания.

- цвет серый матовый;
- диапазон рабочих температур °С, от -70 до +260;
- несущая способность по методу определения ASTM D2625, единица измерения Н, значение 12 500;
- срок службы при возвратно-поступательном движении в условиях сухого трения при контактном давлении 550 МПа по методу определения ASTM D2714 составляет 310 000 циклов;
- растворитель MODENGY 1013;
- средний расход покрытия составляет мл/м² 260;

- температура полимеризации/время в °С / мин +170/20 или +20/720.

При подготовке поверхности перед применением покрытия, поверхности обрабатываемых деталей следует подготовить и очистить от воды, масел и иных загрязнений. Для достижения наилучшего результата рекомендуется использовать специальный очиститель MODENGY или механические приспособления, а также ультразвуковые ванны.

Если очистить поверхности не удастся, то в процесс подготовки поверхности можно включить один или несколько следующих методов:

- горячая щелочная мойка при температуре +50...+60 °С;
- промывка деионизированной водой;
- обдув воздухом, который разогрет до +60 °С;

После очистки прикасаться к поверхностям недопустимо. Даже небольшие загрязнения (масло, отпечатки пальцев и т.п.) могут негативно сказаться на адгезии покрытия.

Покрытие MODENGY для деталей ДВС наносится распылением из аэрозольного баллона. Упаковку следует встряхнуть в течение 3-5 минут после появления стука металлических шариков внутри баллона. Это нужно для того, чтобы твердые смазочные вещества равномерно распределились в объеме связующего.

Параметры распыления, такие как диаметр сопла, давление и т.д., уже заложены в конструкции распылительной головки баллона и обеспечиваются точно вымеренными пропорциями углеводородного пропеллента и компонентов состава.

Расстояние от аэрозольного баллона нужно выбирать таким образом, чтобы покрытие достигало поверхности во влажном состоянии. Наилучшего результата можно достигнуть с дистанции в 25-30 сантиметров. Если расстояние слишком большое, то покрытие высохнет еще до контакта с поверхностью. Из-за этого оно ляжет неравномерно и не будет обладать достаточной адгезией. Толщина одного слоя материала за один проход не должна превышать 5 мкм. Если требуется большая толщина, то можно нанести покрытие в несколько этапов с предварительной сушкой в 20 минут.

Если планируется наносить материал при помощи линий для нанесения методом распыления, необходимо учитывать следующие параметры:

- для оптимального результата в помещении, где производятся работы температура воздуха должна составлять 20 ± 4 °С, а влажность – менее 50 %;
- детали оборудования, которые отвечают за перемещение поршней, должны быть сконструированы так, чтобы не происходило загрязнения или повреждения поверхностей.

При массовом производстве поршней используется покрытие MODENGY в жидкой форме. Оно наносится методом трафаретной печати с определенной толщиной покрытия, которая позволяет достичь наибольшей эффективности и адгезии с толщиной одного слоя материала, который должен составлять от 5 до 25 мкм. Исследования и тесты показали, что покрытие толщиной 10-12 мкм

предотвращает задиры, схватывание и сводит к минимуму износ, а покрытие толщиной 18-20 мкм дополнительно снижает шумы при работе поршневой группы двигателя внутреннего сгорания [1].

Определить толщину сухой пленки после обработки можно при помощи специальных электронных приборов или непосредственным измерением, например: вихретоковым или магнитным толщиномером.

При соблюдении процесса отверждения после нанесения покрытия детали не рекомендуется перемещать. При комнатной температуре покрытие отверждается за 12 часов. Увеличить скорость полимеризации можно путем нагрева, в этом случае поршни следует поместить в циркуляционную сушилку, где обеспечивается необходимая температура и время сушки. Некоторые рекомендации по условиям полимеризации приведены ниже, но, в зависимости от материала изготовления и размера поршней эти условия могут быть скорректированы. Объем покрытия после полимеризации уменьшается приблизительно в 5 раз. Это связано с тем, что растворители, содержащиеся в составе материала имеют свойства испаряться и улетучиваться.

К оптимальным условиям отверждения относят:

- сушка при температуре +20 °С в течение 12 часов;
- сушка при температуре +170 °С в течение 20 минут.

После отверждения покрытия образец партии деталей следует проверить по следующим параметрам качества:

- адгезия;
- толщина и однородность.

Уровень адгезии определяется методом ASTM D-3359 (решетчатые надрезы поверхности). Процедура предполагает применение специальной ленты, которая чувствительна к давлению, с известным минимальным значением адгезионной прочности. Более жесткий тест на адгезию предполагает испытание поршней в кипящей воде в течение минимум 0,5 ч.

Он проводится для определения поршней с плохо очищенными поверхностями или поршней с повышенной пористостью металлов. После извлечения изделий из воды, они охлаждаются до комнатной температуры и исследуются на предмет наличия отслоений и вздутий покрытия.

Толщина определяется одним из вышеописанных приборов и предполагает несколько измерений на открытой поверхности. Тест в кипящей воде для определения адгезии предусматривает очень жесткие условия испытания, а его результаты нельзя воспроизвести. Данный метод оценки используется с целью оперативного контроля качества. Его результаты чувствительны даже к малейшим изменениям в технологии очистки поверхностей деталей и/или повышению пористости металла.

Альтернативное испытание производится в нагреваемой емкости с моторным маслом, температура которого составляет +162 °С. Тест проводится в течение 96 часов. По истечению этого времени качественное покрытие не должно претерпеть заметных адгезионных потерь.

Отвержденное покрытие удаляется механическим путем:

- пескоструйной обработкой;
- обработкой стеклянной дробью;
- обработка подобными способами.

Не застывший материал при обработке цилиндрично-поршневой группы легко убирается с поверхностей при помощи специального очистителя-активатора MODENGY.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безызнасная эксплуатация двигателей внутреннего сгорания: монография / Р.Ю. Соловьев, С.А. Соловьев, Д.А. Гительман [и др.]; под общей ред. Р.Ю. Соловьева. - М.: ФГБНУ ГОСНИТИ, 2015. - 196 с.
2. Ерохин, М. Н. Трибологические основы повышения ресурса машин (вопросы и ответы): Учебное пособие / М. Н. Ерохин, Д. Н. Гаркунов, В. В. Стрельцов и др. - М.: ФГОУ ВПО МГАУ, 2003. - 103 с.
3. Лужнов, Ю.М. Основы триботехники: учеб. пособие / Ю.М. Лужнов, В.Д. Александров; под ред. Ю.М. Лужнова. - М.: МАДИ, 2013. - 136 с.

УДК 621.787

В. П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕТОДОВ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОЖАРНЫХ НАСОСОВ

Аннотация: материал представленный в статье отражает вопрос повышения износостойкости деталей пожарной техники; особый акцент сделан на увеличении долговечности деталей пожарного насоса; для повышения износостойкости предлагается проведение упрочняющей обработки при изготовлении или ремонте узлов и деталей; для проведения исследований и определения износа материалов при трении предложена конструкция триботехнического устройства и экспресс методика; положительное влияние упрочняющей обработки на износостойкость контактирующих поверхностей подтверждается результатами лабораторных триботехнических исследований.

Ключевые слова: долговечность, интенсивность изнашивания, шероховатость поверхности, микротвердость поверхности, пара трения, упрочняющая обработка, алмазное выглаживание.

V. P. Zarubin

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF STRENGTHENING TREATMENT METHODS ON THE WEAR RATE OF FIRE PUMP PARTS

Abstract: the material presented in the article reflects the issue of increasing the wear resistance of parts of fire fighting equipment; particular emphasis is placed on increasing the durability of parts fire pump; to improve durability and proposed a hardening treatment in the manufacture or repair of components and parts; to conduct research and to determine the wear of the friction materials in the design of tribological devices and rapid methodology; The positive effect of strengthening treatment on the wear resistance of the contacting surfaces is confirmed by the results of laboratory tribotechnical studies.

Keywords: durability, wear rate, surface roughness, surface microhardness, friction pair, hardening treatment, diamond smoothing.

Исследование причин выхода из строя узлов и агрегатов дает возможность сделать заключение, что основной причиной постановки техники на ремонт является повышенный износ контактирующих деталей. Износ может возникать в следствии достаточно большого количества различных факторов. Тяжелые условия работы, высокие скорости, низкое качество материалов, загрязнение смазочного материала абразивными частицами и продуктами износа [1]. И это только небольшая часть причин негативно влияющих на долговечность деталей и агрегата в целом. Таким образом снижение износа за счет устранения одной или нескольких причин положительно отразится на работоспособности механизмов и позволит продлить срок службы всей машины. В настоящее время борьба с негативными факторами трения ведется достаточно широко и различными способами. Например разработка новых смазочных материалов наполненных различными противоизносными, антифрикционными, противозадирными и т.д. присадками и наполнителями занимает достаточно важное место в трибологии как способ борьбы с трением [1]. Однако стоит понимать, что применение смазочного материала даст положительный результат в том случае если поверхности трения обработаны достаточно качественно с учетом режимов эксплуатации деталей. Качественная обработка поверхностей деталей должна выполняться не только при изготовлении новой детали, но и в случае восстановления изношенной поверхности при ее ремонте. Технология восстановления изношенных деталей зависит от нескольких факторов, например от материала изготовления и геометрических параметров изношенной поверхности.

В настоящей работе сделан акцент на восстановлении рабочих поверхностей изношенных деталей пожарных насосов. Выбор агрегата обусловлен тем, что от качественной работы насоса зависит успех проведения боевой задачи пожарным подразделением. Статистические данные по причинам выхода из строя пожарных насосов позволяют определить ряд деталей наиболее подвер-

женных негативному действию трения. Чаще всего значительный износ имеют поверхности вала в местах контакта с подшипниками и в местах контакта с манжетными уплотнениями. В процессе проведения ремонта, поврежденные поверхности вала подвергаются восстановлению с последующей механической обработкой. Одним из самых распространенных способов восстановления поверхностей цилиндрических деталей является наплавка с помощью электродуговой сварки с последующей механической обработкой на токарном станке [2]. Однако стоит отметить, что восстановленные таким способом детали не всегда отвечают предъявляемым к ним требованиям. Для улучшения механических свойств восстанавливаемой поверхности детали вал, в дополнение к механической обработке точением предлагается применять поверхностное упрочнение.

Методы поверхностного упрочнения достаточно многочисленны и некоторые из них требуют больших энергетических затрат. Одними из самых доступных методов упрочнения можно назвать методы обкатки роликами на токарных станках, чеканка и алмазное выглаживание [3, 4, 5]. Указанные выше методы не требуют применения сложного оборудования и больших затрат энергии. Их с успехом можно проводить на токарных станках сразу после операции точение. Цель применения таких методов упрочнения основана на получении на поверхности деталей слоя с повышенной микротвердостью и достаточно низкой шероховатостью. Из результатов проведенных исследований следует, что упрочненные поверхности менее подвержены коррозии и износу [6].

В настоящей работе были проведены исследования износостойкости стальных образцов поверхность которых упрочняли с помощью термической обработки, чистовым точением с алмазным выглаживанием, термообработкой с последующим алмазным выглаживанием.

Испытания на износостойкость проводили с помощью лабораторной установки на базе настольного сверлильного станка [7]. Установка позволяет проводить длительные испытания образцов на трение и реализует схемы трения с точечным контактом, контактом по линии и по плоскости. Принципиальная схема пары трения установленной на сверлильный станок представлена на рисунке 1.

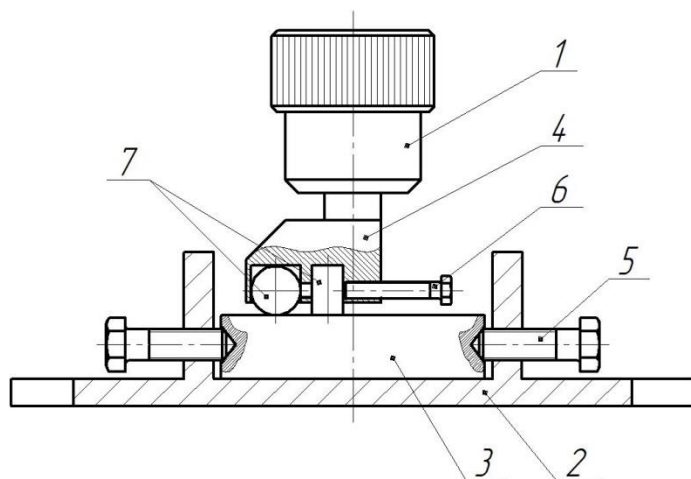


Рис. 1. Пара трения, устанавливаемая на станок сверлильный СНВШ 2:

- 1 – патрон станка; 2 – корпус;
- 3 – образец неподвижный (шайба);
- 4 – державка; 5 – крепежный винт корпуса;
- 6 – винт крепления образцов;
- 7 – цилиндрический и сферический образец

Принцип работы установки заключается в следующем. В патрон сверлильного станка устанавливается державка 4. В технологические отверстия державки устанавливаются образцы 7. Для решения задачи по определению износа деталей пожарного насоса был выбран цилиндрический образец позволяющий проводить все указанные виды упрочняющей обработки. Цилиндрический образец контактирует с шайбой 3 установленной в корпусе 2 и стационарно закрепленной на столе сверлильного станка. Усилие прижатия образцов контролируется через стандартный для станка привод подачи вала шестерни и речной траверсы. В результате проведения эксперимента фиксировалось изменение износа образцов в зависимости от методов упрочнения. Результаты проведенных исследований представлены на рисунке 2.

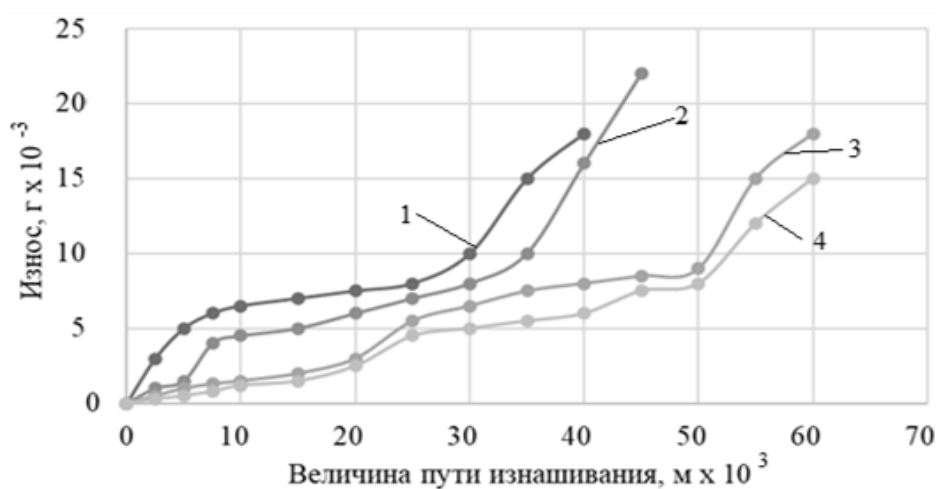


Рис. 2. Зависимость износа детали пары трения от пути трения при различном способе упрочняющей обработки
 1 – точение без термообработки, 2 - термообработка,
 3 –точение + алмазное выглаживание,
 4 – термообработка + алмазное выглаживание

Результаты проведенных исследований дают возможность сделать заключение о положительном влиянии упрочняющей обработки на противоизносные свойства детали пары трения. Минимальные показатели имеет упрочнение поверхности с помощью термической обработки. При ней интенсивность изнашивания снижается на 1, - 2 %. Стоит отметить, что после термической обработки пара прошла на 10 километров больше до наступления катастрофического износа. Обработка образца точением с последующим алмазным выглаживанием снизило износ на 20 – 30%, продлив срок службы пары трения в три раза. Лучшие показатели по снижению износа имеет обработка поверхности деталей состоящая из термической обработки с последующим алмазным выглаживанием. В этом случае износ снизился на 30 – 40% с увеличением дистанции пробега в три раза.

Таким образом проведение предварительных исследований влияния упрочняющей обработки на противоизносные свойства деталей пар трения позволяет сделать заключение о ее положительном влиянии на долговечность контактирующих деталей. Комплексное применение упрочняющей обработки и качественного смазочного материала позволит значительно продлить срок безотказной эксплуатации машин и агрегатов в том числе и пожарных насосов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1999. – 336 с.
2. Папшев, Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1968. – 178 с.
3. Волков А.В., Чернышев С.А. Различные способы модификации поверхностей проточной части динамических насосов с целью повышения их эксплуатационных качеств // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: Тез. докл. двенадцатой Международ. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов. - М., 2006. - Т. 3. – С. 281-282.
4. Сорокин, В.М. Повышение качества поверхности и долговечности деталей машин ударно-импульсной и комбинированной обработкой / В.М. Сорокин. - Н.Новгород: АТМ, 1996. - 246 с.
5. Торбило В.М. Алмазное выглаживание. – М.: Машиностроение, 1972 – 105 с.
6. Маршаков И.К. Термодинамика и коррозия сплавов. – Воронеж, 1983. 167 с.
7. Зарубин В.П., Легкова И.А. Модернизация сверлильного станка для определения интенсивности изнашивания конструкционных материалов // NovaInfo.Ru (Электронный журнал.) – 2020 г. – № 111; URL: <https://novainfo.ru/article/17478>

УДК 621.882

З. С. Каргаев, П. В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ЖИДКИХ СРЕД НА КОРРОЗИОННОЕ РАЗРУШЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация: в данной статье представлены результаты исследований влияния некоторых жидких сред на коррозионное разрушение резьбовых соединений. Установлено, что растворы солей являются сильными электролитами, вызывающими электрохимическую коррозию металлов и сплавов. Продукты коррозии (ржавчина) в зазоре наружной и внутренней резьбы значительно повышают момент отвинчивания резьбового соединения и могут привести к полной утрате его подвижности. Данная проблема значительно усложняет проведение ремонта оборудования и техники, увеличивает сроки ремонта.

Ключевые слова: резьба, коррозия, скорость коррозии, растворы солей, электролит.

Z. S. Kargaev, P. V. Puchkov

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF CERTAIN LIQUIDS ON THE CORROSION DESTRUCTION OF THREADED CONNECTIONS

Abstract: this article presents the results of research on the influence of certain liquids on the corrosion destruction of threaded connections. It is established that salt solutions are strong electrolytes that cause electrochemical corrosion of metals and alloys. Corrosion products (rust) in the gap of the outer and inner threads significantly increase the moment of unscrewing the thread connection and can lead to a complete loss of its mobility. This problem significantly complicates the repair of equipment and equipment, increases the repair time.

Keywords: thread, corrosion, corrosion rate, salt solutions, electrolyte.

С целью выявления наиболее эффективного способа борьбы с коррозией резьбовых соединений и определения наиболее эффективных смазочных и герметизирующих веществ для их защиты от коррозии были смоделированы реальные условия работы крепежных резьб. Созданные условия сходны с условиями в которых работают разъемные соединения пожарной и аварийно-спасательной техники на дорогах России. Кроме атмосферной влаги на дорожном покрытии в зимний период присутствуют различные соли, применяемые в качестве антиобледенительного агента, а также образующиеся на их основе водные соляные растворы.

Для исследований негативного воздействия жидких электролитов на резьбовые соединения был подготовлен комплект болтов с гайками с метрической резьбой М12х50 мм. Данные метизы имеют на поверхности защитное цинковое покрытие.

Цинковое покрытие тела болта (гайки) выступает в качестве анодной защиты. Маркировка болтов 5.8 символизирует о механических свойствах данного изделия: болт изготовлен из низкоуглеродистой стали, предел прочности $\sigma_B = 380$ МПа, предел текучести $\sigma_T = 420$ МПа, нормированный момент затяжки такого резьбового соединения не должен превышать 39,0 Нм. Болты (витны) данного класса прочности можно применять для малонагруженных соединений.

В качестве агрессивных сред для проведения исследований использовали следующие жидкости (растворы): водопроводная вода; дистиллированная вода; водный раствор поваренной соли.

Самым распространенным бюджетным дорожным реагентом является песко - соляная смесь, в состав которой входит поваренная соль, поэтому концентрация водного раствора подобрана не случайно. По ГОСТу состав песко-соляных смесей может иметь следующие пропорции компонентов: 70% песка на 30% соли; 50% песка на 50% соли; 75% песка на 25% соли; 90% песка на 10% соли.

Эксперимент проводился при полном погружении в жидкость болта М12 с накрученной на него гайкой, при температуре окружающего воздуха и раствора $T = 24^{\circ}\text{C}$ в течение 30 суток (рис. 1).



а)



б)

Рис. 1. Емкость с водным раствором поваренной соли и погруженным в нее резьбовым соединением «Болт М12х50 мм -гайка»: а – поверхность резьбы по прошествии 14 суток; б – поверхность резьбы по прошествии 30 суток

Через 30 суток из емкостей извлечены резьбовые соединения. Наибольшему коррозионному разрушению подверглось резьбовое соединение, находящееся в водном растворе поваренной соли (NaCl). Данный раствор является достаточно сильным электролитом, вызывающим электрохимическую коррозию металлов и сплавов (рис.2).

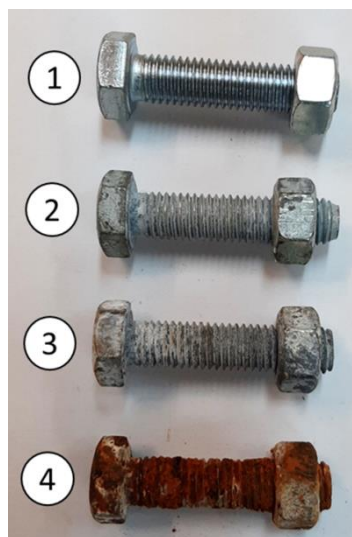


Рис. 2. Резьбовые соединения «Болт М12-гайка» после выдержки в коррозионных средах в течение 30 суток:

- 1 – эталонное резьбовое соединение (находилось на воздухе);
- 2- резьбовое соединение, погруженное в дистиллированную воду;
- 3- резьбовое соединение, погруженное в водопроводную воду; 4 - резьбовое соединение, погруженное в водный раствор поваренной соли

Как и следовало ожидать при контакте металлической поверхности резьбовых соединений с коррозионной средой в первую очередь разрушается защитное цинковое покрытие на болтах (гайках), так как электродный потенциал цинка более электроотрицательный ($\varphi_{\text{Zn}} = - 0,763 \text{ В}$), чем электродный потенциал железа ($\varphi_{\text{Fe}} = - 0,44\text{В}$) (Рис.3).

Поэтому цинк - это металл протектор (жертвенный анод). При воздействии электролита на два разнородных металла железо и цинк, на поверхности образуются микрогальванические элементы, при этом цинк начинает окисляться и переходить в ионное состояние, а образовавшиеся свободные электроны перетекают на железо, тем самым восстанавливая его. Разрушение цинкового покрытия проявляется в виде окислов белого цвета, образующихся на поверхности резьбового соединения.

По результатам эксперимента на поверхности резьбы образовались продукты коррозии железа – ржавчина (рис. 1б), что свидетельствует о не долговременной защите цинком стального тела болта при наличии токопроводящей среды (электролита). Как видно из рисунка 1 (поз. 4) за 30 суток цинковое покрытие полностью разрушилось и перестало выполнять свои защитные функции. Можно сделать вывод, что в зимний период резьбовые соединения подвержены наиболее интенсивному коррозионному разрушению под действием реагентов, которыми обильно посыпают автомобильные дороги.

Для оценки скорости коррозии образцов применялся весовой метод, который основан на определении изменения массы образца до и после коррозионных процессов. Скорость коррозии рассчитывается по следующей формуле:

$$g = \frac{m_1 - m_2}{2 \times S_{\text{уд.образца}}}, \quad (1.1)$$

где v – скорость коррозии, мг/см²;

m_1 – масса образца до коррозии, мг.;

m_2 – масса образца с продуктами коррозии, мг.;

S – удельная поверхность образца, см².

Для определения потери массы образцов вследствие электрохимической коррозии использовались электронные весы Digital Pocket Scale с точностью измерения ± 10 мг.

Площадь резьбовой поверхности рассчитывалась приблизительно, как площадь поверхности цилиндра, где $R = 6,0$ мм и $l = 50$ мм.

$$S_{\text{резьбы}} = 2\pi Rl + 2\pi R^2 \quad (1.2)$$

Результаты эксперимента представлены в таблице 1.



Рис. 3. Болт М12 с гайкой и продуктами коррозии цинка (выдержка 14 суток)

Таблица 1. Результаты экспериментов по определению скорости коррозии резьбовых соединений в различных средах

№ образца	среда	Площадь поверхности резьбы, S (см ²)	Вес образца до эксперимента, m ₁ (мг)	Вес образца после эксперимента, m ₂ (мг)	Потеря металла за 30 суток, Δm (мг)	Скорость коррозии, V (мг/см ²)*мес.
1	Воздух	21,10	6760	6760	0	0
2	Дистиллированная вода	21,10	6750	6740	10	0,47
3	Водопроводная вода	21,10	6760	6720	40	1,89
4.	В17 г. NaCl + 100 мл H ₂ O	21,10	6760	6620	140	6,96

В результате проведённого эксперимента можно сделать заключение, что растворы поваренной соли являются наиболее сильными электролитами вызывающими электрохимическую коррозию металлов и сплавов. Скорость коррозии металлов в присутствии таких растворов протекает в разы интенсивнее чем на воздухе или в присутствии атмосферной влаги.

Также эксперимент показал, что даже в дистиллированной воде, теоретически не являющейся электролитом, коррозия протекает заметно быстрее чем на воздухе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков П.В., Масленников Р.А. Новые технические решения для заправки пожарных автомобилей пенообразователем Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. – С. 108-1112.

2. Пучков П.В., Кононов И.А. Коррозионное разрушение резьбовых соединений в водных растворах. ЭЛЕКТРОМЕХАНОТРОНИКА И УПРАВЛЕНИЕ// четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2019»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 4. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2019. – 87 с.

3. Пучков П.В., Иванов А.В., Тимофеева С.В. Опасности, возникающие при эксплуатации резервуаров, используемых для хранения нефти и нефтепродуктов // Проблемы безопасности. Технологии. Управление. Новые горизонты «Безопасность – 2012»: материалы XVII Всероссийской студентческой научно-практической конференции с международным участием (Иркутск, 17-20 апреля, 2012 г.). –Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2012. С. 179-180.

4. Н.П. Жук. Курс коррозии и защиты металлов. Москва, «Металлургия», 1968

5. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии / Под ред. И.В. Семеновой. – М.: Физматлит, 2002. – 336 с.

УДК 621

А. И. Карпухин, В. В. Киселев

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ ПРИСАДОК ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСМИССИЙ ОСНОВНЫХ ПОЖАРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация: в докладе приводятся статистические данные об отказах основных узлов и агрегатов пожарных автомобилей. Обосновывается актуальность улучшения противоизносных свойств трансмиссионных масел, применяемых в узлах трения пожарной техники. Приводятся данные об испытании противоизносной добавки, содержащей соли мягких металлов. Показаны сравнительные триботехнические характеристики базового масла и масла, модифицированного противоизносной добавкой. Сделаны выводы об эффективности применения противоизносных добавок к трансмиссионным маслам.

Ключевые слова: надежность, пожарный автомобиль, трансмиссия, смазочный материал, противоизносная добавка.

A. I. Karpuhin, V. V. Kiselev

APPLICATION OF ANTIWEAR ADDITIVES TO INCREASE WEAR RESISTANCE OF TRANSMISSION PARTS OF MAIN FIRE VEHICLES

Abstracts: the report provides statistical data on failures of the main components and assemblies of fire trucks. The relevance of improving the antiwear properties of gear oils used in friction units of fire fighting equipment is substantiated. Data are given on testing an antiwear additive containing soft metal salts. Comparative tribotechnical characteristics of the base oil and the oil modified with an antiwear additive are shown. Conclusions are drawn about the effectiveness of the use of antiwear additives to gear oils.

Keywords: reliability, fire truck, transmission, lubricant, antiwear additive.

В настоящее время на вооружении пожарной охраны Ханты-Мансийского автономного округа-Югры находится большое количество пожарной аварийно-спасательной техники. Обеспеченность подразделений ФПС ГУ МЧС России по ХМАО-Югры современным пожарно-техническим вооружением и аварийно-спасательным оборудованием составляет всего лишь 30% от общей численности пожарной техники. В основном на вооружении находится техника с большим сроком службы. В результате, чего для поддержания боевой готовности последней необходимо проведение своевременного и качественного технического обслуживания. Одной из составляющих качественного технического

обслуживания является качество применяемых расходных материалов, в частности смазочных материалов.

На рис. 1 представлены данные, которые показывают, что значительная доля отказов приходится на нарушение работоспособности трансмиссий пожарных автомобилей. На неисправности деталей трансмиссии пожарной техники, согласно оперативным данным, приходится порядка 27% от общего числа всех поломок. Поэтому улучшение качества их обслуживания, включая своевременную замену смазочных материалов в трансмиссиях пожарных автомобилей, является важной задачей, решение которой позволит повысить боеготовность подразделений пожарной охраны.

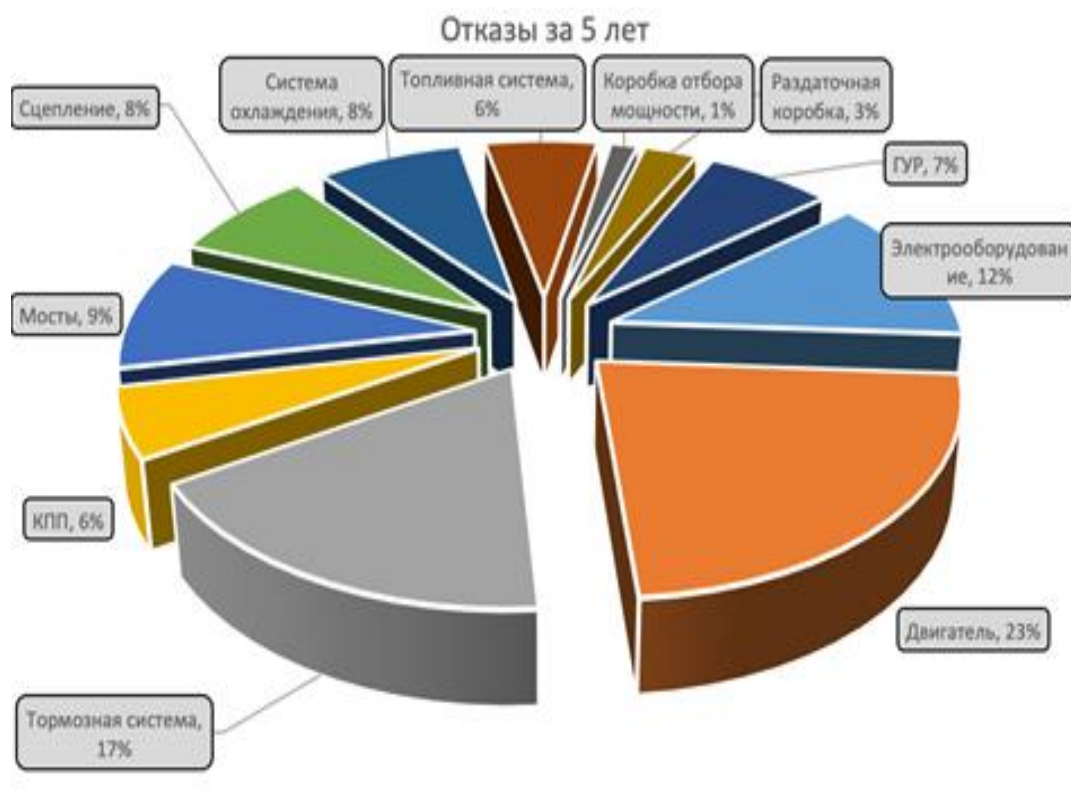


Рис. 1. Статистические данные по отказам основных узлов пожарных автомобилей

Исследование триботехнических характеристик трансмиссионного масла с трибоактивной добавкой проводилось с помощью экспериментальной установки - триботехнический маятник. Установка закрепляется на токарно-винторезном станке модели 16К20, показанном на рис. 2.

Данная экспериментальная установка не имеет ни каких цифровых индикаторов, указывающих на значения нагрузки, момента трения, тем не менее позволяет с высокой точностью определять коэффициент трения по принципу физического маятника. Значение отклонения маятника от вертикального поло-

жения будет прямопорционально возникающему в зоне трения моменту трения или коэффициенту трения. Величину отклонения маятника от вертикального положения фиксировали с помощью лазерного указателя, проецирующего изображение на противоположную вертикальную поверхность с нанесенной разметкой. Измеренное перемещение пятна лазерного луча пересчитывается в коэффициент трения контактирующих поверхностей испытываемых материалов.

В работе для оценки и сравнения присадки были исследованы триботехнические характеристики – зависимости коэффициента трения от приложенной нагрузки и зависимость интенсивности изнашивания от приложенной нагрузки при фиксированном пробеге. Эти характеристики определяют границы работоспособности пары трения. Стойкость материалов к изнашиванию в различных режимах трения определяют ресурс и срок службы узлов трения.

Исследуемая присадка представляет собой стеараты мягких металлов. Металлы в стеарате находится в растворенном виде. При определенных условиях металлические компоненты присадки восстанавливаются на контактирующих поверхностях.

Такие условия возникают в зоне трения, где присутствуют нормальные и сдвигающие нагрузки и повышенные температуры. Химически чистые металлы очень активны и практически мгновенно восстанавливаются на металлических поверхностях деталей узлов трения, предотвращая непосредственный контакт пары трения.

Трибоактивная добавка растворялась в базовом масле в различных концентрациях от 1 до 3 %. На рис. 3, 4 представлены результаты выполненных исследований с указанной концентрацией.

Из представленных зависимостей можем заметить, что введение в базовое масло МС-20 разработанной присадки приводит к улучшению его триботехнических свойств, в частности к уменьшению коэффициента трения до 2 раз в зависимости от нагрузки, снижению степени износа поверхности до 4 раз, а также увеличению нагрузочной способности до 60 %.

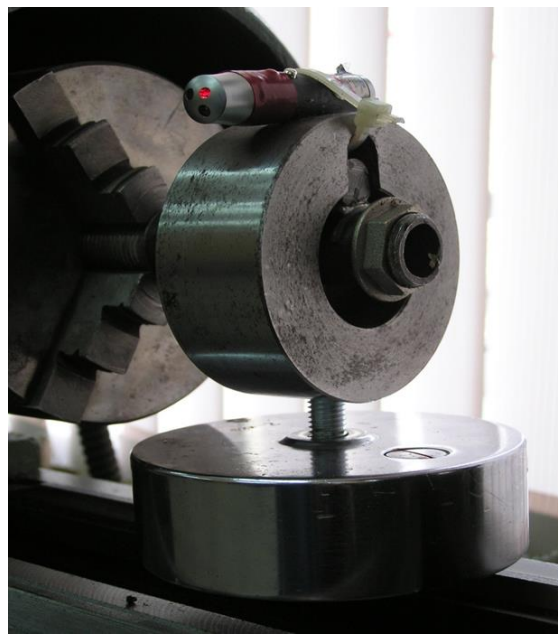


Рис. 2. Экспериментальная установка

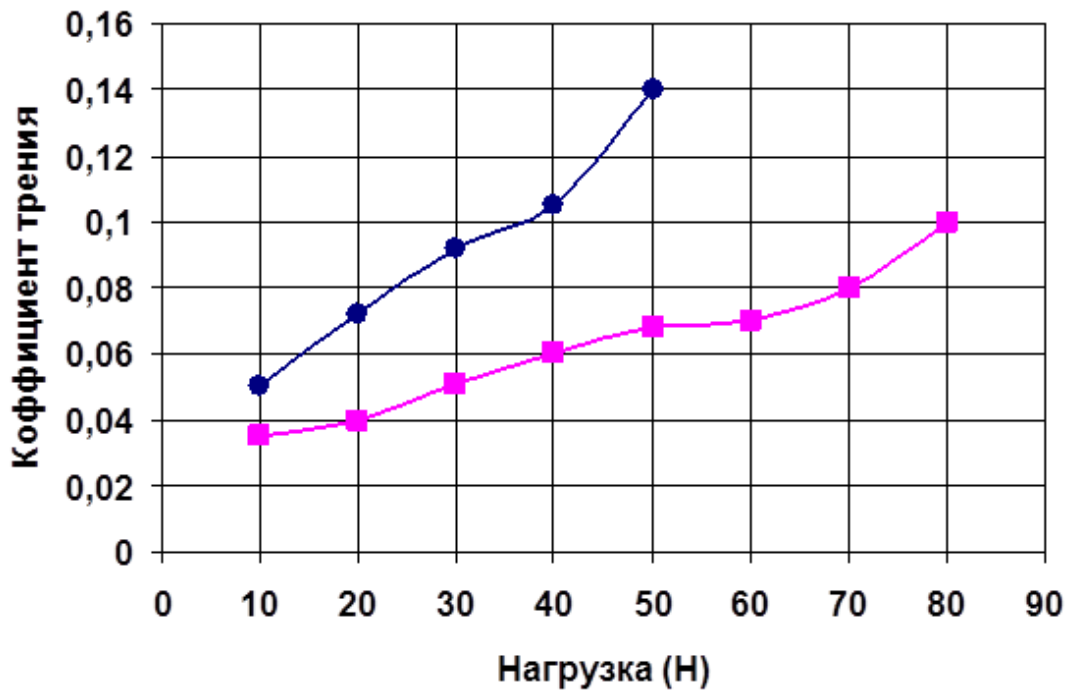


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от нагрузки на контактирующие детали:
 ● – масло МС-20, ■ – масло МС-20 с противоизносной присадкой

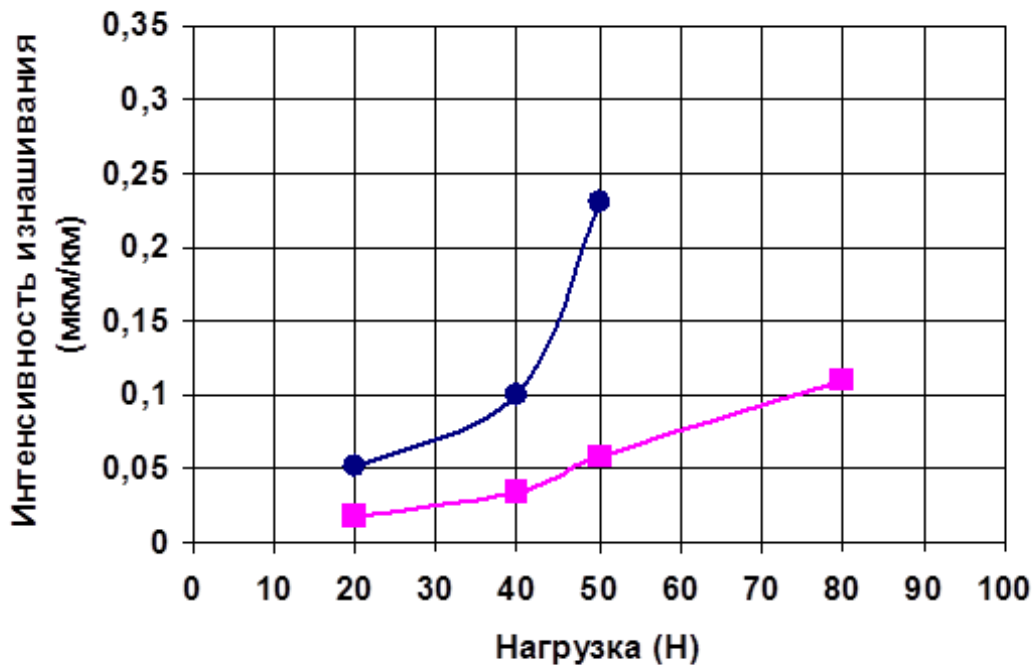


Рис. 4. Зависимость интенсивности изнашивания от нагрузки на контактирующие детали:
 ● – масло МС-20, ■ – масло МС-20 с противоизносной присадкой

Параллельно с изучением основных триботехнических показателей разработанной присадки проводились испытания на определение коррозионной активности масла с присадкой. Сущность метода заключается в определении изменения массы металлических пластин, подвергшихся периодическому воздействию испытываемого объекта и воздуха. Потери массы пластин в масле с разработанным стеаратом составили от 0,91 до 0,955 г/м², что согласно ГОСТу 20502 – 75 соответствует отсутствию коррозионного воздействия данной присадки на испытываемое масло.

На основании проведенных экспериментов можем сделать следующие выводы:

- применение масел, модифицированных исследованной металлсодержащей присадкой позволит снизить коэффициент трения – до 2 раз, интенсивность износа поверхностей – до 2,5 раз;

- результаты исследований показали, что применение присадки не приводит к увеличению коррозионной активности масла.

- применение модифицированных масел также позволит улучшить технико-экономические показатели, а именно продлить ресурс работы трансмиссий пожарной техники до 2 раз; снизить аварийные разрушения узлов; сократить затраты на внеплановые ремонты оборудования; экономить горюче-смазочные материалы; снизить потребление запасных частей и комплектующих.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков П.В., Топоров А.В. Снижение износа трущихся деталей пожарных автомобилей за счет применения высокоэффективных металлсодержащих присадок к маслам. / Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. – 2014. Т. 1. № 1 (5). – С. 363-368.

2. Пучков П.В. Проведение экспресс оценки качества смазок, используемых в спасательной технике. / Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. – 2015. № 12-1. – С. 105-107.

3. Киселев В.В., Топоров А.В., Никитина С.А., Пучков П.В., Покровский А.А., Зарубин В.П., Легкова И.А. Повышение качественных характеристик моторных масел за счет введения присадок. / Материалы международной научно-технической конференции «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии: (XVIII Бенардосовские чтения)». – 2015. – С. 330-333.

4. Крагельский И.В. Трение и износ. – М.: Машиностроение, 1968.

5. Гаркунов Д.Н., Поляков А.А., Старосельский А.А. Связь характеристик поверхностного слоя деталей машин с его износостойкостью. // Сборник «Основные вопросы надежности и долговечности машин». – М.: МАТИ, 1969.

УДК 621

В. В. Киселев, В. П. Зарубин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОТИВОИЗНОСНОЙ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ СТЕАРАТА МЕДИ И ИСКУССТВЕННОГО СЕРПЕТИНА

Аннотация: повышение надежности автотранспортных средств, используемых в системе МЧС и в любой другой сфере, является важной хозяйственной задачей. Основной причиной отказов пожарных автомобилей, выявленной в результате анализа эксплуатационных испытаний, является преждевременный износ трущихся поверхностей. Снизить износ и продлить срок службы узлов трения автомобиля возможно за счет улучшения противоизносных свойств смазочных материалов. В данной работе приводятся результаты триботехнических испытаний комбинированной противоизносной добавки для масел и смазок, применяемых в ходе технического обслуживания пожарных автомобилей.

Ключевые слова: трение, износ, противоизносная добавка, интенсивность износа, нагрузочная способность.

V. V. Kiselev, V. P. Zarubin

STUDY OF TRIBOTECHNICAL CHARACTERISTICS OF ANTI-WEAR ADDITIVE BASED ON COPPER STEARATE AND ARTIFICIAL SERPETIN

Abstracts: improving the reliability of vehicles used in the system of the Ministry of Emergency Situations and in any other area is an important economic task. The main cause of failures of fire trucks, identified as a result of the analysis of operational tests, is premature wear of rubbing surfaces. It is possible to reduce wear and extend the service life of vehicle friction units by improving the anti-wear properties of lubricants. This paper presents the results of tribotechnical tests of a combined antiwear additive for oils and greases used during the maintenance of fire trucks.

Keywords: friction, wear, antiwear additive, wear rate, load capacity.

Износ парка аварийно-спасательной и пожарной техники в ряде регионов России достигает 70%. Для пожарных автомобилей со сроком службы более 10 лет является значительной в большинстве регионов страны. Поддержание имеющейся пожарной техники в исправном состоянии, проведение ее ремонта и технического обслуживания требуют больших материальных затрат.

Пожарные автомобили эксплуатируются достаточно интенсивно и, следовательно, подвержены негативным воздействиям ряда факторов. Это неустановившийся режим работы, реверс, вибрации, возможность попадания абразивных частиц в зону контакта трущихся поверхностей. Также оказывают негативное действие на узлы и агрегаты автомобиля разнообразие внешних условий эксплуатации, вызванное как переменными нагрузками, так и изменениями в окружающей среде. Все перечисленные факторы во многом приводят к значительному повышению интенсивности изнашивания трущихся поверхностей деталей. Изнашивание деталей пожарных автомобилей приводит к ухудшению технических характеристик механизмов, снижению скорости движения, подачи и напора, развиваемых пожарными насосами. Все это приводит к преждевременной постановке автомобилей на техническое обслуживание или ремонт. Помимо затрат на их ремонт при износе, увеличивается расход топлива, смазочного материала и запасных частей. В автомобилях на преодоление трения расходуется более половины потребляемого ими топлива.

Одним из наиболее экономически выгодных путей повышения надежности и долговечности различных машин и механизмов является улучшение качества смазочных материалов, в первую очередь улучшение их противоизносных свойств. Изучение и исследование существующих смазочных композиций, реализующих снижение износа узлов трения, является важной и актуальной задачей как в технике в целом, так и в пожарной технике в частности. Применяемые для улучшения масел присадки должны обладать рядом свойств для их успешного применения, а именно должны быть хорошо растворимы в масле, где металлы будут находиться в виде ионов или молекул, что позволит проходить любые фильтрующие системы [1-4].

В настоящее время исследованы две смазочные композиции с различными видами наполнителей. В первом случае наполнителем являлся медный стеарат, во втором – мелкодисперсный порошок искусственного серпентина. Эти добавки вводились в базовое авиационное масло МС-20, содержащее минимальное количество разнообразных химических наполнителей. Применение такого масла позволит в лучшей степени оценить триботехнические характеристики исследуемого противоизносного состава.

В данной работе для оценки и сравнения противоизносной добавки были исследованы триботехнические характеристики – зависимости коэффициента трения от приложенной нагрузки и зависимость интенсивности изнашивания от приложенной нагрузки при заданном пробеге. Эти характеристики определяют границы работоспособности пары трения. Стойкость материалов к изнашиванию в различных режимах трения определяют ресурс и срок службы узлов трения.

Были получены триботехнические характеристики данных смазок, представленные на рис. 1, 2.

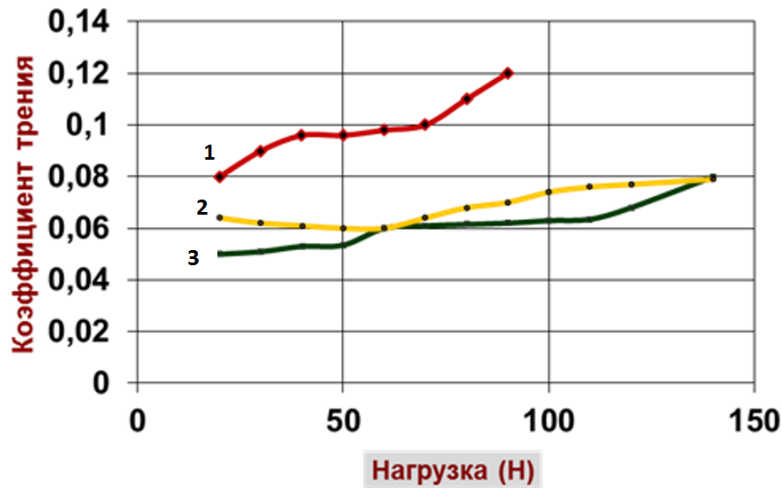


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от приложенной нагрузки:
 1 - базовое масло, 2 – масло с медным стеаратом,
 3 – масло с геомодификатором трения

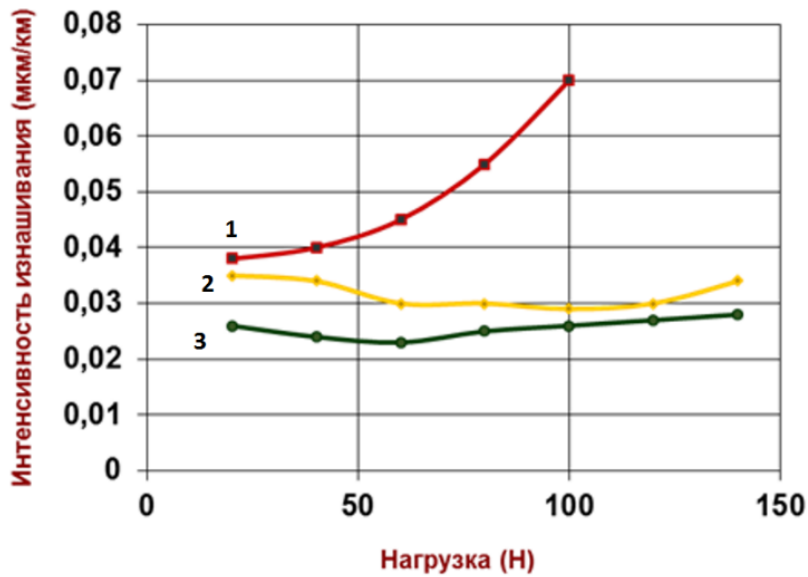


Рис. 2. Зависимость интенсивности изнашивания от приложенной нагрузки:
 1 - базовое масло, 2 – масло с медным стеаратом,
 3 – масло с геомодификатором трения

На представленных трибограммах видим, что обе добавки несколько улучшили триботехнические показатели базового масла – снизился коэффициент трения и интенсивность износа поверхностей трения, а также увеличилась нагрузочная способность.

Тем не менее каждая из исследованных добавок: металлсодержащая присадка и порошок искусственного серпентина обладают рядом недостатков. Основными из которых являются:

- для металлсодержащей присадки – это провокация металлического контакта, препятствующая осаждению мягких металлов на поверхностях трения;
- для искусственного серпентина – это повышение поверхностной твердости.

Коллективом авторов получена и исследована новая комбинированная противоизносная добавка, выполненная на основе их совмещения. На рис. 3,4 показаны триботехнические характеристики комбинированной добавки. На наш взгляд совместное действие применяемых в комбинированной добавке компонентов приводит к снижению износа в зоне трения, за счет более интенсивного осаждения мягких металлов на контактирующих поверхностях [5].

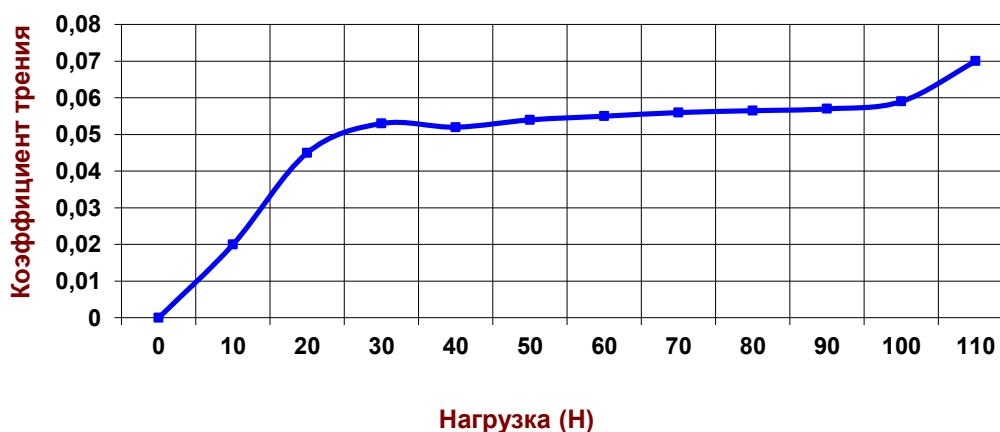


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения от нагрузки

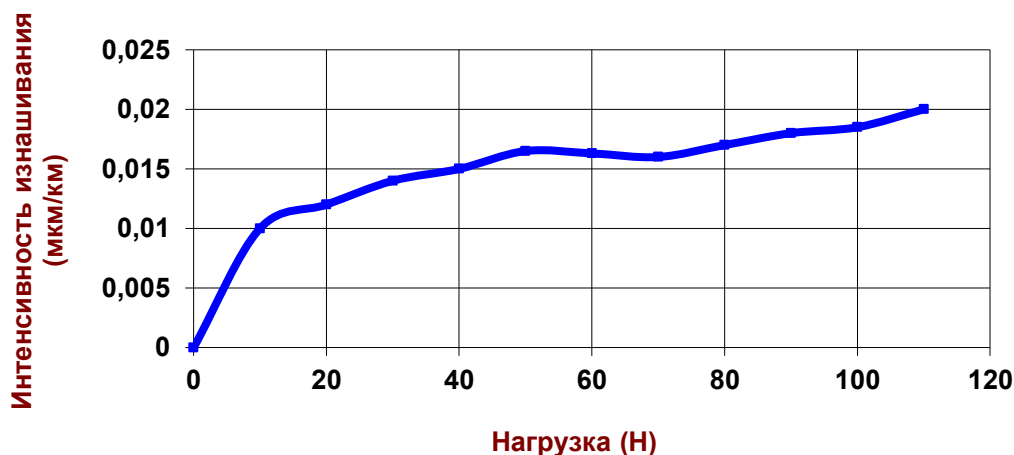


Рис. 4. Зависимость интенсивности износа от нагрузки

Анализ полученных триботехнических зависимостей позволяет сделать вывод о том, что коэффициент трения снизился в среднем на 10-12 %, а интенсивность износа в узле трения сократилась до 30 %. На основании этого можно сделать предположения о том, что применение комбинированной противоизносной добавки позволит снизить износ узлов трения и повысить долговечность техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Повышение надежности пожарной техники применением модернизированных смазочных материалов // Пожаровзрывобезопасность. – 2010. Т. 19. – №2. – С. 50 – 53.
2. Киселев В.В., Полетаев В.А. Исследование триботехнических характеристик металлосодержащих присадок к маслам, используемым в электрических машинах // Вестник ИГЭУ. – 2011. – Выпуск 2. – С. 65 – 67.
3. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1999. – 336 с.
4. Пучков П.В., Киселев В.В., Топоров А.В. Разработка конструкции трибологически безопасного резьбового соединения/ Вестник ИГЭУ, 2012. – Выпуск 1. – С. 28 – 31.
5. Киселев В.В., Топоров А.В., Пучков П.В. Перспективы использования модернизированных смазочных материалов в пожарной и аварийно-спасательной технике // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты, 2011. – №3. – С. 23 – 29.

УДК 66.911.42:66.021.1

*А. И. Ларина, И. В. Постникова, Д. В. Смирнов,
А. А. Мельников, А. В. Невский*

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет»

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭМУЛЬСИЙ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ЖИДКОСТЕЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИЕЙ

Аннотация: В статье рассматривается решение проблемы механической обработки, с использованием кавитационного эмульгатора для получения устойчивых эмульсий (смазочно-охлаждающих жидкостей). Были разработаны рекомендации по совершенствованию кавитационного смесителя-эмульгатора.

Ключевые слова: металлообработка, смазочно-охлаждающая жидкость, кавитация, механическая активация.

*A. I. Larina, I. V. Postnikova, D. V. Smirnov,
A. A. Melnikov, A. V. Nevsky*

IMPROVING THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF COOLANT EMULSIONS BY MECHANICAL ACTIVATION

Abstracts: The article deals with the solution of the problem of mechanical processing, using a cavitation emulsifier to obtain stable emulsions (cutting fluids). Recommendations were developed for improving the cavitation mixer-emulsifier.

Keywords: metalworking, cutting fluid, cavitation, mechanical activation.

Механическая обработка — это производственный термин, охватывающий широкий спектр технологий и методов. Его можно грубо определить, как процесс удаления материала с заготовки с помощью станков с механическим приводом для придания ей желаемой формы. Большинство металлических компонентов и деталей требуют некоторой механической обработки в процессе производства. Другие материалы, такие как пластик, резина и бумажные изделия, также обычно изготавливаются с помощью процессов механической обработки [1].

Изготовление деталей с помощью механической обработки затруднено, поскольку режущие инструменты часто изнашиваются и быстро выходят из строя при производстве, что отрицательно сказывается на эффективности процесса и производительности. Такие трудности при обработке возникают из-за высокоабразивных включений в материале, где режущий инструмент подвергается интенсивному механическому истиранию. В результате возможности режущих инструментов по удалению материалов и формированию поверхности соответственно ухудшаются, что обычно сопровождается неправильными формами стружки, высокими силами резания и большими размерными погрешностями — ключевыми показателями низкой производительности при обработке. Поскольку производительность низкая из-за быстрого износа инструмента, успешный контроль за развитием износа инструмента может, в свою очередь, улучшить производительность обработки.

Одним из методов уменьшения негативного воздействия, является использование смазочно-охлаждающих жидкостей. В операциях механической обработки очень важную роль играет тепловая энергия. При обработке возникает трение, из-за которого выделяется большое количество тепла. Это необходимо контролировать, а металлическую стружку необходимо удалять, чтобы обеспечить правильную форму, размер и хорошее качество поверхности заготовки. Смазочно-охлаждающие жидкости выполняют две важные функции - смазки и охлаждения. Смазка уменьшает влияние высокоабразивных включений в материале на инструмент, предотвращает коррозию. Охлаждающий эф-

фekt отводит тепловую энергию от инструмента, заготовки и стружки. Это также увеличивает срок службы инструмента [2].

Существует четыре типа СОЖ – чистое масло, растворимое масло, полусинтетическая и синтетическая эмульсия, которые сочетаются с лучшими свойствами воды за счет диспергирования эмульгированного масла и водной основы. Эмульсии – это дисперсные системы, при которых одна диспергированная распределена в другой когерентной фазе [3]. Смазочно-охлаждающие жидкости предотвращают окисление, образуя очень тонкий защитный слой на открытых поверхностях.

Прямые масла - этот тип смазки на 100% состоит из масла и не содержит воды. Он в основном используется для резки высоколегированных сплавов и других труднообрабатываемых материалов. Преимущества включают отличную смазывающую способность, хорошую защиту от ржавчины и срок службы инструмента, а также простоту обслуживания. Недостатки включают плохое рассеивание тепла, повышенный риск возгорания и трудно очищаемые детали.

Растворимые масла — это самый популярный тип смазочно-охлаждающей жидкости, который используется в легких и тяжелых операциях при работе как с цветными, так и с черными металлами. Содержит смесь воды и масла (эмульсия типа В/М, где водная фаза распределяется в масляной фазе), сочетающую смазывающую способность смазочно-охлаждающих масел с охлаждающей способностью и экономией воды. Преимущества включают хорошую смазку, улучшенную охлаждающую способность и хорошую защиту от ржавчины. Недостатки могут включать повышенные затраты на техническое обслуживание и восприимчивость к проблемам ржавчины, росту бактерий, загрязнению маслом и потерям при испарении.

Полусинтетическая эмульсия - эта охлаждающая жидкость изготовлена на синтетической основе, так же содержит масло (от 5 до 30%) и воду. «Гибрид» как растворимых, так и синтетических жидкостей, он может использоваться в самых разных областях и подходит для больших поперечных сечений и чугунных применений. Преимущества включают в себя универсальность, хорошую защиту от микробов, защиту от коррозии, охлаждение и смазку. Другие преимущества включают устойчивость к прогорклости, простоту обслуживания и длительный срок службы. С другой стороны, жесткость воды может повлиять на стабильность и вызвать запотевание, пенообразование и дерматит. Этот тип охлаждающей жидкости может также эмульгировать масла и образовывать отложения.

Синтетическая эмульсия - эта жидкость, представляющая собой прозрачные, похожие на моющие средства соединения, не содержащие масла. Синтетические охлаждающие жидкости считаются «самым чистым» типом охлаждающей жидкости, поскольку они обеспечивают наилучшее теплоотведение, хорошую защиту от коррозии и более длительный срок службы инструмента по сравнению со всеми другими типами охлаждающей жидкости. Они могут использоваться в широком диапазоне операций механической обработки и подхо-

дят для больших поперечных сечений. С другой стороны, они могут привести к ржавчине внутри машины и вызвать пенообразование. Поскольку в них отсутствует масло, они также имеют меньшую смазку по сравнению с другими типами охлаждающих жидкостей.

Рассеивая тепло, уменьшая трение и истирание, а также предотвращая коррозию и ржавчину, смазочно-охлаждающие жидкости значительно снижают износ инструмента, что впоследствии увеличивает срок его службы. СОЖ обладают высокой теплопроводностью и теплоемкостью. Низкая вязкость эмульсий обеспечивает легкое течение, также предотвращает образование шлама из-за смешивания стружки с жидкостью.

В то же время, сами СОЖ могут быть «улучшены» путем высокоскоростной обработки в аппаратах-активаторах за счет использования эффекта механической активации.

Для приготовления устойчивых эмульсий используют оборудование различного типа. Основным направлением совершенствования этих устройств является повышение качества готового продукта. Для смесительных устройств, служащих для приготовления эмульсий, - эмульгаторов - основным направлением совершенствования является повышение степени дисперсности эмульсии. В последнее время появилось много работ, связанных с разработкой кавитационных эмульгаторов.

Наиболее обширные экспериментальные исследования кавитационных эмульгаторов выполнили О.М. Яхно, В.И. Кормилицын, М.Г. Лысков, А.А. Румынский, Р.Ю. Акчурин, [4-8].

Опыт эксплуатации кавитационных эмульгаторов показал, что их потенциальные возможности не исчерпаны. Кроме того, кавитационные эмульгаторы могут быть причиной неустойчивой работы гидросистемы. Это обусловлено тем, что рабочий процесс гидродинамических кавитационных эмульгаторов детально не прописан. С другой стороны, сама теория кавитационных явлений в настоящее время находится в стадии интенсивного развития и носит незавершенный, а часто и противоречивый характер [9]. Согласно исследованиям автора, рабочий процесс гидродинамических кавитационных смесителей (эмульгаторов) основан на явлениях, происходящих при совместном течении двух фаз. Зарождение высокоскоростного двухфазного течения осуществляется кавитаторами, обеспечивающими локальное снижение давления до давления насыщенного пара.

Течение двухфазного потока в условиях трения приводит к тому, что в некотором сечении русла формируется «прыжок перемешивания», и сверхзвуковое течение переходит в дозвуковое с одновременной конденсацией жидких присадок и их диспергированием в несущую среду. Осуществление режима течения парогазожидкостного потока с прыжком перемешивания обеспечивает резкое локальное повышение давления, тем самым взаимопроникновение компонентов смеси будет наиболее полным.

Исходя из вышеизложенного, были разработаны следующие рекомендации по совершенствованию кавитационного смесителя-эмульгатора: необходимо создать условия для формирования сверхзвукового парогазо-жидкостного течения в рабочей камере смесителя, которое в условиях трения переходит в дозвуковое в прыжке перемешивания. Прыжок перемешивания создает условия интенсивного дробления жидких присадок и их внедрение в несущей среде. При этом смесь компонентов подвергается не только традиционной кавитационной обработке, но и мощному ударному воздействию скачка перемешивания.

Нами ставится цель – провести конструктивную оптимизацию кавитационного эмульгатора для получения устойчивых эмульсий СОЖ и найти оптимальные режимные параметры воздействия на СОЖ с целью улучшения их эксплуатационных характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С. Г. Энтелиса, Э. М. Берлинера. —Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник/Под ред. С. Г. Энтелиса, Э. М. Берлинера. —М.: Машиностроение, 1986. 352 с, ил.
2. Щукин Е. Д. Развитие учения П. А. Ребиндера о факторах сильной стабилизации дисперсных систем // Коллоидный журнал. 1997. №2. С. 270-284.
3. Цымбалов А.С., Ларина А.И., Толстоухов С.А., Блиничев В.Н. Диспергирование состава масло – вода в роторно – кавитационной машине // Российский химический журнал. Том. LXII, №3-4, 2019. С. 91-96.
4. Кормилицын В.И., Лысков М.Г., Румынский А.А. Комплексная экосовместимая технология сжигания водомазутной эмульсии и природного газа с добавками сбросных вод // Теплоэнергетика. 1996. - № 9. - С. 13 - 17.
5. Волков Э.П., Кормилицын В.И., Шалобосов И.А., Михайлов В.А., Савин Н.Г. Исследование вращающейся цилиндрической гидродинамической решетки кавитаторов // Теплоэнергетика. 1991. -№ 5. - С. 21-24.
6. Акчурин Р.Ю. Опыт использования кавитационного реактора для подготовки мазута к сжиганию // Энергетик. 1996. - № 4. - С. 8-9.
7. Яхно О.М., Яске Н.Н., Коваль А.Д. Особенности кавитационной технологии перемешивания высоковязких жидкостей // Химическое и нефтяное машиностроение. 1996. - № 3. - С. 23-25.
8. Крестов В.Б., Пашинкин В.С., Крестов А.В. Опыт применения кавитационного смесителя при сжигании водомазутной эмульсии // Энергетик. 1997. - № 8. - С. 10 - 11.
9. Прохасько Л. С. Гидродинамика и расчет кавитационных смесителей непрерывного действия / автореферат дисс. на соиск. уч. степени к.т.н., Пермь, 2000 г.

УДК 620.178.162.4

Л. В. Лукиенко

Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МАШИНЫ ТРЕНИЯ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ НА ИЗНОС В УСЛОВИЯХ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ

Аннотация: В статье проведён анализ используемых машин и методов испытаний на износ в условиях трения скольжения, предложен вариант совершенствования машины трения для испытания на износ в условиях трения скольжения, отличающаяся возможностью линейного изнашивания образцов.

Ключевые слова: машина трения, испытание на износ, трение скольжения, контртело, нормирование износа.

L. V. Lukienko

IMPROVEMENT OF THE FRICTION MACHINE FOR WEAR TESTING UNDER SLIDING FRICTION CONDITIONS

Abstract: The article analyzes the used machines and methods of wear testing under sliding friction conditions, suggests a variant of improving the friction machine for wear testing under sliding friction conditions, characterized by the possibility of linear wear of samples.

Keywords: friction machine, wear test, sliding friction, counterbody, wear rationing.

В современных условиях рыночного хозяйства и повышенной промышленной конкуренции особое внимание необходимо уделять повышению надёжности и долговечности вновь разрабатываемой и эксплуатируемой техники. С учётом сложности и многофакторности процесса изнашивания техники, эксплуатируемой в условиях абразивного и механического изнашивания, исследовать этот процесс аналитически весьма затруднительно. Поэтому весьма актуальным является совершенствование испытательной техники, позволяющей получить достоверные и полные характеристики процесса изнашивания. Решению этого важного научно-технического вопроса посвящены работы учёных А.В. Чичинадзе, И.В. Крагельского, А.С. Проникова, Г.М. Сорокина, В.Н. Виноградова, В.Д. Александрова, В.В. Ключева, Б.П. Сафонова и других учёных.

Целью работы является совершенствование машины трения для испытания на износ в условиях трения скольжения.

В условиях трения скольжения работает большое количество механизмов: направляющие тяжёлых станков, опорно-направляющие механизмы очистных комбайнов и другие машины и механизмы где важно постоянство межосевого расстояния в паре трения скольжения.

Проведённый анализ показал, что из уровня техники известна лабораторная установка [1], предназначенная для испытания материалов на абразивное изнашивание при трении скольжения по монолитному абразиву. В этой установке вращение шлифовальному кругу передаётся от электродвигателя с помощью промежуточного редуктора и пары конических зубчатых колёс. Каретка приводится в возвратно-поступательное движение с помощью редуктора и винта радиальной подачи. Редуктор привода каретки снабжён устройством для реверса. С целью устранения направленной шероховатости поверхности трения образца ему сообщено вращение вокруг собственной оси с помощью винта радиальной подачи и пары конических зубчатых колёс. Нагружение образца осуществляется рычагом с грузами. Скорость скольжения образца по шлифовальному кругу за цикл испытаний переменна. Износ образца определяют по потере массы образца за цикл испытаний.

Поскольку контртелом в данном случае является абразивный круг, уровень силового нагружения образцов может быть изменён в широком диапазоне. Однако спираль Архимеда, являющаяся траекторией относительного перемещения образца и контртела не обеспечивает обновления абразивной поверхности.

Из уровня техники известны конструкции склерометров «статического» типа для исследования процессов трения и измерения прочности поверхностных слоёв материалов [2, 3]. Для оценки абразивной стойкости предложен склерометр, индентор которого выполнен в виде алмазного конуса, смонтированного в рабочей головке, расположенной над поверхностью подвижного в прямолинейном направлении предметного столика для плиточного образца и связанного рычажным устройством с шариком пьезоэлектрического датчика, который воспринимает усилие царапания и направляет сигнал на регистрирующее устройство.

В качестве недостатков описанных устройств можно отметить единичный контакт индентора с исследуемой поверхностью. При этом нет возможности определить влияние множественного контакта исследуемой поверхности и контртела на процесс трения.

Из уровня техники известна машина УМТ-1, которая позволяет испытывать различные пары трения, выполненные в виде образцов типа диск-палец.

От электродвигателя через клиноремённую передачу получает вращение шпиндель редуктора, на котором закреплена планшайба, предназначенная для установки на ней дискового образца. На валу, соединённом с мембранным пневматическим нагрузочным механизмом, установлен самоустанавливающийся диск, служащий для закрепления трёх пальчиковых образцов, размещаемых на фиксируемом радиусе трения под углом 120° . Диск связан посредством гиб-

кой связи с полым валом, взаимодействующим с упругим элементом силоизмерителя [4].

Для описанной машины характерна ограниченная область применения, так как при таких испытаниях нет возможности исследовать абразивное изнашивание. Испытания на этой машине проводятся по не обновляемой поверхности трения.

Разработанное предложение конструктивного решения машины трения для испытания в условиях трения скольжения относится к измерительной технике, предназначенной для исследования процессов изнашивания материалов в условиях трения скольжения при воспроизведении в лабораторных условиях наиболее существенных признаков вида изнашивания. Применительно к абразивному изнашиванию такими признаками является проведение испытания по непрерывно обновляемой поверхности контртела постоянной абразивности с возможностью реализации соответствующего уровня силового нагружения образцов. Проведение экспериментальных исследований, посвящённых изучению изнашивания как процесса поверхностного разрушения материалов при трении скольжения, предъявляет повышенные требования к моделированию стохастического характера контактного взаимодействия, к точности и информативности измерений.

Сущность предложения состоит в том, что машина оснащена счётчиком оборотов, а три исследуемых образца, закреплённые в цанговых патронах, смонтированных с возможностью самоустановки на осях сателлитов, обкатывающихся вокруг солнечного колеса, закреплённого на конце вала, вращающегося в подвижной оправке, причём вал может быть зафиксирован стопорным винтом, и получающего вращение посредством фрикционной передачи, взаимодействуют с контртелом, причём нормирование линейного износа образцов достигается за счёт взаимодействия контактов, один из которых установлен на подвижной оправке и изолирован от корпуса посредством диэлектрических прокладок, а другой закреплён на контрольной линейке, положение которой регулируется при помощи винтов грубой и тонкой настройки.

Сущность изобретения поясняется чертежами (рис. 1).

Машина состоит из корпуса 1, опор 2, ползуна 3, каретки 4, подвижной оправки 5, электродвигателя привода контртела 6, редуктора 7, конической шестерни 8, открытой цепной передачи 9, редуктора привода 10 линейного перемещения каретки 4, кулисного механизма 11, электродвигателя привода вращения образцов 12, фрикционной передачи 13, вала нагрузочного устройства 14, зубчатого колеса 15, сателлитов 16, зубчатого венца 17, шаровых опор 18, цанговых патронов 19, образцов 20, контртела 21, скобы 22, верхнего 23 и нижнего 24 контактов измерительного устройства 25, регулировочного винта 26, винтов тонкой 27 и грубой 28 настройки, нагрузочного устройства 29, подшипников 30, водила 31, план-шайбы 32, диэлектрических прокладок 33, скобы 34, зубчатых колёс 35, 36.

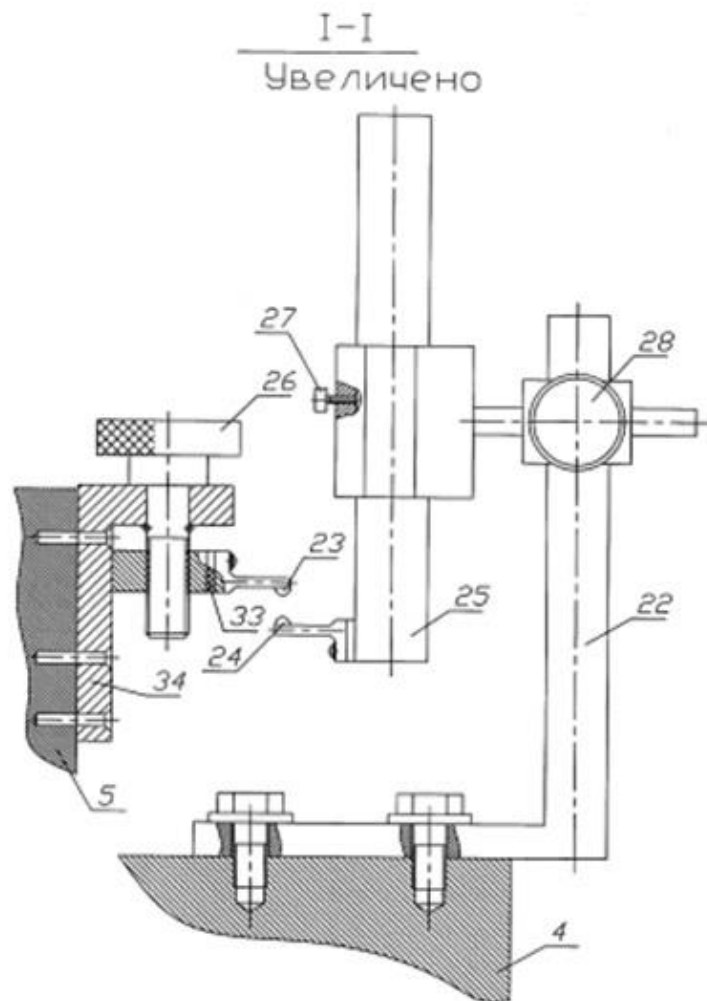
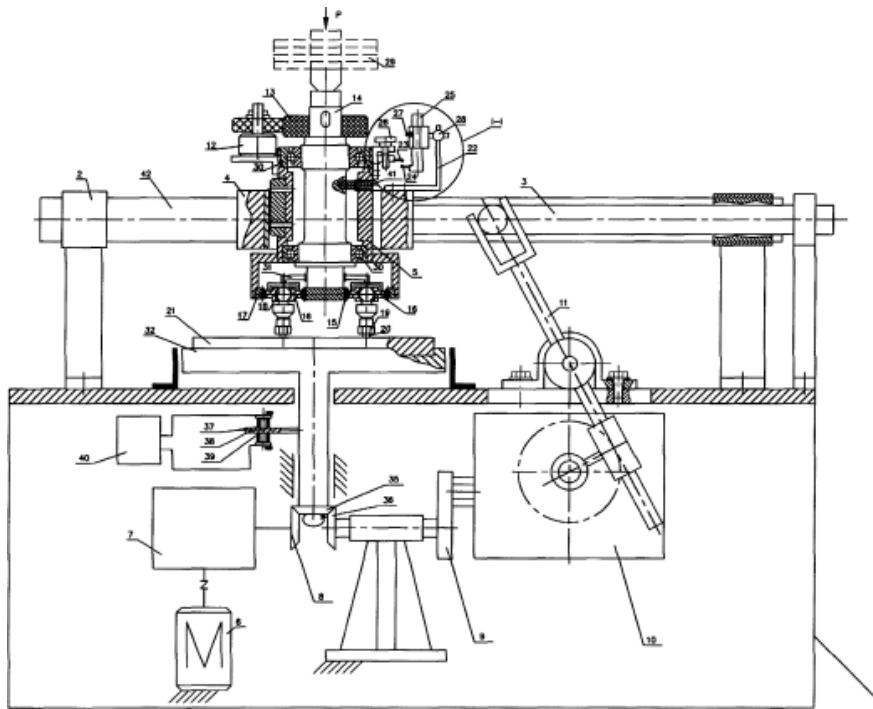


Рис. 1. Машина трения для испытания на износ в условиях трения скольжения

Работа машины трения заключается в следующем. Крутящий момент от электродвигателя привода контртела 6 передаётся через редуктор 7 и коническую шестерню 8, установленную на выходном валу редуктора, и взаимодействующую с колесом 35, смонтированным на оси план-шайбы 32, на которой устанавливается контртело 21. От колеса 35 через колесо 36, открытую цепную передачу 9, редуктор привода 10 крутящий момент передаётся куливному механизму 11, который сообщает линейное перемещение ползуну 3 по отношению к опорам 2. Вместе с ползуном 3 получает линейное перемещение каретка 4, в которой смонтирована оправка 5, имеющая возможность перемещаться в вертикальном направлении под действием собственного веса и веса грузов. Электродвигатель привода вращения образцов 12 через фрикционную передачу 13 передаёт вращение вала нагрузочного устройства 14, на выходном конце которого закреплено зубчатое колесо 15. Сателлиты 16, смонтированные на водиле 31, вращаясь вокруг колеса 15, перемещаются по отношению к зубчатому венцу 17, обеспечивая относительное вращение образцов 20, закреплённых в цанговых патронах 19, которые установлены на шаровых опорах 18, смонтированных на осях сателлитов 16.

Перед началом эксперимента при помощи регулировочного винта 26, установленного на скобе 34 фиксируется положение верхнего контакта 23. Положение нижнего контакта 24 измерительного устройства 25 в зависимости от необходимой величины изнашивания образцов 20 определяется винтами тонкой 27 и грубой 28 настройки.

После включения электродвигателей 6 и 12 образцы 20 совершают по отношению к контртелу 6 сложное движение. При этом они перемещаются по постоянно обновляемой поверхности контртела, что является положительным фактором с точки зрения методического обеспечения эксперимента. Изнашивание образцов 20 при трении во взаимодействии с контртелом 6 приводит к вертикальному перемещению вала 14. При этом зазор между контактами 23 и 24 уменьшается и при замыкании контактов происходит остановка машины. Таким образом достигается нормирование линейного износа.

Таким образом, в статье предложено конструктивное решение машины трения для испытания на износ в условиях трения скольжения включающей корпус, электродвигатель привода контртела, открытую коническую зубчатую передачу, цепную передачу, редуктор привода линейного перемещения каретки, кулисный механизм, опоры для перемещения ползуна, на котором установлена каретка с подвижной в вертикальном направлении оправкой и валом нагрузочного устройства, отличающаяся тем, что машина имеет два независимых привода контртела и вала нагрузочного устройства, оснащена счётчиком оборотов, а исследуемые образцы, закреплённые в цанговых патронах, смонтированных с возможностью самоустановки на осях сателлитов, обкатывающихся вокруг солнечного колеса, закреплённого на выходном конце вала нагрузочного устройства, вращающегося в подвижной оправке, причём вал может быть зафиксирован стопорным винтом, и получающего вращение посредством

фрикционной передачи, взаимодействуют с контртелом, причём нормирование линейного износа образцов достигается за счёт взаимодействия контактов, один из которых установлен на подвижной оправке и изолирован от корпуса посредством диэлектрических прокладок, а другой закреплён на измерительном устройстве, положение которого регулируется при помощи винтов грубой и тонкой настройки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.В. Чичинадзе. Основы трибологии / Машиностроение. М., 2001, 653 с.
2. В.Н. Виноградов, Г.М. Сорокин. Механическое изнашивание сталей и сплавов. М., Недра, 1996, 361 с.
3. а.с. №111342 СССР, МПК G01 N 3/56. Прибор для испытания металлов на абразивный износ/ Е.А. Феррари, В.Б. Афонин. Оpubл. 19.11.58, Бюл.№18
4. а.с. 123744 СССР, МПК G01 N 3/46. Способ и устройство для измерения твёрдости/Н.А. Яшкир Оpubл. 1959, Бюл. №21
5. Испытательная техника: Справочник. В 2-х книгах/ Под ред. В.В. Ключева.- М.: Машиностроение, 1982
6. Д.Р. Загидуллина, И.Д. Ибатуллин, С.Г. Емельянов. Устройства для испытаний на трение и изнашивание / Известия Самарского научного центра РАН. Механика и машиностроение. 2016, с. 285-290
7. Полюшкин, Н.Г. Основы теории трения, износа и смазки: учеб. пособие / Н.Г. Полюшкин; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2013. – 192 с.
8. Основы триботехники / Ю.М. Лужнов, В.Д. Александров; под ред. Ю.М. Лужнова. – М.: МАДИ, 2013. – 136 с.
9. Машина трения для испытания на износ в условиях трения скольжения / Лукиенко Л.В., Сафонов Б.П., Воробьёв В.Ф., Брагин Л.П., Бегова А.В., Александров С.А. Патент на полезную модель RU 32601 U1, 20.09.2003. Заявка № 2003112844/20 от 05.05.2003.

УДК 544.773.3 : 539.62

С. С. Мельников, В. А. Годлевский

ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНЫХ ВОДОМАСЛЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Аннотация: Изучено влияние гомогенизации водомасляной эмульсии на ее триботехнические показатели. Приводятся результаты испытаний необработанной и обработанной гомогенизатором эмульсии разных концентраций при различных временах гомогенизации. Установлено, что процесс гомогенизации улучшает антифрикционный показатель эмульсии при трении металлических поверхностей.

Ключевые слова: эмульсия, гомогенизация, испытания, трение.

S. S. Melnikov, V. A. Godlevskiy

TRIBOLOGICAL TESTS OF HIGH DISPERSED OIL-WATER EMULSIONS

Abstract: Influence of homogenization of water-oil emulsion on its tribotechnical indicators is studied. Results of tests unprocessed and processed emulsions of different oil concentration are received at various times of homogenization. It is established, that homogenization process improves an antifrictional parameter of emulsion at friction of metal surfaces.

Key words: emulsion, homogenization, testing, friction.

Эмульсии получают механическим диспергированием дисперсной фазы в дисперсионной среде в присутствии соответствующего эмульгатора. Для диспергирования эмульгируемые жидкости сильно перемешивают, встряхивают или подвергают вибрационному воздействию. Для этого используют специальные эмульгаторы, мешалки, коллоидные мельницы. В последнее время для эмульгирования начинают применять ультразвук. Иногда полученные грубые эмульсии подвергают дополнительной гомогенизации в специальных гомогенизаторах разнообразных конструкций [1, 2].

Наиболее часто в качестве гомогенизаторов применяют устройства, в которых дополнительное диспергирование капелек грубой эмульсии достигается продавливанием ее через малые отверстия под высоким давлением. При обработке в таких гомогенизаторах, диаметр жировых капелек понижается с 3 до 0,2 мкм. В результате значительно увеличившейся седиментационной устойчивости такая дисперсная система расслаивается значительно медленнее.

Процесс эмульгирования состоит из собственно диспергирования, т. е. образования капелек дисперсной фазы в дисперсионной среде и их стабилизации в результате адсорбции на поверхности эмульгатора. Процесс гомогенизации всегда заключается в образовании из дисперсной фазы тонких цилиндриков, которые весьма неустойчивы и легко распадаются на ряд капелек. Как известно из молекулярной физики, цилиндр жидкости начинает распадаться на капельки, когда его длина становится больше окружности его сечения [3].

На результат эмульгирования влияет не только природа примененного эмульгатора и вид механического воздействия, но и ряд других условий — температура, количественное соотношение фаз и т. д. При всех прочих равных условиях более низкоконтрированная эмульсия получается более устойчивой, так как вероятность столкновения двух ее частиц меньше. Таким образом, эмульгирование представляет собой весьма сложный процесс и для приготовления стойких высокодисперсных эмульсий от технолога требуется много знаний и опыта.

Помимо механического диспергирования эмульсии могут быть получены путем самопроизвольного диспергирования. Однако при самодиспергировании полученные весьма высокодисперсные равновесные системы резко отличаются по термодинамической устойчивости от обычных эмульсий, агрегативная устойчивость которых является временной. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) применяются при самопроизвольном диспергировании, также не могут рассматриваться как типичные эмульгаторы, поскольку их берут в таких количествах, что происходит изменение объемных свойств фазы.

Все методы получения эмульсий, как и любой другой дисперсной системы, можно разделить на конденсационные и диспергационные. Конденсационные методы связаны с образованием капелек эмульсии из отдельных молекул. Таким образом получают критические эмульсии при выделении капель новой фазы из раствора вблизи критической температуры смешения.

В промышленности и лабораторной практике эмульсии получают диспергированием одной жидкости в другой. В свою очередь, диспергационные методы можно разделить на методы, в основе которых лежит взбалтывание, и методы перемешивания. Диспергирование взбалтыванием производится при возвратно-поступательном движении либо сосуда, в котором находится смесь жидкостей, либо специального приспособления, например, спиральной пружины, находящейся внутри жидкости. Методы перемешивания основаны на использовании лопастных или пропеллерных мешалок. Иногда для приготовления эмульсии используют коллоидные мельницы. Имеются указания на то, что высокодиспергированные эмульсионные среды демонстрируют повышенную технологическую эффективность в качестве смазочно-охлаждающих средств при обработке металлов резанием [4].

Диспергирование производилось стержневым роторным диспергатором с диаметром активатора 35 мм и скоростью вращения 13 тыс. об/мин. диспергированию подвергали объем эмульсии, равный 75 мл в течение разных периодов времени. Методом оптической микроскопии установлено снижение среднего размера частиц эмульсии с 50 мкм (при простом ручном перемешивании) до 3-5 мкм при использовании диспергатора.

Для изучения трибологических свойств присадок использовали минитрибометр ТАУ-1, предназначенный для измерения силы трения твердых поверхностей на воздухе и в среде смазочного материала при малых нормальных нагрузках. Это позволяет проводить испытания трибологических характеристик исследуемых присадок для выявления не всегда резко выраженных различий в коэффициенте трения, связанных с особенностями их структуры, не разрушая сформировавшийся граничный смазочный слой. Прибор реализует пару трения «палец-плоскость».

В эксперименте определяли коэффициент трения, возникающего в контакте пальца и плоскости. При этом варьировали следующие параметры: Величину нормальной нагрузки, длительность диспергирования, концентрацию масляной фазы. Результаты эксперимента приведены в таблице.

Таблица. Результаты испытаний диспергированной эмульсии

№ опыта	Нагрузка, гс	Концентрация эмульсии, %	Длительность диспергирования, мин	Сила трения, гс	Коэффициент трения
1	20	1	2	6,2	0,31
2			5	5,0	0,25
3			10	4,4	0,22
4		2	2	6,0	0,30
5			5	4,6	0,23
6			10	4,0	0,20
7		5	2	5,5	0,27
8			5	3,7	0,18
9			10	3,2	0,16
10	40	1	2	7,2	0,18
11			5	6,2	0,25
12			10	5,5	0,15
13		2	2	6,8	0,17
14			5	5,6	0,14
15			10	4,6	0,20
16		5	2	5,2	0,13
17			5	4,8	0,12
18			10	3,9	0,09

Таким образом, получила экспериментальное подтверждение гипотеза о том, что интенсивная механическая гомогенизация водомасляных эмульсий приводит к увеличению их антифрикционных свойств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Латышев В.Н., Нодель Г.М., Годлевский В.А. Экономическая эффективность внедрения нового эмульсола Т в качестве смазочно-охлаждающей жидкости на предприятиях машиностроения.
2. Мицеллообразование, солюбилизация и микроэмульсии. / Под общ. ред. Мителла К., - М.: Мир, 1980. 598 с.
3. Шерман Ф. Эмульсии. Пер. с англ. / Под ред. А.А. Абрамзона. Л.: Химия, 1972. 448 с.
4. Киселева Е.В., Марков В.В., Годлевский В.А. Повышение эффективности лезвийного резания за счет диспергирования водных эмульсий Физика, химии и механика трибосистем. Межвуз. Сб. науч. Тр. Иваново. Изд-е ИвГУ. 2011. С. 169–172.

УДК 678.074, 620.178.162

Д. Ю. Палин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНОГО ЭЛАСТОМЕРНОГО МАТЕРИАЛА В КОНСТРУКЦИЯХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Аннотация: В работе рассмотрены перспективы применения магнитного эластомерного материала. Указаны основные виды износа эластомеров, которые влияют на их отрицательную работу. В ходе практического исследования проведена качественная оценка износа магнитного эластомерного материала и резины.

Ключевые слова: магнитный эластомерный материал, трение и износ, манжетное уплотнений, магнитожидкостное уплотнение.

D. Yu. Palin

PROSPECTS OF APPLICATION OF MAGNETIC ELASTOMERIC MATERIAL IN THE DESIGNS OF SEALING DEVICES

Abstracts: The paper considers the prospects for the use of magnetic elastomeric material. The main types of elastomer wear that affect their negative performance are indicated. In the course of a practical study, a qualitative assessment of the wear of magnetic elastomeric material and rubber was carried out.

Keywords: magnetic elastomeric material, friction and wear, cuff seals, magnetofluidic seal.

В настоящее время любая отрасль промышленности оснащена необходимым оборудованием, которое предназначено для выполнения технологических операций. Одним из самых важных конструктивных элементов такого оборудования является подшипниковый узел [1]. Известно, что для его нормальной работы применяются различные уплотнительные устройства. Стоит отметить, что при повышенных скоростях работы вращающегося элемента применяются торцевые или магнитожидкостные уплотнения с постоянным магнитом, а в условиях невысоких скоростей скольжения вала применяются манжетные или магнитожидкостные уплотнения с магнитным эластомерным материалом [2].

Манжетное уплотнение, которое считается традиционным герметизатором, обладает рядом достоинств и недостатков. Однако современным и актуальным направлением в области герметизации является применение новых видов уплотняющих материалов. Одним из таких видов выступают магнитные

эластомерные материалы, которые хорошо взаимодействуют с магнитной жидкостью, обеспечивая низкий показатель момента трения с контактирующей поверхностью и способность удерживать повышенные перепады давлений [3].

В период эксплуатации оборудования манжетные и магнитожидкостные уплотнения подвергаются различным механизмам изнашивания, таким как:

- Абразивный износ (На твердой поверхности происходят истирания и вырывы скользящей кромки эластомера);
- Усталостный износ (Происходит циклическая деформация, после которой происходит разрушение из-за усталости материала);
- Образование роликов (Возникает образование роликов по твердой поверхности скольжения, которое сопровождается отрывом частиц кромки эластомера) [4].

Целью работы являлась качественная оценка износа резинового и магнитного эластомерного материала, который выступает в роли уплотняющего элемента. Для достижения поставленной цели было изготовлено два образца, представленные на (рис.1).

Методика эксперимента заключалась в следующем. Перед проведением практического исследования образцы взвешивались на весах Digital Scale. Масса образцов до эксперимента составила:

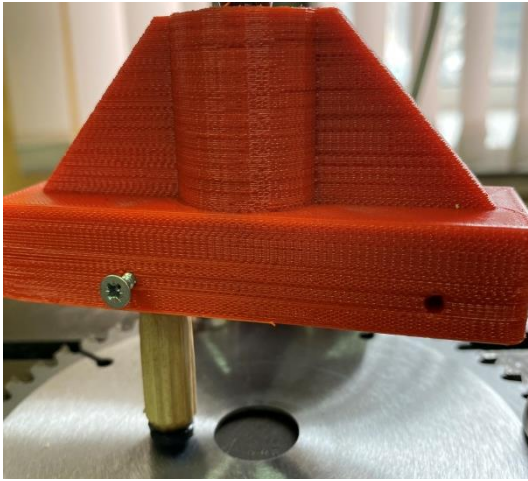
- 2,54 г. (Резина);
- 2,61 г. (Магнитный эластомерный материал).

Далее образец помещался в отверстие конструкции, представленной на (рис. 2 а), после чего жестко фиксировался. Конструкция крепилась за вращающийся элемент сверлильного станка 2М112, представленного на (рис. 2 б). Необходимо отметить, что конструкция для измерения трения и износа являлась самодельной, поэтому результаты, полученные в ходе эксперимента, не являются достоверными и точными.

После того, как все подготовительные этапы были выполнены, конструкция, представленная на (рис. 2 а), опускалась до момента соприкосновения торцевой части образцов с контактирующей поверхностью. После чего на штурвал сверлильного станка прикладывалась нагрузка величиной 0,05 кг. Далее устройство на (рис. 2 б) приводилось в движение. Для каждого образца эксперимент проводился в течение 60 секунд и с частотой вращения 600 оборотов в минуту. Результаты практического исследования отражены на (рис. 3 а, б).



Рис. 1. Опытные образцы с резиновым и магнитным эластомерным покрытием

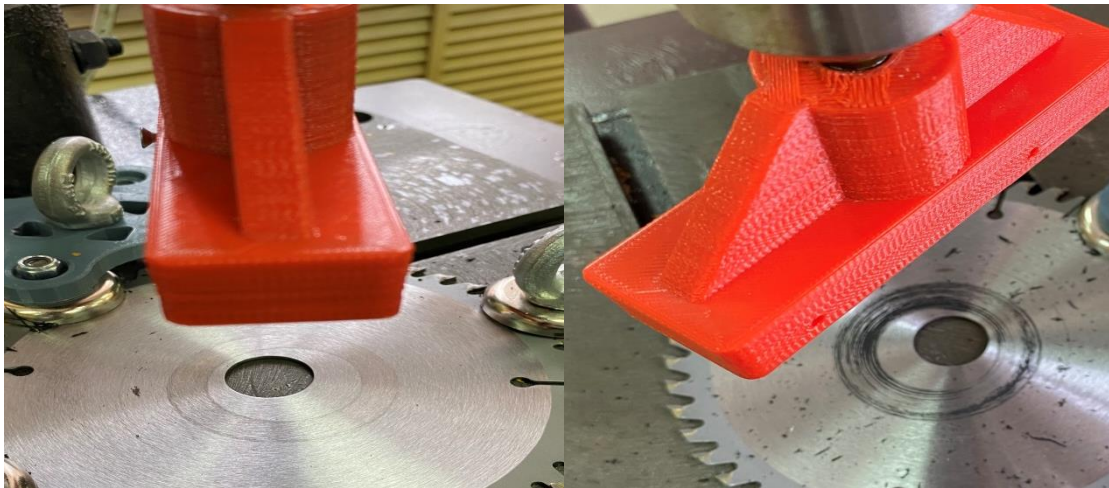


а



б

Рис. 2. а – конструкция для определения трения и износа;
б – сверлильный станок 2М112



а

б

Рис. 3. а – следы от трения магнитного эластомерного материала;
б – следы от трения резины

На (рис. 3 а) видно, что образец из магнитного эластомерного материала оказал наилучшее сопротивление с твердой поверхности металла, что подтверждается его минимальным износом и потерей массы, которая составила 2 мг (рис. 4 а). Образец из резины, представленный на (рис. 3 б), претерпел значительный износ и потерю массы, которая составила 12 мг (рис. 4 б).



а

б

Рис. 4. а – поверхность магнитного эластомерного материала после проведения эксперимента; б – поверхность резины после проведения эксперимента

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что магнитный эластомерный материал обладает достаточно хорошей износостойкостью. Дальнейшие исследования будут направлены на определение линейного износа эластомерных материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сизов А.П., Топоров А. В., Палин Д. Ю., Топорова Е. А. Разработка конструкции комбинированного магнитожидкостного уплотнения для подшипниковых узлов текстильных машин. / Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. — 2019. — №6 (384). — С. 208-212.
2. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / А.А. Кондаков, А.И. Голубев, В.Б. Овандер и др. // Под общ.ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. - М.: Машиностроение, 1986. - 464 с., ил.
3. А. Г., Корнев А. Е. Магнитные эластомеры. М.: Химия, 1987. 240 с.
4. Мур Д. Трение и смазка эластомеров. США, 1972. Пер. с англ. к.т.н. Г.И. Бродского. М.: Химия, 1977. - 262 с.

620.178.16

А. С. Парфенов¹, Е. В. Березина², А. В. Волков², В. А. Годлевский²

¹ФГБОУ ВО Ивановская государственная медицинская академия МЗ России

²ФГБОУ ВО Ивановский государственный университет

МЕХАНИЗМ АДСОРБЦИИ НАНОРАЗМЕРНОЙ ПРИСАДКИ НА ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦАХ МАСЛЯНОЙ СУСПЕНЗИИ

Аннотация: Рассмотрена возможность транспорта наноразмерных присадок в суспензиях с твердыми частицами, что приводит к повышению эффективности применения присадок данного рода в узлах трения.

Ключевые слова: углеродные наночастицы, нанотрубки, присадка, частицы износа.

A. S. Parfenov, E. V. Berezina, A. V. Volkov, V. A. Godlevskiy

ADSORPTION MECHANISM OF NANOSCALE ADDITIVE ON SOLID PARTICLES OF OIL SUSPENSION

Abstract: The possibility of transport of nanosized additives in suspensions with solid particles, which improves the efficiency of additives of that type in friction units, is discussed.

Keywords: carbon nanoparticles, nanotubes, additive, wear particles.

Одним из способов улучшения трибологических характеристик смазочных материалов является применение присадок различной природы (поверхностно-активные вещества, жидкие кристаллы, микропорошки металлов, наночастицы различной природы) [1,2].

Следует отметить, что введение в смазочный материал наночастиц, даже с учетом их диспергирования непосредственно в смазочном материале, не всегда приводит к значительному повышению трибологической эффективности. Это может быть связано с тем, что попадание наноразмерной присадки из смазочного материала непосредственно в зону трения носит вероятностный характер. В связи с этим требуется значительное увеличение концентраций наночастиц в суспензии, что приводит к изменению реологических характеристик смазочного материала, изменению режимов работы механизма, снижению экономического эффекта.

В качестве возможного способа повышения эффективности применения наноразмерных присадок может рассматриваться взаимодействие наноприсадки в суспензиях с макроскопическими твердыми частицами. В качестве таких частиц могут выступать абразивные загрязнения, поступающие в смазочный

материал при эксплуатации техники в условиях высокой концентрации твердых аэрозолей в окружающей среде; частицы износа, представляющие из себя твердые оксиды поверхностей трения, дополнительно вводимые в смазочный материал микропорошки металлов.

В нашей работе предлагается модель взаимодействия наночастиц в системах с абразивным материалом и их физическая адсорбция на поверхностях твердых частиц. В результате этого происходит транспорт наноприсадки в зону фрикционного контакта, что позволяет увеличить эффективность присадки и снизить оптимальную массовую концентрацию [3].

В качестве наночастиц в работе рассматриваются многостенные углеродные нанотрубки «Таунит» (производитель ООО «НаноТехЦентр», г. Тамбов), как системы, сочетающие в себе высокую удельную поверхность (свыше $160 \text{ м}^2/\text{г}$), химическую инертность и высокие упругие свойства [4], позволяющие им оказывать экранирующее действие при попадании в зону трения (рис.1).

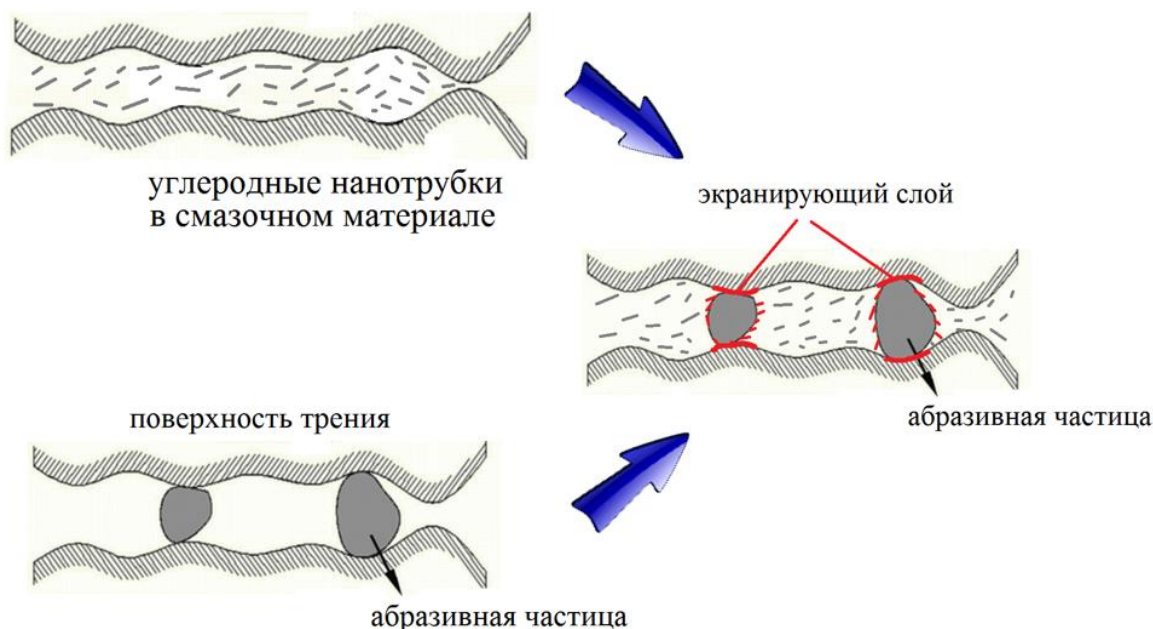


Рис.1. Модель транспорта углеродных нанотрубок совместно с абразивными частицами

Следует отметить, что подобный транспорт наночастиц в смазочном материале, по-видимому, может быть реализован только в случае жидких смазочных материалов, в то время как в пластичных смазочных материалах транспортному эффекту будет препятствовать структурный каркас, который создает загуститель. В этом случае транспортные функции возможны только при эксплуатации смазки при температуре, превышающей температуру каплепадения.

Скорость притока наноразмерной присадки к поверхностям контакта выражается скоростью адсорбции $\frac{\partial a}{\partial t}$. В таком случае кинетика адсорбции

присадки на поверхности абразивной частицы может быть определена уравнением

$$\frac{\partial a}{\partial t} = \beta(a_p - a) = \beta(k\sqrt{C} - a), \quad (1)$$

где β – коэффициент, являющийся функцией концентрации присадки, $a_p = k\sqrt{C}$ – равновесная концентрация адсорбата, описываемая степенной моделью Фрейндлиха.

Интегрируя (1) по времени, получим

$$a(C) = k\sqrt{C} \left(1 - e^{-\beta(C)t}\right). \quad (2)$$

$\beta(C)$ имеет размерность обратного времени, которая имеет смысл характерного времени адсорбции присадки:

$$\beta(C) \sim \frac{1}{\tau(C)}, \quad (3)$$

где $\tau(C)$ – характерное время адсорбции.

В случае линейной зависимости величины износа от адсорбции присадки можно ввести выражение

$$W(C) = W(0) - n \cdot a(C), \quad (4)$$

где $W(C)$ – величина износа как функция концентрации; $W(0)$ – величина износа в отсутствии адсорбции присадки.

Подставив (2) и (3) в (4), получим:

$$W(C) = W(0) - n \cdot k \cdot \sqrt{C} \left(1 - e^{-\beta(C)t}\right) = W(0) - A \cdot \sqrt{C} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau(C)}}\right), \quad (5)$$

где t – время процесса.

В случае линейной зависимости характерного времени адсорбции от концентрации присадки:

$$\tau(C) = \tau_0 + \gamma \cdot C, \quad (6)$$

где γ – параметр агрегации присадки.

С учетом (6) получаем выражение величины износа в зависимости от адсорбционного транспорта присадки:

$$W(C) = W(0) - A \cdot \sqrt{C} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau_0 + \gamma C}} \right), \quad (7)$$

где A , τ_0 , γ – параметры процесса, определяемые экспериментально.

Характерная зависимость величины износа от концентрации присадки представлена на рисунке 2.

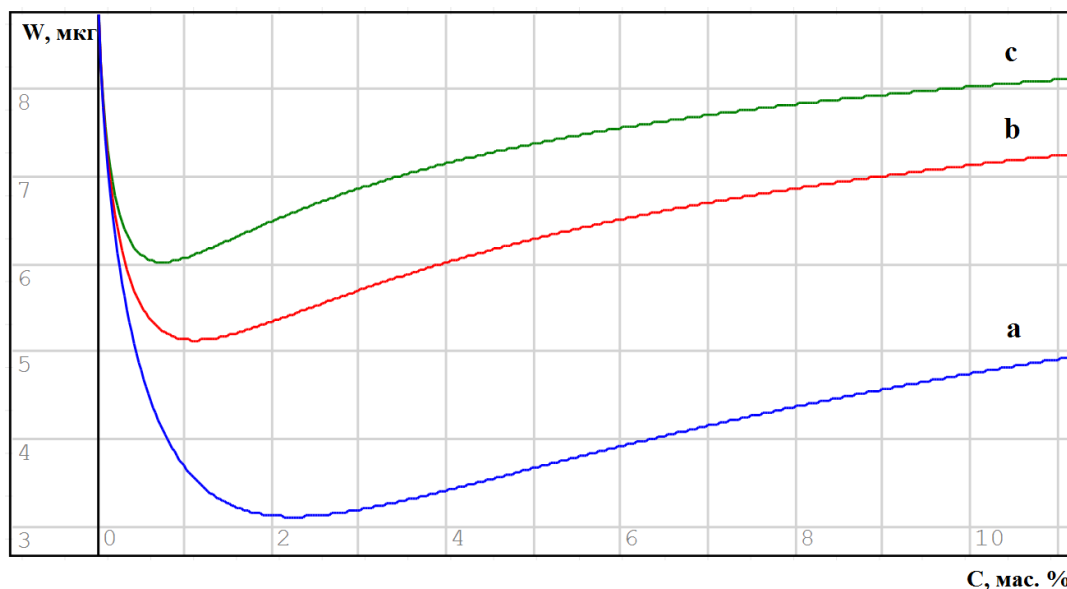


Рис. 2. Зависимость величины износа от концентрации наноразмерной присадки при вариации параметра агрегации присадки γ

Следует отметить, что при увеличении параметра γ (рис. 2), где $\gamma_a > \gamma_b > \gamma_c$, происходит снижение эффективности действия наноразмерной присадки, при этом с ростом концентрации углеродных наночастиц выше оптимальной увеличивается величина износа, что может быть связано с агрегацией частиц и их седиментацией.

Заключение

1. На основе анализа современного состояния исследований по снижению абразивного износа узлов трения машин, установлены методы уменьшения абразивного износа; определено, что одним из широко применяемых на практике способов, является модификация смазочных материалов путем введения присадок различной природы.

2. Разработаны методы и технические средства для измерения параметров трения и величины изнашивания в случае наличия в смазочном материале абразивных частиц, программное обеспечение для сбора и цифровой обработки информации.

3. Разработана и верифицирована физическая адсорбционная модель массопереноса наноразмерной присадки в смазочном материале, загрязненном абразивными частицами.

4. Экспериментально исследован ряд смазочных материалов с наноразмерной присадкой углеродных нанотрубок и абразивным загрязнителем. В результате применения модифицированных смазочных материалов достигнуто снижение интенсивности изнашивания на величину 35%.

5. Экспериментально определен оптимальный состав присадок для жидких и пластичных смазочных материалов. В случае использования малолегированных жидких промышленных масел оптимальной является концентрация 2,0 мас. %, для пластичного смазочного материала Литол-24 оптимальной является концентрация 2,5 мас. %. Проведенные производственные испытания модифицированных смазочных материалов, выявили достижение снижения интенсивности изнашивания на величину 32,5-33%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sviridenok A. I., Ihnatouski M. I., Smurugov V. A., Chmykhova T. G., Khovатов P. A. Tribological properties of lubricants modified by complexes of hard micro- and nanoparticles // *J. Frict. Wear.* – 2012. – Vol. 33, № 4. – P. 266–273.

2. Ermakov S.F., Kolesnikov V.I., Sychev A.P. Lubricity of cholesteric liquid-crystal nanomaterials in friction of solids // *J. Frict. Wear.* – 2016. – № 2. P. 136–140.

3. Parfenov A.S., Berezina E.V., Berezin I.V., Volkov A.V., Godlevsky V.A. Tribological activity of ultradisperse organic lubricant additives for cam mechanisms subject to abrasive wear // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* – 2020. – №996. P. 012018. DOI: 10.1088/1757-899X/996/1/012018

4. Шилов М. А., Смирнова А. И., Столбов Д. Н., Усольцева Н. В. Моделирование деформационных процессов углеродных нанотрубок // *Жидк. крист. и их практич. использ.* – 2020. – №1. – С. 85–91. DOI: 10.18083/LCAppl.2020.1.85

УДК 621.882

П. В. Пучков

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСОПОСОБНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Аннотация: в данной статье представлены результаты исследований, направленных на изучение эффективности применения Нигрола, Литола-24 и герметика Red RTV Silicone Gasket Maker для защиты резьбовых соединений от коррозии. Резьбовые соединения обычной точности не являются герметичными, поэтому жидкости (атмосферная влага, реагенты) могут беспрепятственно проникать в зазор между витками резьбы и вызывать их коррозию. Продукты коррозии (ржавчина) между витками наружной и внутренней резьбы значительно повышают момент отвинчивания резьбового соединения и могут привести к полной утрате его подвижности. Данная проблема значительно усложняет проведение ремонта оборудования и техники, увеличивает сроки ремонта.

Ключевые слова: резьба, ключ моментный, смазочный материал, коррозия, коррозионная среда, надежность.

P. V. Puchkov

INVESTIGATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF VARIOUS LUBRICANTS TO IMPROVE THE PERFORMANCE AND RELIABILITY OF THREADED CONNECTIONS

Abstract: this article presents the results of research aimed at studying the effectiveness of using Nigrol, Litol-24 and red RTV Silicone Gasket maker sealant to protect threaded connections from corrosion. Threaded connections of normal accuracy are not sealed, so liquids (atmospheric moisture, reagents) can easily penetrate the gap between the turns of the thread and cause their corrosion. Corrosion products (rust) between the turns of the outer and inner thread significantly increase the moment of unscrewing the thread connection and can lead to a complete loss of its mobility. This problem significantly complicates the repair of equipment and equipment, increases the repair time.

Keywords: thread, torque wrench, lubricant, corrosion, corrosive environment, reliability.

Резьбовые соединения являются важной составной частью узлов, сборочных единиц и агрегатов, входящих в состав пожарного оборудования и техники. Пожарная техника, а также аварийно-спасательное оборудование эксплуатируется в различных тяжелых и неблагоприятных для металлических деталей условиях. К неблагоприятным условиям, оказывающим негативное воздействие на работоспособность резьбовых соединений можно отнести: высокую влажность, пыль, высокую температуру, воздействие дорожных реагентов и др. При этом, следует отметить, что резьбовые соединения обычной точности не являются герметичными, жидкости (атмосферная влага, реагенты) могут беспрепятственно проникать в зазор между витками резьбы и вызывать коррозию. Продукты коррозии между витками наружной и внутренней резьбы значительно повышают момент отвинчивания резьбового соединения и могут привести к полной утрате его подвижности. Данная проблема значительно усложняет проведение ремонта оборудования и техники, увеличивает сроки ремонта.

Целью исследований являлось определение изменения момента нормированной затяжки резьбового соединения при откручивании гайки М12 после выдержки резьбового соединения в агрессивных средах.

Эксперимент проводился в два этапа:

1- этап измерение момента страгивания резьбы без смазочного материала после воздействия различных коррозионных сред;

2- этап измерение момента страгивания резьбы с нанесенными на резьбовую поверхность смазочными материалами после воздействия на них различных коррозионных сред.

Для повышения подвижности резьбовых соединений, контактирующих с различными агрессивными жидкими средами было предложено наносить на резьбовую поверхность различные смазочные материалы бюджетного класса: нигрол, Литол-24 и высокотемпературный герметик.

Нигрол - трансмиссионное масло без присадок, вязкая жидкость темного цвета, представляющая собой неочищенный остаток от прямой перегонки нефтяных нефтей. Применялся для смазывания трансмиссий и других агрегатов (зубчатые передачи и т. п.).

Литол-24 — пластичная смазка, термостойкая и вязкая, хорошо прилипает к металлам и не вызывает коррозии. Антифрикционная многоцелевая смазка, предназначена для применения в узлах трения транспортных средств, промышленного оборудования и судовых механизмов различного назначения.

Red RTV Silicone Gasket Maker – герметик, быстро формирует надежные и герметичные прокладки выхлопной системы, клапанной крышки, впускного коллектора, помпы системы охлаждения, корпусов термостата и КПП, поддона картера, выдерживает температуру от -62 до 399°C, полимеризуется за 15 минут, полностью вулканизируется при комнатной температуре за 18 – 24 часа, устойчив к воздействию воды, бензина, антифриза, масел и других технических жидкостей. Имеет высокую адгезию к гладким и шероховатым металлическим, пластиковым, резиновым поверхностям, не растекается, после отвердевания со-

храняет эластичность, не содержит кислот и растворителей, не провоцирует коррозию, не токсичен, имеет нейтральный запах.

Смазочный материал должен заполнять пустоты между витками наружной и внутренней резьбы соединения, препятствуя попаданию в них коррозионно-активных сред. Оценка эффективности того или иного смазочного материала производилась путем измерения момента «страгивания» резьбы при раскручивании резьбового соединения, после их выдержки на протяжении 60 суток в водном растворе поваренной соли. Данная среда являлась модельным составом, имитирующим дорожные реагенты, используемые в зимний период на дорогах нашей страны.

На рисунке 1 представлено резьбовое соединение «Болт М12-две гайки» после выдержки резьбового соединения в соляном растворе на протяжении 60 суток.



Рис. 1. Резьбовое соединение «Болт М12х50мм – две гайки» после выдержки в соляном растворе на протяжении 60 сут.: 5- резьбовое соединение с Нигролом; 6 - резьбовое соединение с пластичной смазкой Литол-24; 7 - резьбовое соединение с герметиком Red RTV Silicone Gasket Maker

Для проведения эксперимента были подготовлены резьбовые соединения «Винт М12-две гайки» с классом прочности болтов 5.8. в качестве коррозионно-активной среды использовался водный раствор поваренной соли (25 г. NaCl + 100 мл H₂O). Предварительно зазор резьбы между гайкой и болтом был заполнен смазочным материалом (Нигролом, Литолом-24 и герметиком Red RTV Silicone Gasket Maker). Затем резьбовые соединения затягивались при помощи ключа моментного показывающего КМ-140 с нормированным усилием 49,0 Нм и затем погружались в коррозионные среды на 60 суток. Через установленный промежуток времени образцы извлекались, просушивались и на испытательном стенде (рис. 2) выполнялось их раскручивание. С помощью стрелки, находящейся на ключе моментном КМ-140 измерялся момент «страгивания» резьбы при откручивании гайки на образцах № 5,6,7.

Испытательный стенд для создания нормированного усилия затяжки резьбового соединения «Болт М12х50мм-две гайки» представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Испытательный стенд для затяжки/откручивания резьбовых соединений с нормированным усилием: 1- тиски слесарные; 2 - резьбовое соединение «Болт М12-две гайки»; 3 – головка торцевая; 4 - ключ моментный показывающий КМ-140

Результаты испытаний представлены на графике ниже (рис.3).

Исходя из графика представленного на рис.3 можно сделать вывод, что воздействие дорожных реагентов (в зимний период) на резьбовые соединения пожарных автомобилей повышают величину момента «страгивания» гайки при раскручивании резьбового соединения из-за образования на поверхности резьбы рыхлой пленки продуктов коррозии – ржавчины. Продукты коррозии заполняют зазор между витками наружной и внутренней резьбы, что приводит к резкому возрастанию момента откручивания гайки.

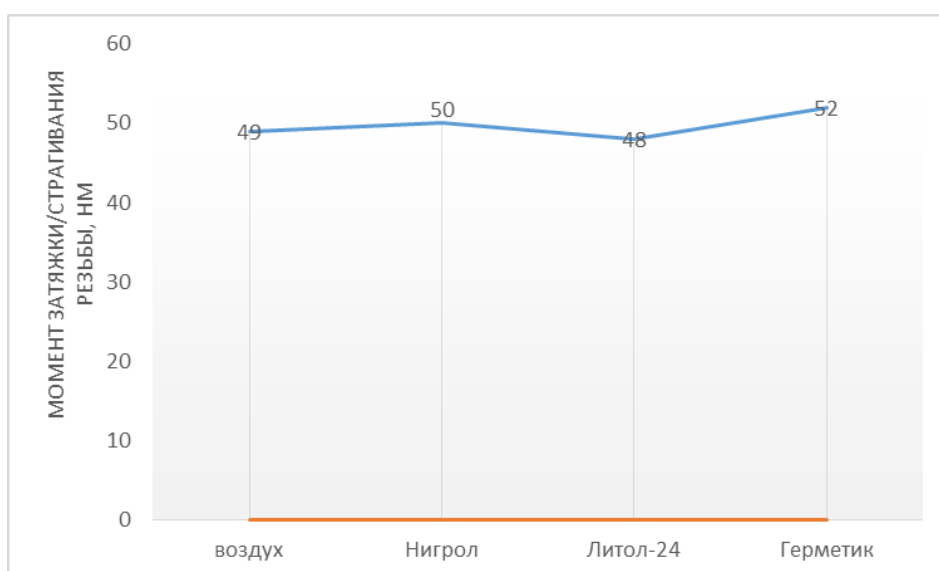


Рис. 3. График зависимости момента страгивания резьбы М12 от вида смазочного материала

Как видно из графика, представленного на рисунке 3, наилучшим бюджетным смазочным материалом для защиты резьбового соединения от попадания влаги является Литол -24. Литол-24 является консистентной смазкой с хорошей адгезией, поэтому она хорошо удерживается в зазоре резьбового соединения, препятствуя попаданию в зазор инородных сред.

Герметик также хорошо защищает резьбовое соединение от коррозии, однако возрастание момента страгивания резьбы можно объяснить тем, что после застывания герметика он перестает быть пластичным в отличие от Литола-24.

Нигрол является жидким смазочным материалом, поэтому он образует очень тонкую смазочную пленку и под действием силы тяжести способен стекать с вертикальных поверхностей. К примеру, промышленные масла снижают коэффициент трения только при сборке и обеспечивают сравнительно непродолжительную защиту от коррозии. При нагреве свыше 80 °С масло начинает интенсивно окисляться, коксоваться и перестает выполнять свои функции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков П.В., Масленников Р.А. Новые технические решения для заправки пожарных автомобилей пенообразователем Надежность и долговечность машин и механизмов : сборник материалов XI Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 15 апреля 2021 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2021. –С. 108-1112.

2. Пучков П.В., Кононов И.А. Коррозионное разрушение резьбовых соединений в водных растворах. ЭЛЕКТРОМЕХАНОТРОНИКА И УПРАВЛЕНИЕ// четырнадцатая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2019»: Материалы конференции. В 6 т. Т. 4. – Иваново: ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», 2019. – 87 с.

3. Пучков П.В., Иванов А.В., Тимофеева С.В. Опасности, возникающие при эксплуатации резервуаров, используемых для хранения нефти и нефтепродуктов // Проблемы безопасности. Технологии. Управление. Новые горизонты «Безопасность – 2012»: материалы XVII Всероссийской студентческой научно-практической конференции с международным участием (Иркутск, 17-20 апреля, 2012 г.). –Иркутск: Издательство ИрГТУ, 2012. С. 179-180.

4. Н.П. Жук. Курс коррозии и защиты металлов. Москва, «Металлургия», 1968

5. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии / Под ред. И.В. Семеновой. – М.: Физматлит, 2002. – 336 с.

УДК 621.9.079

*Д. С. Репин, А. Г. Наумов, В. Б. Бубнов,
Е. В. Зарубина, С. А. Шабунин, Р. В. Бабаев*

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ СОЖ ПРИ РЕЗАНИИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Аннотация: В статье представлены экспериментальные данные по обработке титанового сплава ВТ6 на операции точения с использованием активированных коронным разрядом полимерсодержащих СОЖ. По результатам исследований получены математические зависимости периода стойкости режущего инструмента от скорости резания.

Ключевые слова: точение, смазочно-охлаждающие жидкости, коронный разряд, кислородсодержащие полимерные присадки, титановый сплав.

*D. S. Repin, A. G. Naumov, V. B. Bubnov,
E. V. Zarubina, S. A. Shabunin, R. V. Babaev*

APPLICATION OF ACTIVATED POLYMER-CONTAINING COOLANTS IN CUTTING TITANIUM ALLOYS

Abstracts: The article presents experimental data on the processing of titanium alloy VT6 for turning operations using corona-activated polymer-containing coolants. Based on the results of the research, mathematical dependences of the cutting tool life period on the cutting speed were obtained.

Keywords: turning, cutting fluids, corona discharge, oxygen-containing polymer additives, titanium alloy.

При механической обработке металлов резанием для снижения интенсивности изнашивания режущего инструмента и уменьшения шероховатости обрабатываемой поверхности применяют различные СОЖ (смазочно-охлаждающая жидкость). С целью повышения эффективности используемых СОЖ в их состав вводятся компоненты, различного функционального действия.

Учитывая ведущую роль окислительных процессов при взаимодействии смазочных сред с ювенильными поверхностями металлов при резании [2, 3], можно сделать предположение, что введение в СОЖ компонентов с повышенным содержанием кислорода должно повысить их смазочные свойства [7]. На наш взгляд, наиболее перспективными веществами являются полимерные материалы, которые при деструкции способны выделять значительное количество кислорода. Кроме того, химически активные частицы полимеров в результате

химических реакций в контактной зоне способны образовывать металлополимерные соединения, обладающие малым коэффициентом трения [1]. В качестве таких компонентов были выбраны полиэтиленгликоль и поливиниловый спирт, имеющие в своем составе повышенное содержание кислорода.

Для образования оксидных пленок в зоне контакта необходимо присутствие кислорода в виде химически активных атомов, ионов или радикалов, а чтобы эти пленки оказали заметное влияние на процесс резания, количество кислорода должно быть достаточным. Кислородсодержащие молекулы достаточно легко подвергаются деструкции, сопровождая этот процесс образованием гидроперекисей $R - O - O - H$. Как показывают результаты исследований [4, 5, 6], активация интенсифицирует окислительные процессы, повышает химическую активность среды, в результате чего происходит образование промежуточных неустойчивых соединений и различных радикалов, таких как O , OH , $COOH$, H_2O_2 и т.д.

Экспериментальные исследования позволяют говорить, что в большинстве случаев химические реакции, протекающие при резании металлов с применением СОЖ, имеют свободно-радикальный характер, причем эффективность смазочного действия среды зависит от интенсивности распада молекул ее компонентов на химически активные частицы.

Для подтверждения этого были проведены стойкостные испытания на операции точения. В качестве режущего инструмента использовались резцы из твердого сплава марки ВК-6ОМ. В качестве обрабатываемого материала использовался титановый сплав ВТ6. Титановые сплавы, в настоящее время, получают всё большее применение в различных областях машиностроения. Широкое и быстрое распространение титановых сплавов в качестве конструкционных материалов различного назначения объясняется теми преимуществами, которыми обладают титан и его сплавы по сравнению с другими материалами. К этим преимуществам можно отнести: высокая температура плавления, являющаяся необходимым условием повышенной жаропрочности; высокая прочность, низкий удельный вес и, как следствие этих двух качеств, высокая удельная прочность; и т.д. В то же время титановые сплавы являются труднообрабатываемыми материалами, что обуславливает повышенные требования к режущему инструменту.

При проведении исследований были взяты СОЖ с содержанием полиэтиленгликоль (ПЭГ) и поливиниловый спирт (ПВС). Активация СОЖ с кислородсодержащими полимерными присадками производилась посредством коронного разряда при напряжении на коронирующем электроде 6-8 кВ.

Из представленных на рис. 1 результатов экспериментов следует, что выбранные присадки способны эффективно увеличивать срок службы режущего инструмента.

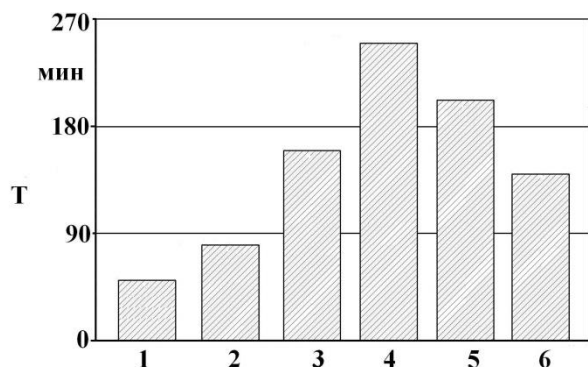


Рис. 1. Диаграмма периода стойкости резцов ВК-60М при точении титанового сплава ВТ6 под действием коронного разряда противоположных знаков на полимерсодержащие СОЖ ($V=95$ м/мин, $S=0,2$ мм/об, $t=1$ мм):
 1 – без СОТС; 2 – Эфтол;
 3 – Эфтол+ПВС (+); 4 – Эфтол+ПВС (-);
 5 – Эфтол+ПЭГ (-); 6 – Эфтол+ПЭГ (+)

Анализ результатов экспериментальных исследований влияния скорости резания на период стойкости режущего инструмента показал, что применение активированных полимерсодержащих СОЖ позволяет увеличить T при обработке титанового сплава ВТ6 при одном и том же значении скорости резания в 2...2,3 раза по сравнению с обработкой СОЖ без полимерных присадок и активации коронным разрядом (рис. 2).

С увеличением скорости резания в диапазоне 80 – 110 м/мин наблюдается интенсивное уменьшение периода стойкости режущего инструмента как с применением активированных полимерсодержащих СОЖ, так и с применением базового СОЖ. Максимальный период стойкости режущего инструмента наблюдался при использовании в качестве присадки поливинилового спирта с применением отрицательной активации.

В этом случае период стойкости резцов составил величину порядка 250 минут при скорости резания 80 м/мин. Значение T для базовой СОЖ при аналогичных условиях резания было зафиксировано на уровне 100-110 минут.

В таблице 1 представлены результаты математической обработки полученных экспериментальных данных зависимости периода стойкости режущего инструмента от скорости и подачи.

В результате проведенных экспериментов так же установлено, что наибольшая эффективность исследуемых СОЖ фиксировалась при минимальных скоростях резания и максимальных подачах (рис. 3). Так, СОЖ с присадкой ПВС, активированное отрицательной короной, при максимальной скорости резания и минимальной подаче имеет значение периода стойкости порядка 215 минут. При минимальной скорости резания и максимальной подаче период

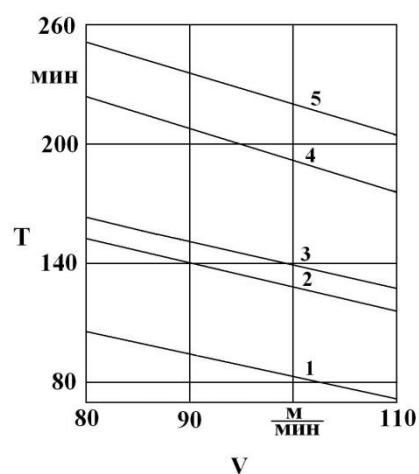


Рис. 2. Зависимость периода стойкости режущего инструмента от скорости резания
 1 – Эфтол; 2 – Эфтол+ПЭГ (+);
 3 – Эфтол+ПВС (+);
 4 – Эфтол+ПЭГ (-);
 5 – Эфтол+ПВС (-)

стойкости режущего инструмента составил величину на 10-12% больше, чем в предыдущем случае (порядка 240 минут).

Таблица 1. Математические модели периода стойкости режущего инструмента

Применяемая СОЖ и знак на коронирующем электроде	$T=f(V,S)$
Эфтол	$T = \frac{2,2 \cdot 10^3}{V^{0,75} S^{0,11}}$
Эфтол+ПВС (-)	$T = \frac{2,1 \cdot 10^3}{V^{0,51} S^{0,049}}$
Эфтол+ПВС (+)	$T = \frac{1,24 \cdot 10^3}{V^{0,5} S^{0,071}}$
Эфтол+ПЭГ (-)	$T = \frac{2,63 \cdot 10^3}{V^{0,59} S^{0,053}}$
Эфтол+ПЭГ (+)	$T = \frac{1,46 \cdot 10^3}{V^{0,56} S^{0,085}}$

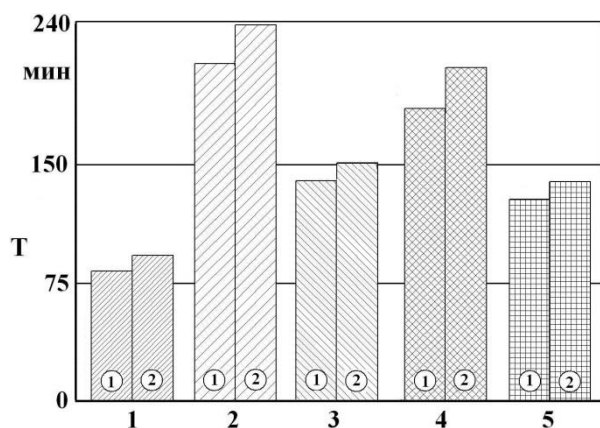


Рис. 3. Зависимость периода стойкости от скорости резания и подачи при использовании активированных полимерсодержащих СОЖ: 1 – Эфтол; 2 – Эфтол+ПВС (-); 3 – Эфтол+ПВС (+); 4 – Эфтол+ПЭГ (-); 5 – Эфтол+ПЭГ (+).
1 – (V_{max}, S_{min}), 2 – (V_{min}, S_{max})

Анализ полученных результатов показал, что использование СОЖ, содержащих в своем составе кислородсодержащие полимерные присадки, с активацией коронным разрядом позволяют увеличить работоспособность режущего инструмента при обработке титановых сплавов. Используемые присадки под действием на них коронного разряда разрушаются с образованием функциональных групп, таких как: OH, COOH, и др. Эти функциональные группы при потере электрона, становятся активными радикалами. Разрушение нейтральных молекул внешней среды на атомы и радикалы осуществляется в результате действия на них со стороны коронного разряда. Следствием этого является разрушение молекулы полимера, с последующим образованием активных радикалов, ионов и т.д. Также активация может способствовать образованию значительного количества гидроксильных радикалов, что в результате их взаимодействия

может привести к образованию, например, перекиси водорода, положительный эффект которой в процессах резания обусловлен способностью выделять активный кислород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буяновский И.А. Граничная смазка адсорбционным слоем // Трение и износ. 2010 Вып. 1(31) С. 48-67.
2. Латышев В.Н. Повышение эффективности СОЖ. М.: Машиностроение. 1985. 64 с.
3. Латышев В.Н., Наумов А.Г., Раднюк В.С., Репин Д.С., Курапов К.В., Маршалов М.С., Жуковский С.А., Ткачук О.В. Экспериментальные исследования трибологических явлений при резании материалов // Трение и износ. 2010 Вып. 5(31) С. 500-510.
4. Латышев В.Н., Наумов А.Г. Механизм радикально-цепных реакций при лезвийной обработке металлов // Metalloobrabotka. 2009 3(51) С. 8-16.
5. Наумов А.Г., Латышев В.Н., Раднюк В.С., Наумова О.А. Развитие теории радикально-цепного механизма действия СОТС при резании металлов // Metalloobrabotka. 2016 Вып. 4 (94) С. 26-33.
6. Репин Д.С., Латышев В.Н., Наумов А.Г. Влияние активированных полимерсодержащих СОТС при обработке металлов резанием // Metalloobrabotka. 2011 Вып. 4 (64) С. 2-4.
7. Подзолков А.И., Дубовик Ю.А., Бабенко Д.А. Влияние полимерсодержащих смазочно-охлаждающих технологических средств на эффективность резания металлов // Вестн. ХНТУ. 2007. Вып. 3(29), С. 184-189.

УДК 539.538.001

Е. В. Соловьева

Ивановский государственный энергетический университет им. В. И. Ленина

ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА КОРРОЗИЮ

Аннотация: Проведено исследование способности смазочных масел снижать трибокоррозию. Положительный эффект достигается применением сталей с определенной шероховатостью и легированными маслами.

Ключевые слова: трибокоррозия, минеральные масла, шероховатость, износ, трение.

E. V. Solovyova

EFFECT OF LUBRICANTS ON CORROSION

Abstract: A study was made of the ability of lubricating oils to reduce tribocorrosion. A positive effect is achieved by using steels with a certain roughness and alloyed oils.

Keywords: tribocorrosion, mineral oils, roughness, wear, friction.

Интенсивное механическое взаимодействие контактных поверхностей приводит к образованию оксидной пыли и частичному глубинному вырыванию вследствие схватывания, образуются также твердые окисные слои или эффекты нагартовки. Эти повреждения чаще всего можно найти тогда, когда в контакте находятся одни и те же области поверхностей, совершающие касательные и нормальные относительные колебательные движения. Такие случаи встречаются очень часто, так как большинство элементов пар нагружены динамически.

При трении сталей размер повреждений определяется как легирующими элементами, так и структурой сплава. Все стали подвержены трибоккоррозии, причём при трибоккоррозии наблюдаются большие потери массы. Кроме того, закаленные стали в условиях трибоккоррозии ведут себя лучше, чем стали, подвергнутые улучшению. Трение твердых тел при полном отсутствии смазки в узлах машин встречается не так часто. В подвижной посадке с перегруженными относительными колебательными движениями для снижения трения и для уменьшения потерь от трибоккоррозии используют смазочные материалы.

Важный вклад в выяснение этого вопроса внес Мюллер, который на примере воспроизводимых исследований со смазкой и без неё смог показать, что при точном соблюдении условий эксперимента рассеивание массового износа образцов в условиях смешанного трения значительно выше, чем при сухом трении. Он объясняет это тем, что условия взаимодействия на статически распределенных площадях контакта при движении постоянно меняются и в процессе эксперимента невозможно создать одинаковую подачу смазочного материала во все контактные зоны. Это является одной из причин различия результатов испытания смазочных материалов на обычных механико-динамических машинах.

В качестве основного параметра трибоккоррозии использовалась потеря массы при трении. Дополнительную информацию получали при рассмотрении участков контактирующих поверхностей, на которых прошла трибоккоррозия [1-6].

Для исследования влияния вязкости и степени легирования смазочных материалов на трибоккоррозию применялись масла, приведенные в таблице.

Таблица. Показатели смазочных масел

Смазочные масла	Плотность при 20° С, кг/м ³ , не более	Вязкость при 40° С, мм ² /с	Температура вспышки, ° С
Нелегированные масла			
И-5	870	6,85	140
И-40	900	70,8	220
И-50	910	108,4	225
Масло цилиндрическое тяжелое 52	930	419	310
Масла с присадками			
Тп-30	895	41,4	190
Тп-46	895	72,8	220
Масла легированные сложными эфирами			
И-40+Э	928	134,2	221
И-50+Э	976	230,0	224

Нелегированные минеральные масла обладают вязкостью от 5 до 100 сСт при 40° С. Были использованы малолегированные масла, содержащие в качестве поверхностно-активных присадок ингибиторы коррозии и добавки для повышения несущей способности масел. Значительного повреждения стали не наблюдали, о чем свидетельствует незначительная потеря массы поверхностей трения (рис. 1, 2).

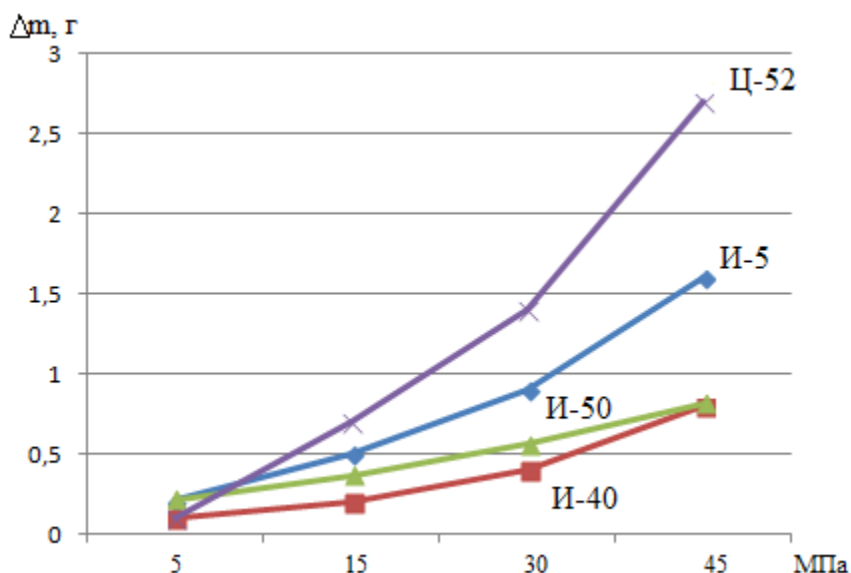


Рис. 1. Зависимость потери массы Δm от удельного давления на стали 45 при использовании масла без присадок

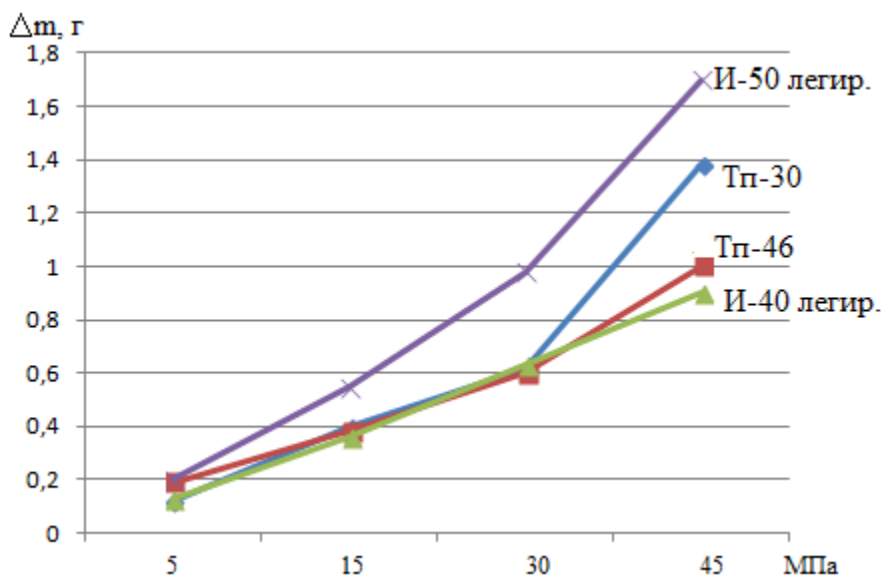


Рис. 2. Зависимость потери массы Δm от удельного давления на стали 45 при использовании масла с присадками и легированного

В то время как при сухом трении доминирует окислительный износ, трение со смазкой вызывает усиленный износ вследствие задира. С увеличением давления увеличивалась потеря массы и интенсивность заедания, так как возрастала интенсивность трибомеханического взаимодействия поверхностей трения.

При больших давлениях в каждом случае притертые поверхности сильно разрушаются, даже если потеря массы незначительна.

О влиянии вязкости можно сказать, что мало- и высоковязкие масла приводят к большим повреждениям. При использовании жидкотекучих масел повышается доля сухого трения вследствие малой несущей способности смазочного слоя. Высоковязкие масла имеют достаточную несущую способность, но при высокой скорости движения они не могут достаточно быстро перетекать в вытесненные области, где и реализуется сухое трение. Кроме того, сказывается высокое сопротивление сдвигу очень тонких высоковязких слоев. Лучшей смазочной вязкостью обладают масла с величиной вязкости примерно 100 сСт при 40° С. Результаты, полученные с легированными маслами, незначительно отличаются от результатов с нелегированными маслами [4-9].

Большая потеря массы характерна для высоковязких масел. Причиной этого являются отсутствие в этих маслах эффекта всасывания и высокое сопротивление сдвигу. Слой смазки и при малых нагрузках не является достаточной защитой трущихся поверхностей. Влияние степени густоты смазки, изменения смазочной основы проследить трудно. Наблюдаемое почернение смазочного слоя под воздействием нагрузки объясняется тем, что при трении смазка претерпевает значительные трибохимические изменения.

Также испытания проводили на стали 40ХН при твердости 52 HRC. Эксперимент показал, что трибокоррозия на закаленной стали протекает менее интенсивно. Это касается как весового износа, так и размера образующихся при коррозии оспин.

Минеральные масла, загущенные сложными эфирами, применяются для защиты от трибокоррозии, так как образуют защитные слои с малым коэффициентом трения. На стойкость защитных слоев определенное влияние оказывает шероховатость контактирующих поверхностей. На притертых поверхностях эффект микрорезания был незначительным, а контактные давления относительно низки из-за хорошего прилегания. Были изготовлены образцы с различными высотами микронеровности от 1 мкм до 3 мкм. При микронеровности 3 мкм быстро наступает разрушение образующихся защитных слоев и начинается трибокоррозия. В парах трения с плохой смазкой при больших удельных давлениях можно наблюдать пробой защитного слоя.

Широкое поле деятельности открывается в направлении создания смазочных материалов, которые при минимальном коэффициенте трения гарантируют максимальный эффект от коррозии с большим сроком действия. Так, сочетанием подходящей комбинации материалов можно будет противостоять многим трибокоррозионным повреждениям там, где невозможны конструктивные изменения.

Исследования трибокоррозии дали следующие результаты: 1) применение смазочных масел препятствует образованию сухих окислов и уменьшает потерю массы при изнашивании, но повышает склонность к коррозии предположительно из-за сильного адгезионного взаимодействия поверхностей трения; 2) обычные смазочные материалы даже при относительно небольшом давлении недостаточно защищают поверхности трения; 3) масла, легированные поверхностно-активными добавками, не имеют преимуществ по сравнению с нелегированными минеральными маслами; 3) средневязкие минеральные масла более благоприятны, чем низковязкие и высоковязкие масла; 4) закаленные стали при смешанном трении подвержены меньшему разрушению, чем стали с улучшением; 5) минеральные масла, загущенные сложными эфирами, на стали с оптимальной шероховатостью поверхностей трения уменьшают трибокоррозию вследствие образования стабильных защитных слоев.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бережная А. Г., Иващенко О. А., Чернявина В. В. Подсолнечный и рапсовый лецитины как ингибиторы коррозии стали. / Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 8 (ч. 3). – С. 365–369. URL: <http://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=10035>.
2. Влияние состава ингибирующей композиции на защитные свойства при углекислотной коррозии стали. / А. Г. Бережная [и др.] // Коррозия: материалы, защита. – 2015. – № 9. – С. 32–35. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24105466>

3. Гайдар С. М., Низамов Р. К., Голубев М. И. Концепция создания ингибиторов коррозии с использованием нанотехнологических подходов. / Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2012. – Т. 90, № 7. – С. 140–142. URL: <http://les-vest.msfu.ru/contentst.shtml> .

4. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов. – М.: Metallurgia, 2010. – 476 с.

5. Коррозия: справочник: пер. с англ. / под ред. Л.Л. Шрайера. – М.: Metallurgia, 1981. – 631 с.

6. Попова, А. А. Методы защиты от коррозии. – СПб.: Лань, 2014. – 272 с.

7. Рачев Х., Стефанова С. Справочник по коррозии. – М.: Мир, 2013. – 523 с.

8. Скорчеллетти В. В. Теоретические основы коррозии металлов. – Л.: Химия, 1973. – 264 с.

9. Теория и практика создания ингибиторов атмосферной коррозии / С. М. Гайдар [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2012. – № 4. – С. 8–10. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17683616>.

УДК 539.538.001

Т. Ю. Степанова, Е. Ю. Куваева, Д. А. Соловьев

Ивановский государственный химико-технологический университет

АСПЕКТЫ ИЗНОСА ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Аннотация: Прочность приповерхностной зоны материалов пары трения в значительной мере определяет процесс изнашивания, который рассматривается как процесс разрушения после цикловой усталости материала. Зависимость интенсивности линейного износа от характеристик материала представляет собой аспект износа твердых тел.

Ключевые слова: износ, площадь контакта, трещина, напряжения.

T. Yu. Stepanova, E. Yu. Kuvaeva, D. A. Soloviev

WEAR ASPECTS OF SOLID BODIES

Abstract: The strength of the near-surface zone of materials of a friction pair largely determines the wear process, which is considered as a process of destruction after cyclic fatigue of the material. The dependence of the intensity of linear wear on the characteristics of the material is an aspect of the wear of solids.

Keywords: wear, contact area, crack, stress.

В трибосистеме прочность приповерхностной зоны в значительной мере определяет процесс изнашивания. Эта зона при сравнении с внутренним объемом материала детали отличается малой стабильностью структуры. Легко возникающие источники дислокаций и большая вначале подвижность дислокаций, меньшее сопротивление деформации на поверхности, связанной с концентрациями напряжений, вызванными неровностями поверхности, определяют особое поведение приповерхностной зоны. В результате малой структурной стабильности в приповерхностной зоне может наблюдаться высокая плотность дислокаций по сравнению с внутренним объемом детали.

При рассмотрении трибосистемы, в которой поле напряжения от нагрузки, образующееся из нормального напряжения и напряжения сдвига при трении, концентрируется в приповерхностной зоне, то характеристики проходящего процесса до возможного образования и распределения трещин имеют специфические свойства. В первую очередь это имеет значение для исследования износа. Так процесс образования частиц износа является следствием образования усталостной трещины в приповерхностной зоне. Она возникает в критической структуре трения и начинает затем распространяться.

Интенсивность линейного износа определяется такими величинами, как глубина образования трещины, реальная площадь контакта и особенно время образования структуры трения, время генерации способной к росту трещины и время распространения трещины до длины изношенной частицы.

Возникающие структуры трения имеют самый разнообразный вид в зависимости от исходного материала, условий трения и окружающей среды. Граничные слои, состоящие из одинаковых зон, имеют тонкодисперсную структуру. Образование таких сильно фрагментированных структур представляет собой эффект приспособления материала к нагрузке трения.

Структура трения при больших нагрузках в микроконтактах устанавливается сравнительно быстро. При трении требуемое число воздействий в малой области микроконтактов имеет меньший порядок величин, так как затронутые деформацией участки при ранее происходивших процессах образования изношенных частиц могут быть предельно нагружены и иметь близкую к насыщению структуру. Это означает, что скорость образования структуры трения не всегда определяет интенсивность изнашивания.

Если износ связан с отрывом вступающих в реакцию слоев, которые образуются под воздействием окружающей среды, то время образования структуры трения определяется скоростью химической реакции. Вступающие в реакцию слои отрываются, когда при небольшой толщине слоев ($\approx 1000 \text{ \AA}$) они слабо связаны с основным материалом, то есть происходит скалывание окисленной плёнки, или когда при большей толщине слоев при переходе к основному материалу возникают концентрации напряжений и образуется трещина. В обоих случаях время образования структуры трения зависит от скорости реакции с окружающей средой, так как реагирующие слои хрупкие и разрушаются. Для установления зависимости времени разрушения от толщины реагирующих сло-

ев необходимо учитывать многочисленные условия. Механизмы массопереноса являются определяющими благодаря уже образовавшимся слоям [1 – 3].

Критическая глубина образовавшейся трещины под поверхностью трения, в которой начинается образование частиц износа, зависит от образующейся структуры трения и от изменения полей напряжения от механической и тепловой нагрузки. Образование трещины начинается там, где эффективные локальные напряжения, обусловленные структурой внутренних напряжений, вследствие механической нагрузки и колебаний температуры оказывают наиболее вероятное воздействие на разрыв связей. Сложное напряженное состояние и неоднородность образования граничных слоев затрудняют определение глубины образования трещины. При переменном взаимодействии трения между изогнутыми поверхностями можно получить два максимума нагрузки: один, находящийся более глубоко (на расстоянии сотен микрометров), обусловлен макроконтрактом, который может привести к большим сколам, второй максимум в приповерхностной зоне, с которой начинается процесс изнашивания. Максимум нагрузки при микроконтактах находится на расстоянии нескольких микрометров от поверхности трения.

При пластификации верхних слоев толщина повторно пластифицируемого участка будет соответствовать глубине образовавшейся трещины. Можно экспериментальным путем получить это значение с помощью анализа профиля поверхности. Это значение находится в диапазоне нескольких микрометров.

Разрушение поверхностных слоев происходит при накоплении дефектов. Микротрещины являются следствием дефектной структуры поверхностных слоев нагруженных твердых тел. В дальнейшем происходит слияние микротрещин и переход в способную к росту трещину.

Рост напряжения наблюдаются в неоднородных материалах при определенной дислокационной структуре. В однородных однофазных материалах с небольшими повышениями напряжения и с малой плотностью точек образования трещин время образования способной к росту трещины имеет большую величину. Микротрещины, образовавшиеся в связи с повышением напряжения, вливаются в главную трещину.

Значения глубины образовавшейся трещины и реальной площади контакта зависят также от микроструктуры материала. Небольшие изменения микроструктуры приводят к умеренному изменению интенсивности изнашивания.

В трибосистеме структурные изменения концентрируются в приповерхностной зоне. Во взаимодействии с полем напряжения от нагрузки образуется критическая область на глубине образовавшейся трещины под поверхностью, в которой преимущественно происходят процессы образования трещин. В связи с этим происходит послойное разрушение (скалывание) материала вследствие усталости в форме плоских частиц износа. Размер частицы износа составляет примерно 2 мкм. Перед процессом разрушения происходит фрагментизация структуры путем образования ячеек дислокации. Образование структуры дислокационных ячеек при нагрузке трения приводит к сильной фрагментизации

материала, что в свою очередь значительно повышает прочность. Приповерхностная зона благодаря измененной дислокационной структуре может, не разрушаясь выдерживать высокие напряжения от нагрузки в течение более долгого времени. Это происходит в связи с тем, что материал упрочняется благодаря структуре и упруго принимает нагрузку. Это можно рассматривать как эффект адаптации материала.

Возникновение дислокационной структуры воздействует на образование трещин и затрудняет их распространение. Внутри маленькой ячеистой зоны не могут возникнуть никакие дефектные структуры, которые связаны с большими концентрациями напряжения. Только большие температурные колебания при величине ячеек менее 1 мкм приводят к образованию микротрещины. Распространение трещины затруднено ячеистой структурой. В. Вутке обнаружил в поликристаллической меди, что при нагрузке на границе усталости микротрещины могут распространяться лишь после разрушения дислокационной ячеистой структуры путем отжига [4, 5].

В заключении следует отметить, что износостойкий материал можно получить в том случае, когда затруднено образование или распространение трещины. Это означает, что материал должен иметь достаточную микропластичность, чтобы уменьшить местные экстремальные напряжения. Распространение трещины замедляется, если на вершине трещины не могут возникнуть высокие напряжения. Оба эти условия удовлетворяются с помощью сильно фрагментированной структуры. Такие поверхностные слои могут быть специально созданы с помощью термомеханической обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешина Е. А. Особенности формирования структуры и фазового состава поверхности стали Гадфильда при трении. / Е. А. Алешина [и др.] // Заготовительные производства в машиностроении. – 2007. – № 6 – С. 41-43.
2. Алешина Е. А., Иванов Ю. Ф. Градиентный характер изменения дислокационной субструктуры при сухом трении стали Гадфильда. / Известия вузов. Черная металлургия. – 2007. – № 6. – С. 69-70.
3. Иванова В. С., Терентьев В. Ф. Природа усталости металлов. М.: Металлургия, 1975. – 280 с.
4. Михин Н. М. Внешнее трение твердых тел. М.: Наука, 1977. – 222с.
5. Справочник по триботехнике. /Под общ. Ред. М. Хебды, А. В. Чичинадзе. В 3 т. Т. 1. Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.

УДК 620.178.1

И. И. Суловицкий, В. В. Терентьев, И. А. Телегин, В. В. Рябинин
ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА имени Д.К. Беляева»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОИЗНОСНЫХ СВОЙСТВ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ ПОКРЫТИЙ, НАНЕСЕННЫХ МЕТОДОМ ХОЛОДНОГО ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ

Аннотация: представлены результаты экспериментальных исследований по определению стойкости к абразивному изнашиванию различных металлических покрытий с медью на стальной поверхности, нанесенных по технологии холодного газодинамического напыления. Отмечено снижение скорости изнашивания до 23% для комбинированных покрытий с цинком и корундом.

Ключевые слова: абразив, долговечность, газодинамическая обработка, упрочнение, твердость, износ.

I. I. Surovitsky, V. V. Terentyev, I. A. Telegin, V. V. Riabinin

INVESTIGATION OF ANTI-WEAR PROPERTIES OF COPPER-CONTAINING COATINGS APPLIED BY COLD GAS-DYNAMIC SPRAYING

Abstract: The results of experimental studies to determine the resistance to abrasive wear of various metal coatings with copper on a steel surface applied using cold gas dynamic spraying technology are presented. Rate a decrease in the wear of up to 23% was noted for combined coatings with nickel and corundum.

Keywords: abrasive, durability, gas-dynamic treatment, hardening, hardness, wear.

Надежность современной машины во многом определяется долговечностью ее рабочих органов. Особенно характерно это для машин, связанных с измельчением различных материалов (измельчители, дробилки и т.д.). Характерным для таких машин является абразивное изнашивание (abrasive wear), которое происходит вследствие режущего или царапающего действия твердых частиц измельчаемого материала на поверхности рабочего органа (молотка, штифта, ножа и т.д.). При этом в результате абразивного износа изменяется геометрическая форма рабочего органа, приводящая в дальнейшем к нарушению технологического процесса и выходу из строя машины. Повышение прочности поверхностного слоя детали позволяет повышать ее износостойкость и способствует увеличению срока службы. Износостойкость, а, соответственно, ресурс детали определяется прочностью их поверхности [1]. В результате этого износостойкость рабочих органов во многом определяет эффективность эксплуатации всей машины. В настоящее время широко распространенным методом по-

вышения долговечности является применение в качестве материалов рабочих органов измельчающего оборудования легированных сталей, обладающих повышенными прочностными характеристиками марок HARDOX 400, 450, 500 компании SSAB (Швеция), отечественных сталей марок 30 ХГСА, 110Г13Л, 65Г, 75Г2 и т.д.

Однако данные стали обладают высокой стоимостью, что снижает эффективность их применения.

Поэтому разработка простых технологий, позволяющих заменять при изготовлении дорогостоящие стали на более дешевые (при обеспечении высокого уровня износостойкости) представляется актуальной.

Также в настоящее время одним из эффективных способов получения поверхностных слоев с улучшенными прочностными характеристиками является электроискровое легирование. Как показали исследования применение электродов из твердых сплавов позволяет эффективно повышать твердость и противоизносные свойства различных сталей [2-4]. Однако данная технология имеет определенные ограничения по толщине наносимого упрочненного слоя и ряд других недостатков.

Одной из перспективных технологий получения поверхностного слоя с заданными прочностными характеристиками является холодное газодинамическое напыление (ХГДН) металлических порошков различного состава.

При этом изменяя состав напыляемого материала и технологические параметры напыления можно получать слои с различными функциональными характеристиками.

В рамках данной работы проведен ряд экспериментальных исследований по определению стойкости к абразивному изнашиванию стальных образцов с различными металлическими покрытиями, нанесенными методом ХГДН.

В качестве образцов использовались пластины размерами 50x30x5 мм из стали Ст.3 ГОСТ 380-2005.

Нанесение покрытий на стальные образцы осуществлялось на установке низкого давления, описанной в работе [5].

Для создания наносимых покрытий использовались порошки С-01-11, С-01-00, С-03-10 производства ООО «ОЦПН» (Обнинский центр порошкового напыления) [6]. Размеры частиц в порошках: медь 20-25 мкм, корунд 20-25 мкм, цинк 7-10 мкм.

Перед нанесением материалов для упрочнения поверхности под покрытием и создания необходимого микрорельефа поверхность образцов дополнительно обрабатывалась методом холодной газодинамической обработки кварцевым песком.

Размер частиц кварцевого песка выбирался исходя из данных, представленных в работах [7, 8] с учетом максимального эффекта упрочнения поверхностного слоя.

Определение твердости образцов осуществлялось на твердомере ТПП-2 алмазной пирамидой, согласно ГОСТ 2999-75 «Металлы и сплавы. Метод измерения твердости по Виккерсу».

Стойкость образцов в условиях абразивного износа определялась при помощи исследовательской установки, представленной в работе [9]. Линейная скорость образцов составляла 50 м/с. Время одного испытания составляло 120 минут. В качестве абразивной среды использовался кварцевый песок. Износ образцов определялся по методу искусственных баз. Для этого на поверхности образцов предварительно делалось шесть отпечатков с помощью алмазного конуса на твердомере ТК-14-250. По результатам исследований рассчитывалась скорость линейного изнашивания образцов.

На рисунке 1 представлены фотографии поверхностных слоев образцов с нанесенными покрытиями.

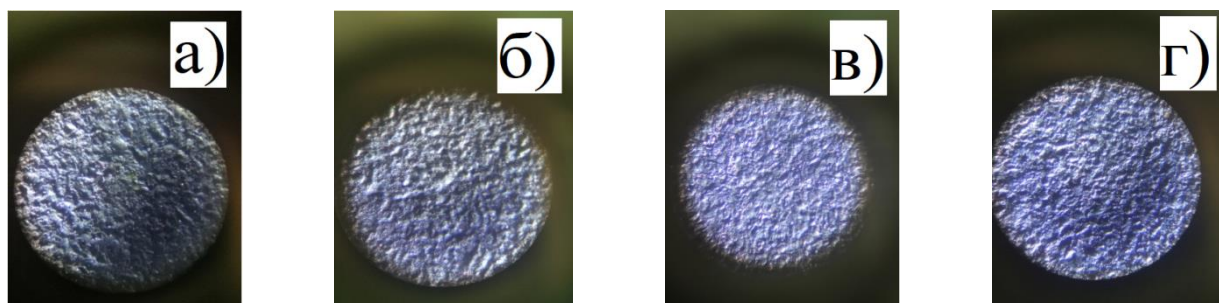


Рис. 1. Поверхности образцов перед испытанием на износ:

- а) поверхность образца без покрытия; б) поверхность образца с покрытием Cu-Zn-Al₂O₃; в) поверхность образца с покрытием Cu;
- г) поверхность образца с покрытием Cu-Zn.

Видно, что после предварительной обработки поверхность образцов обладает развитым микрорельефом (рисунок 1а). После нанесения покрытия поверхность становится менее развитой, что связано с заполнением микронеровностей металлическими частицами и выравниванием микрорельефа (рисунки 1в и 1г). Наличие в наносимых порошках керамических частиц приводит к созданию в процессе нанесения покрытия активных ювенильных поверхностей, позволяющих увеличивать прочность сцепления частиц покрытия с подложкой.

Схема полученного покрытия представлена на рисунке 2.

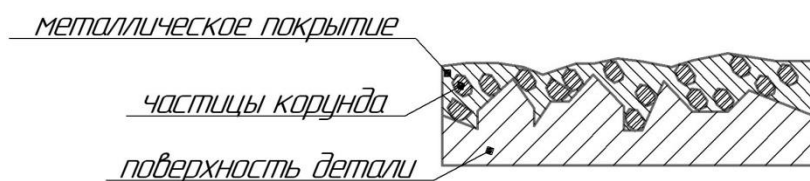


Рис. 2. Схема покрытия

В процессе нанесения покрытия металлические частицы, ударяясь о поверхность детали деформируются, образуя сплошной металлический слой. При этом частицы корунда, обладая повышенной прочностью закрепляются в полученном металлическом слое из деформированных частиц, способствуя образованию металлокерамического слоя на поверхности. Частицы корунда, закрепляясь в микронеровностях рельефа поверхностного слоя способствуют образованию прочного каркаса с повышенной твердостью, снижающего износ поверхности.

На рисунке 3 представлены результаты определения твердости поверхности до и после нанесения покрытий.

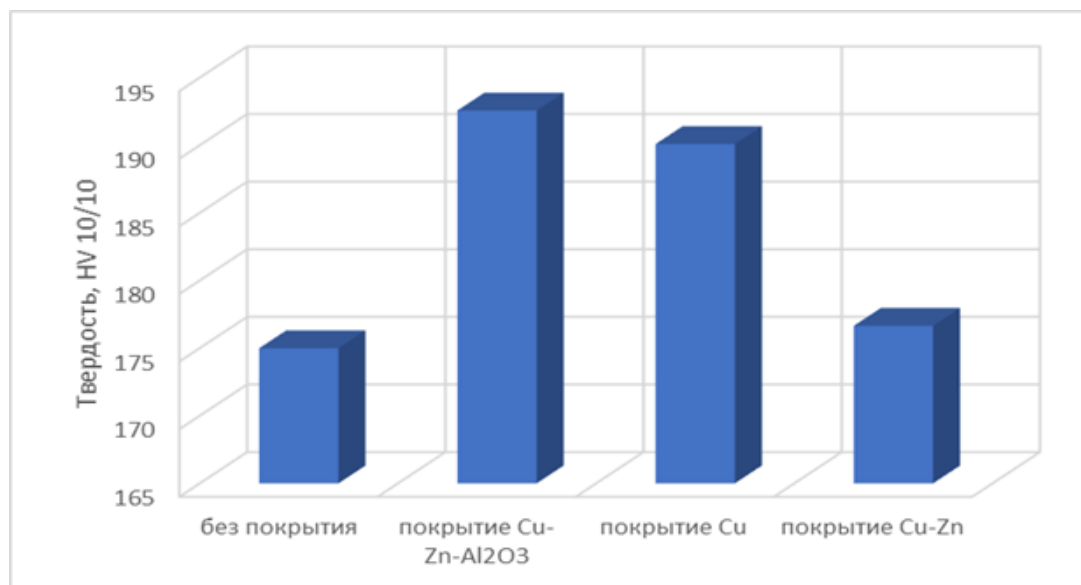


Рис. 3. Результаты определения твердости поверхности образцов

Из полученных данных видно, что нанесение покрытий с помощью метода ХГДН для всех исследованных порошков приводит к росту твердости поверхности.

Как и предполагалось ранее, наибольшей твердостью обладает покрытие, в состав которого входит корунд (прирост твердости по сравнению с необработанной поверхностью составил 10%), твердость для медного покрытия оказалась выше твердости необработанной поверхности на 8%. При этом как показали исследования, наличие корунда в составе порошков способствует росту толщины покрытия в 1,97 раза по сравнению с порошками без корунда. Повышение твердости поверхности способствует снижению скорости и интенсивности абразивного изнашивания.

Результаты определения линейной скорости абразивного изнашивания образцов представлены на рисунке 4.

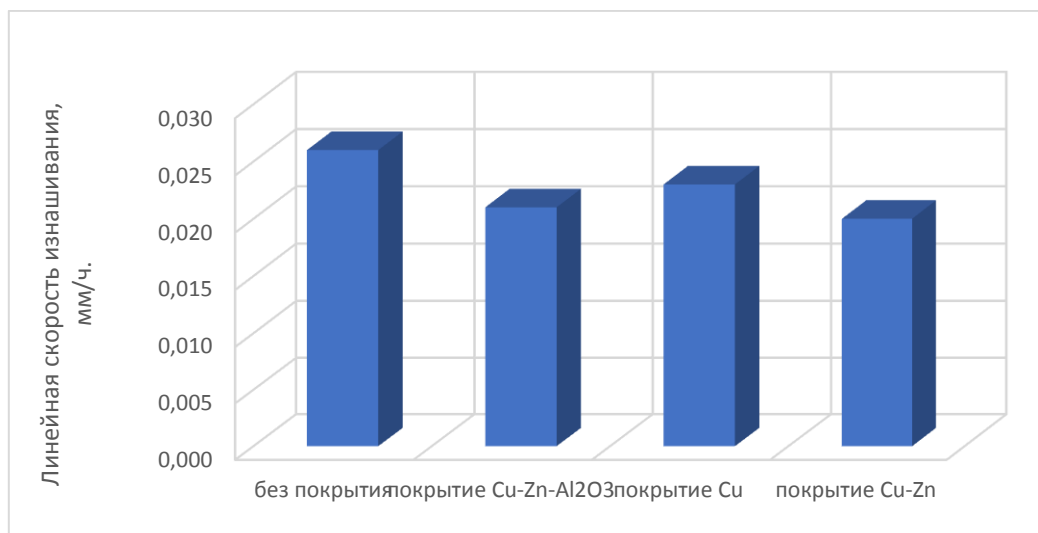


Рис. 4. Результаты определения линейной скорости абразивного изнашивания образцов

Как показали проведенные исследования, нанесение медьсодержащих покрытий на стальные поверхности образцов методом ХГДН способствуют снижению линейной скорости абразивного изнашивания по сравнению с образцами без покрытия на 12-23%. В случае нанесения чистой меди значительного снижения скорости изнашивания не наблюдается вследствие образования покрытия недостаточной толщины. Минимальная линейная скорость абразивного изнашивания наблюдалась для комбинированных покрытий, содержащих несколько компонентов.

В случае с покрытием Cu-Zn-Al₂O₃ это объясняется созданием в процессе ХГДН металлокерамического слоя, обладающего повышенной твердостью (см. рисунки 2,3). В случае с покрытием Cu-Zn снижение скорости изнашивания обусловлено в основном высокой износостойкостью частиц цинка, входящих в состав покрытия.

Таким образом метод холодного газодинамического напыления медьсодержащих покрытий является перспективным способом повышения долговечности деталей, работающих в условиях абразивного изнашивания.

Однако для дальнейшего повышения эффективности метода ХГДН требуются дополнительные исследования по определению влияния параметров нанесения на противоизносные и другие функциональные характеристики полученных покрытий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мельников В.Г., Терентьев В.В., Зарубин В.П. Исследование влияния на микротвердость поверхности пар трения смазочных композиций, наполненных порошками силикатов. // Известия вузов. Химия и химическая технология, 2007, т.50, вып.1. С.110-111.

2. Терентьев В. В., Краев Д. Е. Исследование влияния режимов электроискровой обработки на твердость поверхности нержавеющей стали//Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 12 апреля 2018 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2018. – С. 244-247.

3. Терентьев В.В. Влияние магнитного поля при электроискровой обработке на характеристики стальных поверхностей// Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор И.Я. Пигорев. 2019. С. 147-152.

4. Терентьев В.В., Максимовский Ю.М., Максимовская Т.Д. Влияние частоты импульсов на твердость и износостойкость стальной поверхности при электроискровом легировании. В сборнике: Актуальные вопросы агроинженерных наук в сфере технического сервиса машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности: теория и практика. Материалы национальной научной конференции Института агроинженерии. Под редакцией С.А. Гриценко. 2020. С. 157-162.

5. 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.

6. <https://dimet.info/catalog/poroshki/> / Дата обращения 25.03.2022.

7. Терентьев В. В., Суловицкий И. И., Баусов А. М., Максимовский Ю. М. Влияние размера кварцевых частиц на эффект упрочнения стальной поверхности методом холодной газодинамической обработки// Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Том 2 – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА. 2021. С.72-76.

8. Терентьев В.В., Максимовский Ю.М., Жукова Т.А., Максимовская М. Д., Лаптев К.А. Упрочнение стальной поверхности методом холодной газодинамической обработки// 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.447-450.

9. Суловицкий И.И., Терентьев В.В., Баусов А.М. Установка для исследования износостойкости рабочих органов дробильного оборудования в условиях абразивного изнашивания // В сборнике: Наука и молодежь: новые идеи и решения в АПК. VI Всероссийский Фестиваль науки студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященный 90-летию Ивановской государственной сельскохозяйственной академии им. Д.К. Беляева. Иваново, 2021. С. 355-360.

10. Терентьев В.В., Суловицкий И.И., Телегин И.А., Баусов А.М., Максимовский Ю.М. Существующие методы повышения ресурса молотков дробильного оборудования //В сборнике: Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Иваново, 2020. С. 168-172.

УДК621.98.044

А. В. Токарев

Филиал ПАО «Ил»-ВАСО, г. Воронеж

УЛУЧШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И СЛУЖЕБНЫХ СВОЙСТВ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ ИЗОТЕРМИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Аннотация: дано обоснование оптимальных параметров деформирования заготовок проката из быстрорежущих сталей для инструментов на основе изучения зависимости пластичности, сопротивления деформированию и твердости стали от температуры и скорости деформации. Показано, что изотермическая штамповка при температуре несколько ниже критической точки позволяет получать точные заготовки дисковых фрез, не требующие отжига перед механической обработкой.

Ключевые слова: параметры деформирования, изотермическая штамповка, карбидная неоднородность, дисковые модульные фрезы, стойкость.

A. V. Tokarev

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL AND SERVICE PROPERTIES OF HIGH-SPEED STEEL TOOLS BY ISOTHERMAL DEFORMATION

Abstracts: the substantiation of optimal parameters of deformation of rolled steel billets for tools based on the study of the dependence of plasticity, deformation resistance and hardness of steel on temperature and strain rate is given. It is shown that the isothermal stamping at a temperature slightly below the critical point allows to obtain accurate blanks of disk mills that do not require annealing before machining.

Keywords: parameters of deformation, isothermal forging, carbide heterogeneity, discs, resistance.

Конструктивной особенностью заготовок тонкого дискового инструмента является большое отношение их диаметра к толщине ($D/H=6\div 50$). Применение обычныхковки и горячей штамповки позволяет получать заготовки дисковых фрез с соотношением D/H не более 6,4, что объясняется пониженной пластичностью, высоким сопротивлением деформированию и склонностью к окислению и обезуглероживанию быстрорежущих сталей.

Радикально улучшить технологию получения заготовок дисковых фрез можно путем изменения физических условий деформирования быстрорежущих сталей. Перспективным направлением является применение изотермической штамповки, обладающей такими преимуществами, как равномерность распределения деформации по объёму металла, уменьшение удельного усилия дефор-

мирования, повышение пластичности стали благодаря более полному протеканию разупрочняющих процессов и улучшение её физико-механических свойств. С применением изотермических условий снижаются требования к технологической пластичности стали, что позволяет расширить номенклатуру получаемых точных заготовок инструмента.

При разработке технологии изотермической штамповки и выборе её температурного режима использовали результаты исследования пластичности и сопротивления деформированию быстрорежущих сталей, определения защитных и антифрикционных свойств стеклосмазок, изучение влияния температуры деформации на свойства штампованных заготовок и относительную прочность материала штампа.

Быстрорежущие стали имеют два температурных интервала высокой пластичности: вблизи критической точки (A_{c1}) и при температуре 1000-1100⁰С. При низких скоростях деформации (до 0,01с⁻¹) пластичность вблизи температуры критической точки больше, чем при 1000-1100⁰С, а с увеличением скорости деформации – наоборот. Установлено, что первый максимум пластичности наблюдается в узком интервале температур, не превышающем 40⁰С, и его практическое использование требует создание условий деформирования близких к изотермическим. Сопротивление изученных быстрорежущих сталей деформированию уменьшается при повышении температуры. Это закономерность нарушается в интервале температур $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения, где сопротивление деформированию увеличивается на 25-35%.

Для штамповки быстрорежущих сталей в изотермических условиях выбраны наиболее эффективные стеклосмазки, обеспечивающие защиту поверхности заготовки от окисления и обезуглероживания при нагреве, а также существенно уменьшение коэффициента трения (до 0,08). Смазки эффективны при температуре до 950⁰С. При температурах выше 950⁰С защитные свойства стеклосмазок заметно снижаются.

При изучении влияния параметров изотермического деформирования на свойства быстрорежущих сталей основное внимание было уделено таким свойствам, как твердость после осадки, карбидная неоднородность и прочность после термической обработки.

Если температура деформации несколько ниже критической точки, то твердость осажённых образцов после охлаждения на воздухе практически равна твердости, полученной после отжига. При повышении температуры деформации относительно критической точки твердость быстро возрастает, что обусловлено мартенситным превращением аустенита, образовавшегося в стали вследствие $\alpha \rightarrow \gamma$ превращения. Большая скорость деформации вызывает интенсивное увеличение твердости при температурах ниже критической точки, что объясняется дополнительным разогревом стали в результате теплового эффекта деформации. На основании полученных данных установлена возможность механической обработки заготовок непосредственно после изотермической штамповки, минуя разупрочняющую термическую обработку.

Деформирование заготовок проката из быстрорежущих сталей в изотермических условиях сопровождается существенным снижением балла карбидной неоднородности. Продольная осадка образцов со степенью деформации 90% уменьшает их карбидную неоднородность (7-8 баллов) на 2 балла, поперечная осадка таких же образцов со степенью деформации 85% - на 3-4 балла. Эффект уменьшения карбидной неоднородности становится более заметным ближе к периферии заготовки, где находятся режущие элементы инструмента, что создает предпосылки для повышения его стойкости.

Осадка в изотермических условиях повышает прочность термически обработанных быстрорежущих сталей P6M5 и P6M5K5 соответственно в 1,5-2,5 раза, что обусловлено снижением карбидной неоднородности и более благоприятным расположением волокон относительно действующих нагрузок.

При изотермической штамповке основной причиной выхода штампа из строя является контактное смятие его рабочей поверхности при удельных усилиях деформирования, превышающих несущую способность материала штампа, оцениваемую пределом ползучести. При изменении температуры одновременно изменяются прочностные характеристики материала штампа и быстрорежущей стали. Оптимальной температурой, соответствующей наибольшей работоспособности штампа из жаропрочного материала ЖС6К равна 750-850⁰С.

Совмещение частных температурных интервалов дает оптимальный интервал изотермической штамповки быстрорежущей стали P6M5 790-820⁰С. С учетом теплового эффекта деформации целесообразно принять исходную температуру нагрева заготовок 770-800⁰С.

Технологию изотермической штамповки заготовок отработывали при изготовлении дисковых модульных фрез и дисковых отрезных фрезах с использованием установленных технологических режимов, учитывая параметры применяемого оборудования.

Вывод.

Сравнительные испытания показали, что стойкость дисковых фрез, изготовленных с применением изотермической штамповки из быстрорежущих сталей марок P9K5 и P9M4K8 при обработке деталей из сталей 38ХМЮА и титанового сплава ВТ6, превышает стойкость фрез, изготовленных обычным способом, в 1,5-1,7 раза.

УДК 620

А. В. Топоров¹, Е. А. Топорова²

¹Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

²Ивановский государственный политехнический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛИЧЕСТВА НАПОЛНИТЕЛЯ НА СВОЙСТВА МАГНИТНОГО ЭЛАСТОМЕРНОГО МАТЕРИАЛА

Аннотация: В данной работе приводятся результаты расчетов магнитных полей методом конечных элементов для магнитного эластомерного материала, имеющего различное количество магнитного наполнителя.

Ключевые слова: магнитный эластомерный материал, метод конечных элементов, магнитные характеристики, моделирование, расчет.

A. V. Toporov

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF THE AMOUNT OF FILLER ON THE PROPERTIES OF MAGNETIC ELASTOMERIC MATERIAL

Abstracts: This paper presents the results of calculations of magnetic fields by the finite element method for a magnetic elastomeric material having a different amount of magnetic filler.

Keywords: magnetic elastomeric material, finite element method, magnetic characteristics, modeling, calculation.

Эластичные магниты- магнитные эластомеры находят широкое применение в технике. Магнитный эластомер – это композиционный материал, состоящий из эластомерной матрицы и магнитного наполнителя [1]. Достоинствами магнитных эластомеров по сравнению с твердотельными магнитами являются их способности перерабатываться в изделия сложной формы, повторять неровности контактирующих с ними поверхностей; возможность разрезать такие материалы на сегменты любой конфигурации. При этом их магнитные свойства будут сохраняться неизменными. Магнитные эластомеры не дают трещин и не повреждаются в условиях тряски, вибрации и ударов. Эти свойства позволяют использовать их при создании комбинированных магнитожидкостных уплотнений в качестве источника магнитного поля. В этом случае возникает вопрос, какими магнитными свойствами обладает данный вид материалов. Измерение величины магнитной индукции в рабочем зазоре осложняется тем, что в комбинированных магнитожидкостных уплотнениях магнитный эластомерный материал находится в непосредственном контакте с валом или штоком. Поэтому,

наиболее рациональным в данных условиях является моделирование магнитных полей при помощи метода конечных элементов.

Основной проблемой при таком моделировании является построение расчетной области. В [2] приведены микрофотографии магнитного эластомерного материала с наполнителем из порошка неодим-железо-бор. В качестве матрицы использовалась резиновая смесь 420 на основе смеси фторкаучуков СКФ-26 ВС и СКФ-26 ОНМ. Как видим из микрофотографии, магнитные частицы 1 (рисунок 1 а), находящиеся в резиновой матрице (рисунок 1 б) имеют сложную неравноосную конфигурацию и кроме того отличаются друг от друга размерами. Имеет место соприкосновения частиц. Смоделировать такую структуру достаточно сложно. С известной долей достоверности, при построении расчетной области была выбрана форма частиц магнитного наполнителя в виде восьмигранников. Такое допущение, вероятно, в полной мере не описывает реальную структуру, однако позволяет учесть наличие у частиц острых граней, влияющих на распределение магнитных полей.

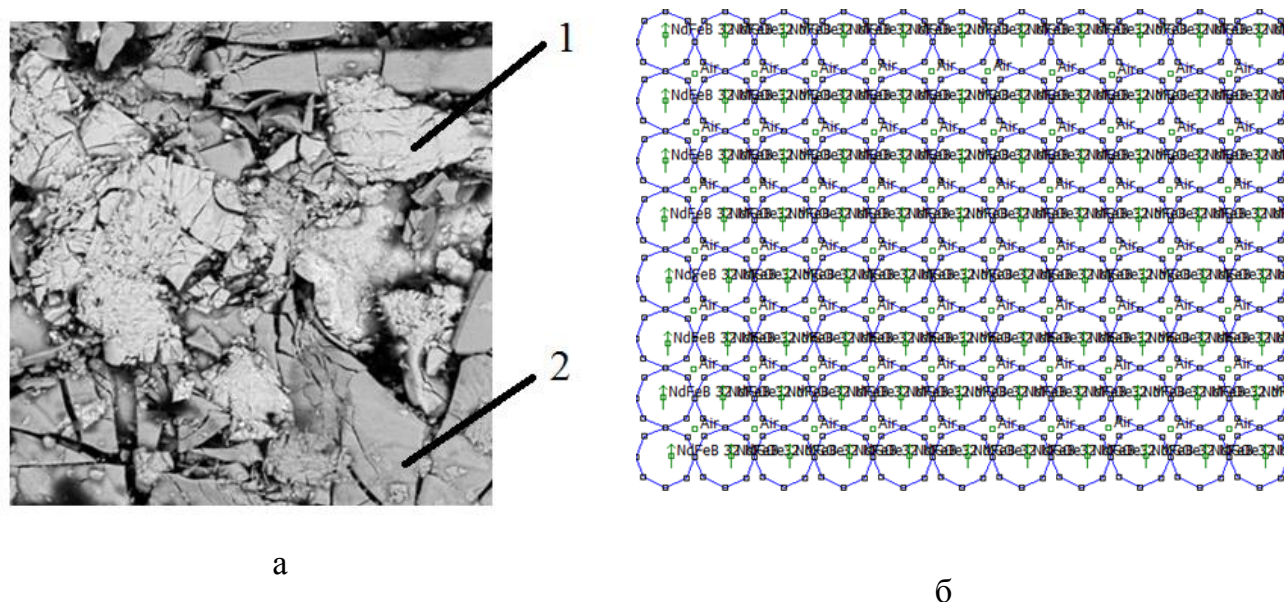


Рис. 1. Микрофотография магнитного эластомерного материала (а) и расчетная модель (б)

Определяющим фактором, влияющим на магнитные характеристики магнитного эластомерного материала являются плотность упаковки частиц в полимерной матрице.

В данной работе были определены следующие значения упаковки. За основную величину принималась 52% упаковка, также рассматривалась упаковка равная 76% (непосредственное касание частиц) и 39,1%. Для сравнения расчеты также проводились для твердотельного магнита. На рисунке 1 представлен пример расчетной области при упаковке частиц равной 76%. Размер области составлял 0,8 на 0,4 мм.

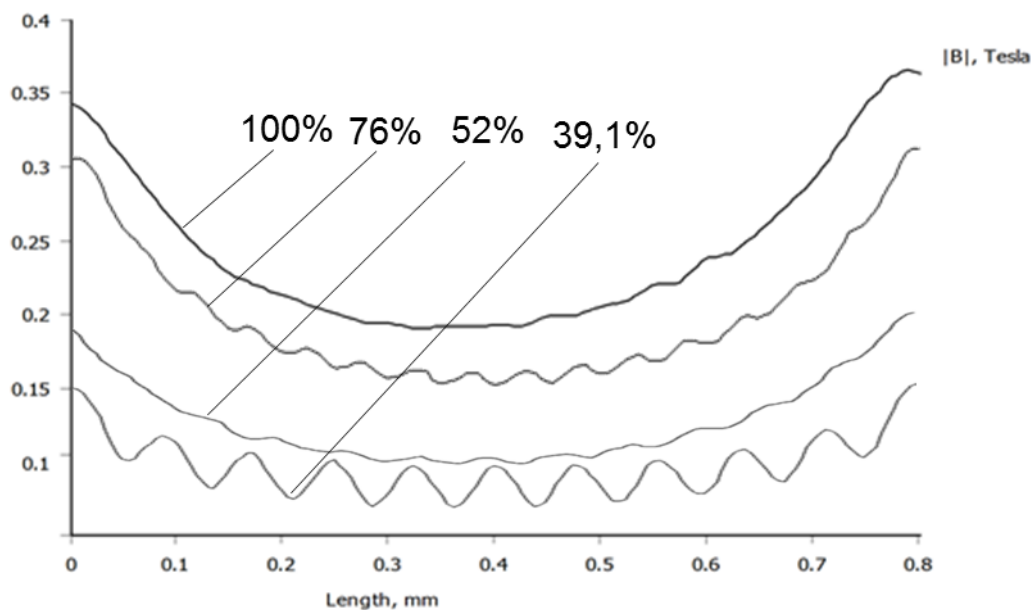


Рис. 2. Кривые распределения магнитной индукции на расстоянии 50 мкм от поверхности материала

На рисунке 2 представлены кривые распределения магнитной индукции на расстоянии 50 мкм (принятая величина частиц магнитного наполнителя) от поверхности. Наибольший интерес представляет центральная область кривой, где наименее значимы краевые эффекты. Очевидно, что с уменьшением количества магнитного материала в образце происходит снижение величины магнитной индукции. Изменяется также характер кривых. Для всех случаев, за исключением твердотельного магнита, имеют место локальные колебания величины магнитной индукции относительно средней величины, обусловленные наличием отдельных магнитных частиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топоров А.В., Палин Д.Ю. Исследование рабочих характеристик магнито-жидкостного уплотнения Современные проблемы гражданской защиты. 2021. № 2 (39). С. 123-130.
2. Таганова Виктория Александровна Технология магнитных эластомеров с повышенными эксплуатационными свойствами Специальность 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композиций. / АВТОРЕФЕРАТ диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Саратов 2011.

УДК 620.178.162

*С. М. Хачатрян, В. В. Терентьев, И. А. Телегин,
В. В. Рябинин, А. М. Баусов, М. В. Торопов*
ФГБОУ ВО «Ивановская ГСХА имени Д.К. Беляева»

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКОЙ МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ

Аннотация: представлены результаты экспериментальных исследований по определению антифрикционных и противоизносных характеристик магнитной жидкости на основе полиэтилсилоксана. Отмечено снижение коэффициента трения при наложении магнитного поля на образец на 18%, снижение интенсивности изнашивания образцов в 1,64 раза, температуры в процессе испытаний на 30-33%.

Ключевые слова: магнитная жидкость, долговечность, износ, трение, интенсивность изнашивания.

*S. M. Khachatryan, V. V. Terentyev, I. A. Telegin,
V. V. Riabinin, A. M. Bausov, M. V. Toropov*

INVESTIGATION OF TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF ORGANOSILICON MAGNETIC FLUID

Abstract: the results of experimental studies to determine the antifriction and anti-wear characteristics of a magnetic liquid based on polyethylsiloxane are presented. There was a decrease in the coefficient of friction when a magnetic field was applied to the sample by 18%, a decrease in the wear intensity of the samples by 1.64 times, and the temperature during testing by 30-33%.

Keywords: magnetic fluid, durability, wear, friction, wear intensity.

Одним из приоритетных направлений развития машиностроения является повышение надежности технических средств. В соответствии с действующими стандартами надежность объекта – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность объекта выполнять требуемые функции в заданных режимах, условиях применения, стратегиях технического обслуживания, хранения и транспортирования [1].

Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств [1].

Долговечность техники во многом определяется износостойкостью ее трущихся элементов. Повысить долговечность трущихся элементов можно за счет применения износостойких материалов, но этот метод в большинстве случаев является экономически нецелесообразным. Второй путь – применение различных упрочняющих технологий, позволяющих повышать твердость поверхностей. Одними из достаточно простых и перспективных технологий применяемых в настоящее время являются, например, электроискровая обработка, газодинамическая обработка и ряд других.

Исследования показали, что применение электроискровой обработки для повышения твердости стальных поверхностей является эффективным в условиях абразивного изнашивания [2-4], а применение холодной газодинамической обработки эффективно как для снижения абразивного изнашивания, так и для других видов изнашивания [5-7]. Однако более простым способом методом, позволяющим снизить изнашивание и улучшить триботехнические характеристики в трущихся сопряжениях является применение инновационных высокоэффективных смазочных материалов с улучшенными антифрикционными и противоизносными характеристиками.

Как показывают многочисленные исследования, для улучшения триботехнических характеристик смазочных материалов эффективно применение в их составе трибоактивных компонентов, относящихся к жидкокристаллическим соединениям [8-10].

Кроме этого, эффективным является применение различных магнитоуправляемых смазок на основе магнитных жидкостей различного состава. Исследования, проведенные авторами [11-14] подтверждают перспективность развития данного направления.

Способность магнитных жидкостей изменять с широким диапазоне свои реологические характеристики при изменении магнитного поля выгодно выделяет их среди других смазочных материалов.

Характеристики любой магнитной жидкости определяются ее составом. Одними из наиболее стабильных по коллоидной устойчивости магнитных жидкостей являются магнитные жидкости на основе полиэтилсилоксана. Это кремнийорганические магнитные жидкости, широко применяемые в магнитожидкостных герметизаторах в качестве активного тела. Однако наличие в составе магнитной жидкости магнитной фазы (магнетит, карбонильное железо и т.д) способствует ухудшению их антифрикционных и противоизносных характеристик.

Целью данной работы являлось определение антифрикционных и противоизносных характеристик кремнийорганической магнитной жидкости на основе полиэтилсилоксана ПЭС-5. В качестве магнитной фазы в магнитной жидкости использовался магнетит.

Исследования проводились на машине трения 2070 СМТ-1 по схеме трения «диск-диск». В качестве образцов использовались диски диаметром 55 мм из стали 45 ГОСТ 1050-2013. Скорость скольжения 1м/с, нагрузка на образцы

0,4 кН. Износ определялся методом искусственных баз с помощью микроскопа МПБ-2.

Для исследования триботехнических характеристик магнитной жидкости при наложении магнитного поля на один из образцов устанавливались постоянные магнитные кольца марки 30РА190 с магнитными характеристиками: остаточная индукция B_r – 0,40 Тл, коэрцитивная сила по индукции H_{cj} - 180-200 кА/м, коэрцитивная сила по намагничённости H_{cb} - 175-195 кА/м, максимальная энергия $(BH)_{max}$ - 30-32 кДж/м³.

Также в качестве модельных для сравнения исследовались пластичные смазочные материалы литол-24 ТУ-0254-11604001396-05 и солидол марки Ж ГОСТ 1033-79.

Смазочный материал наносился на поверхность ролика однократно перед испытанием.

Также в процессе исследований контролировалась температура смазочного материала на ролике.

Результаты определения коэффициента трения при исследованиях представлены на рисунке 1.

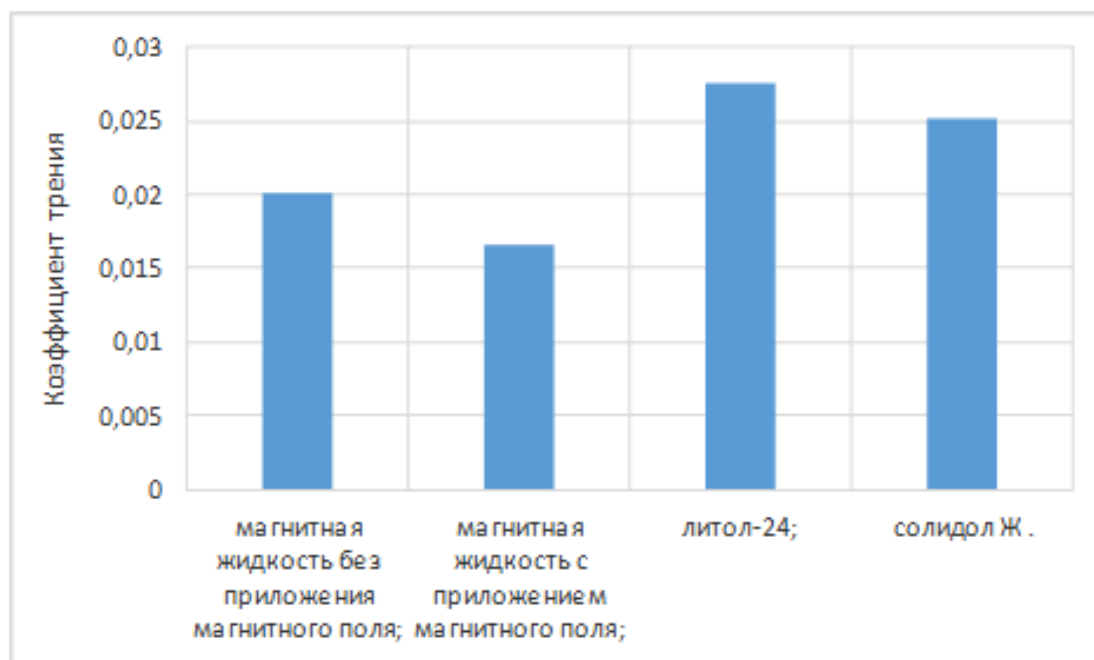


Рис. 1. Результаты определения коэффициента трения

Как видно из представленных результатов, коэффициент трения для исследованной магнитной жидкости без магнитного поля оказался в 1,25-1,37 раза ниже, чем у товарных пластичных смазочных материалов.

При наложении магнитного поля на образец коэффициент трения снижается дополнительно на 18%. Это обусловлено изменением вязкости магнитной жидкости, под действием магнитного поля, что подтверждает данные, представленные в работе [13].

Результаты определения интенсивности изнашивания для исследованных образцов представлены на рисунке 2.

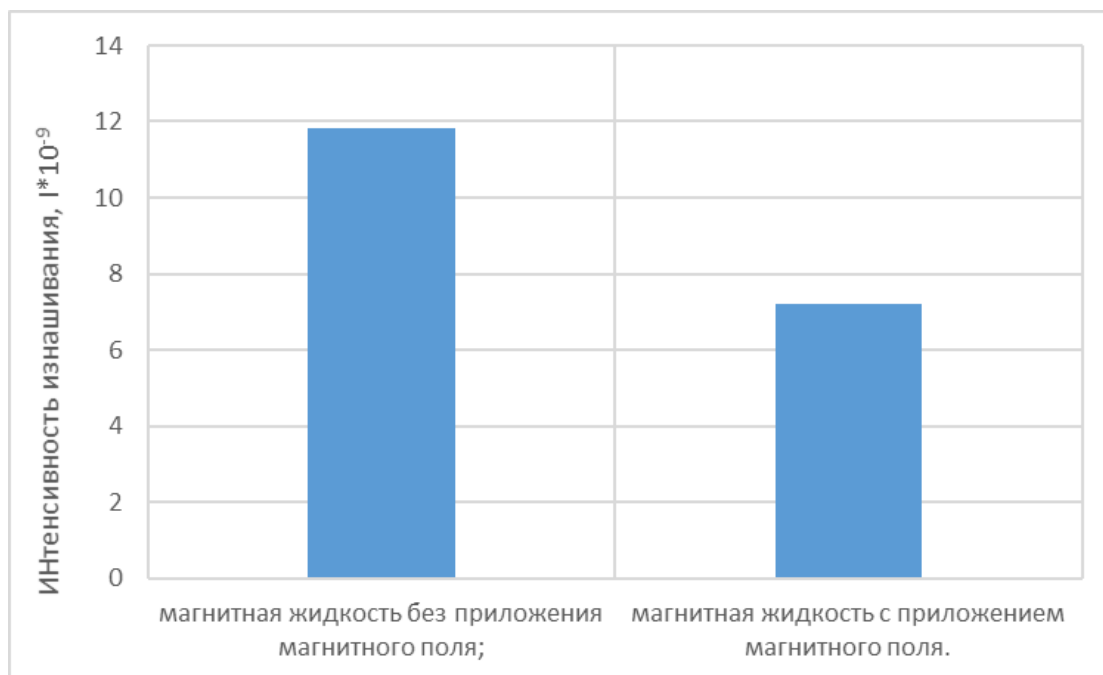


Рис. 2. Результаты определения интенсивности изнашивания образцов

Как показали проведенные исследования, интенсивность изнашивания образцов при смазывании их магнитной жидкостью без наложения на нее магнитного поля оказалась в 1,64 раза выше, чем при смазывании жидкости с наложенным магнитным полем. Таким образом видно, что в случае нанесения магнитного поля противоизносные характеристики улучшаются. Кроме этого, повышается и нагрузка, при которой происходит задир абразцов.

Изменение вязкости магнитной жидкости при наложении магнитного поля и более прочного закрепления ее на поверхности образцов способствует более эффективному разделению трущихся поверхностей, что приводит к снижению интенсивности изнашивания образцов.

Это косвенно подтверждается и тем, что прирост температуры смазочного материала при наложении магнитного поля в процессе исследований снижается на 30-33%.

Таким образом, применение кремнийорганической полиэтилсилоксановой магнитной жидкости в различных подшипниковых узлах в качестве смазочного материала является перспективным направлением повышения их надежности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 27.102-2021 «Надежность в технике. надежность объекта. термины и определения (IEC 60050-192:2015, NEQ) Введ. 8.10.2021. - М.: Российский институт стандартизации.– 2021. 40 с.
2. Терентьев В. В., Краев Д. Е. Исследование влияния режимов электроискровой обработки на твердость поверхности нержавеющей стали//Надежность и долговечность машин и механизмов: сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции, Иваново, 12 апреля 2018 г. – Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. –2018. – С. 244-247.
3. Терентьев В.В. Влияние магнитного поля при электроискровой обработке на характеристики стальных поверхностей// Инновационная деятельность науки и образования в агропромышленном производстве. Материалы Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор И.Я. Пигорев. –2019. – С. 147-152.
4. Терентьев В.В., Максимовский Ю.М., Максимовская Т.Д. Влияние частоты импульсов на твердость и износостойкость стальной поверхности при электроискровом легировании. В сборнике: Актуальные вопросы агроинженерных наук в сфере технического сервиса машин, оборудования и безопасности жизнедеятельности: теория и практика. Материалы национальной научной конференции Института агроинженерии. Под редакцией С.А. Гриценко.– 2020. – С. 157-162.
5. Терентьев В. В., Суловицкий И. И., Баусов А. М., Максимовский Ю. М. Влияние размера кварцевых частиц на эффект упрочнения стальной поверхности методом холодной газодинамической обработки// Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Том 2 – Иваново: ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА. – 2021. – С.72-76.
6. Терентьев В.В., Максимовский Ю.М., Жукова Т.А., Максимовская М. Д., Лаптев К.А. Упрочнение стальной поверхности методом холодной газодинамической обработки// 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.447-450.
7. Терентьев В.В., Суловицкий 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.
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. Fedosov S.V., Terent'Ev V.V., Markelov A.V., Osadchiy Yu.P., Sokolov A.V. Study of the effects of copper undecylate on the tribological properties of refined waste oil. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 13. Сер. «XIII International Scientific Conference «Tribology for Mechanical Engineering», TriboMash 2020» – 2020.– С. 012011.

10. Терентьев В.В., Акопова О.Б., Телегин И.А. Влияние присадок из смесей карбоксилатов меди на трибологические характеристики пластичных смазок / Жидкие кристаллы и их практическое использование. – 2015. – Т. 15. – №4 – С. 96-101.

11. Баусов А.М., Кувшинов В.В., Орешков Е.Л., Терентьев В.В. Исследование свойств магнитных смазочных материалов / Аграрный вестник Верхневолжья. – 2017. – № 4 (21). – С. 96-102.

12. Терентьев В.В., Баусов А.М., Торопов М.В. Исследование свойств магнитных смазочных материалов на основе кремнийорганической жидкости / Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2020. – № 4 (52). – С. 26-32.

13. Терентьев В.В., Баусов А.М., Торопов М.В. Исследование трения в магнито-жидкостном уплотнении / Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2021. – Т. 6. – № 1. – С. 13-19.

14. Терентьев В.В., Баусов А.М., Торопов М.В. Исследование герметизирующей способности комбинированного магнито-жидкостного уплотнения подшипниковых узлов / Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. Т. 6. № 2. С. 25-31.

УДК 621.9.079

С. А. Шабунин, Д. С. Репин

Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ПРИСАДОК К СОЖ

Аннотация: в статье приводятся результаты исследования термического разложения полиэтиленгликоля в интервале температур 20-800⁰С в среде азота и в азотно-кислородной среде. В среде азота полиэтиленгликоль обладает большей термической устойчивостью по сравнению с азотно-кислородной средой.

Ключевые слова: полиэтиленгликоль, термическое разложение, СОЖ.

S. A. Shabunin, D. S. Repin,

INVESTIGATION OF THE THERMAL STABILITY OF POLYMERIC ADDITIVES TO COOLANT

Abstracts: the article presents the results of a study of the thermal decomposition of polyethylene glycol in the temperature range of 20-800⁰С in a nitrogen environment and in a nitrogen-oxygen environment. In a nitrogen environment, polyeth-

ylene glycol has a greater thermal stability compared to a nitrogen-oxygen environment.

Keywords: polyethylene glycol, thermal decomposition, coolant.

Методы термического анализа широко применяются для изучения положительных и отрицательных свойств СОЖ, химических реакций, возникающих в процессе обработки металлов резанием. Данные методы позволяют моделировать химическое взаимодействие компонентов среды с обрабатываемыми инструментами и материалами, что важно для целенаправленного выбора рецептур СОЖ.

На протяжении последних десятилетий актуальной задачей является разработка химических активных присадок к СОЖ [1]. В результате избирательного химического процесса присадка генерирует в зоне резания химически-активные соединения (радикалы, кислоты, щелочи, перекисные соединения и др.) или непосредственно создает на трущихся поверхностях продукты реакции – смазочные химические пленки. Оценка эффективности действия присадок, их температурно-избирательного действия являются актуальной задачей. Для изучения данного вопроса необходимо исследование закономерностей протекания процессов термического разложения и взаимодействия продуктов деструкции с компонентами среды и обрабатываемым материалом.

Целью исследования являлось изучение термического поведения полиэтиленгликоля, используемого в качестве полимерной присадки к СОЖ. Исследование проводилось с использованием термического анализатора Setsys Evolution 16 в атмосфере азота методами синхронного термического анализа (термогравиметрический анализ + дифференциальная сканирующая калориметрия) в интервале температур от 20⁰С до 800⁰С. Инертная атмосфера была выбрана для исключения воздействия компонентов среды на изучаемое вещество. Температура нагрева в условиях эксперимента составляла 5⁰С/мин. Для регистрации тепловых эффектов использовался датчик из сплава Pt/PtRh(10%).

Известно, что кислород является активным агентом при обработке металлов. В силу своей высокой реакционной способности он способен взаимодействовать как непосредственно с обрабатываемым металлом и инструментом, так и с компонентами СОЖ, приводя к образованию в процессе их термической деструкции различных кислородсодержащих соединений (например, кислоты, щелочи, перекиси). Так, при термическом разложении полиэтиленгликоля образуется комплекс различных соединений, включающих этанол, этиленоксид, углекислый газ, насыщенные и ненасыщенные соединения, содержащие от 1 до 7 атомов углерода (спирты, кислоты, альдегиды, кетоны, простые и сложные эфиры).

Для понимания, какие продукт могут образоваться при термическом разложении, необходимо исключить окружающую среду, способствующую образованию кислородсодержащих соединений из продуктов непосредственной деструкции полимера.

Результаты термического разложения полиэтиленгликоля приведены на рис. 1.

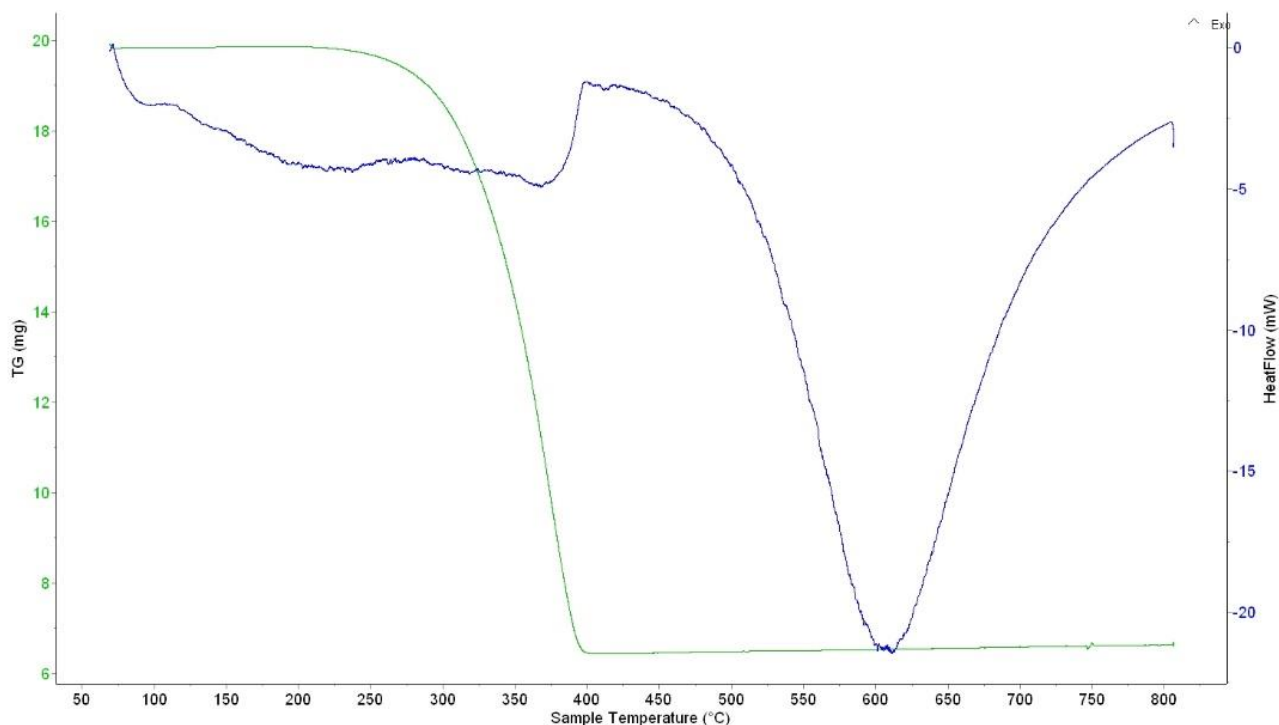


Рис. 1. Термическое разложение полиэтиленгликоля в атмосфере азота в интервале температур 70-800⁰С

Интервал термического разложения находится в интервале температур 200-400⁰С. На кривой термического разложения (показана на рис. 1 зеленым цветом) наблюдается 1 ступень. Остаточная масса образца после разложения составляет 8%. На кривой теплового потока (показана на рис. 1 синим цветом) наблюдается 2 пика: первый в интервале температур 120-420⁰С, а второй – в интервале 430-800⁰С. Таким образом, в инертной атмосфере в отсутствии активных компонентов среды, разложение полиэтиленгликоля находится в сравнительно небольшом температурном интервале. Наличие эндотиков, сопровождающих процесс, позволяет констатировать факт, что на его термическое разложение необходимо затратить энергию из окружающей среды.

При введении в систему кислорода (в количестве 20% от общего объема поступающего в камеру термического анализатора газа) термическое разложение носит совсем иной характер (рис. 2).

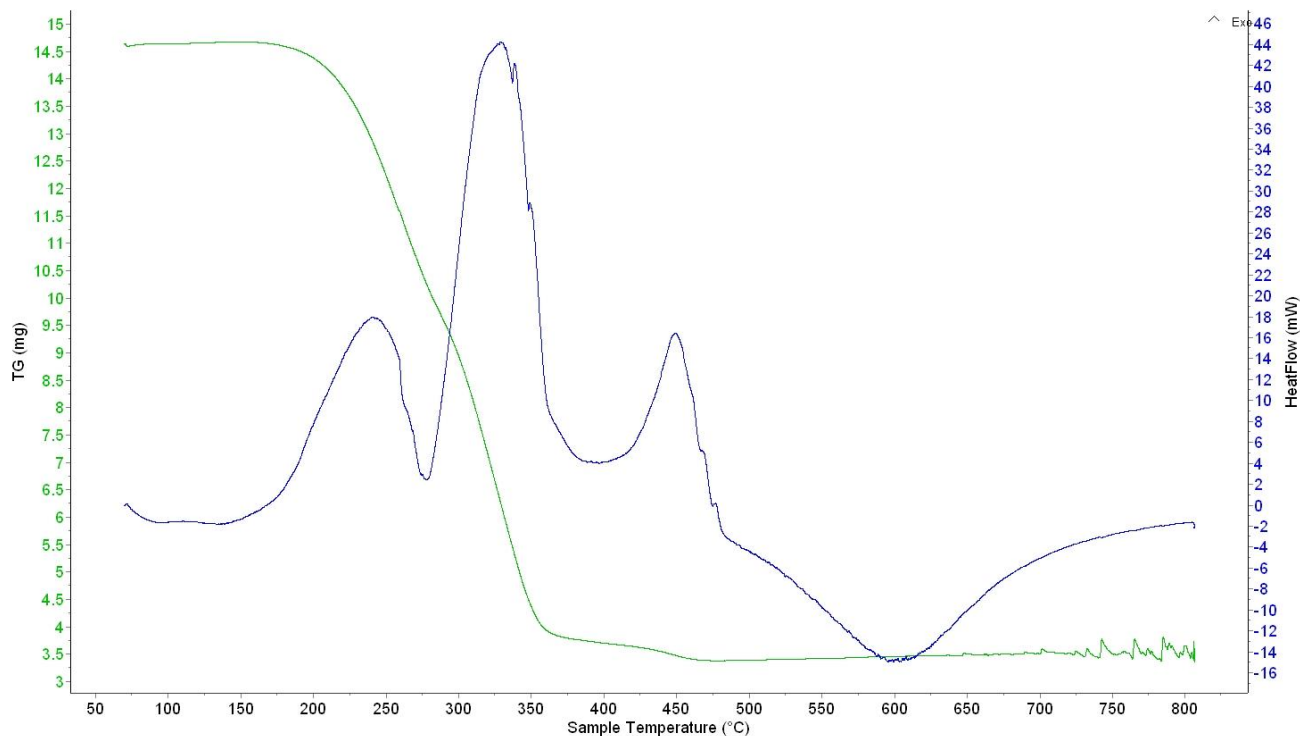


Рис. 2. Термическое разложение полиэтиленгликоля в атмосфере азота и кислорода (20%) в интервале температур 70-800⁰С

Термическое разложение полиэтиленгликоля находится в интервале 175-500⁰С и включает 3 стадии. Первая стадия продолжается до 280⁰С, а вторая находится в интервале 280-380⁰С. Первая и вторая стадия разделяются точкой перегиба при 280⁰С. На третьей стадии (380-475⁰С) разрушается еще 3% вещества. Остаток после термического разложения составляет 8%.

На графике изменения теплового потока наблюдается 4 разнонаправленных пика: 3 экзопика в интервале 150-480⁰С и 1 эндопик в интервале 480-800⁰С. Суммарная величина тепловых экзотермических эффектов составила -4,6 кДж/г, в то время как величина теплового эффекта для эндопика составила 1,8 кДж/г. Таким образом, при термическом разложении ПЭГ преимущественно будет выделяться тепловая энергия.

По сравнению с термодеструкцией в атмосфере азота, в присутствии кислорода полиэтиленгликоль является менее термически устойчивым, т.к. его термическое разложение начинается при 210⁰С (в атмосфере азота термодеструкция начинается при 280⁰С). Введение в систему кислорода приводит к существенному изменению характера термического разложения полиэтиленгликоля, что подтверждается наличием на кривой потери массы 3 участков, сопровождаемых тепловым экзотермическим эффектом. Следует отметить и экзотермический характер термодеструкции полиэтиленгликоля в интервале температур 150-500⁰С сопровождается выделением тепловой энергии в окружающую среду.

Таким образом, окружающая среда оказывает значительное влияние на процессы термической деструкции полиэтиленгликоля. Наличие кислорода резко изменяет характер разложения соединения, что позволяет сделать вывод о различных химических процессах в азотно-кислородной и азотной средах, и, следовательно, о различных продуктах термической деструкции. Установление точного качественного и количественного состава продуктов термического разложения является задачей отдельного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наумов А.Г. Развитие теории радикально-цепного механизма действия СОТС при резании металлов / А.Г. Наумов, В.Н. Латышев, В.С. Раднюк, О.А. Наумова // *Металлообработка*, 2016. – Вып. 4(94). – С. 26-33
2. С. Мадорский Термическое разложение органических полимеров. М.: Мир. 1967. 328 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ, МЕХАНИЗМОВ, АГРЕГАТОВ, МАШИН

<i>Абразумов В. В., Фролов С. В., Токарева О. В., Овчинников В. В.</i> Изучение возможностей применения композиционных огнезащитных покрытий на кремнеземной основе с интеркалированным графитом в условиях лесных пожаров ...3	3
<i>Аграновский А. А., Борисов А. В., Малышев В. А.</i> Оценка влияния защитной среды на сохраняемость вооружения, военной и специальной техники при их консервации методом осушения воздуха8	8
<i>Алигаджиев Ш. Л., Глебов А. Д., Машаев Т. К., Чернышов А. С., Багажков И. В.</i> Особенности управления и техническое оснащение подразделений при тушении пожаров в зданиях повышенной этажности15	15
<i>Аникиенко А. О., Шолочева А. А., Разумков А. А., Багажков И. В.</i> Особенности применения систем противопожарной защиты 25-этажного жилого дома21	21
<i>Афонин С. Б., Гаврилин В. М., Миронов Е. В., Колобов М. Ю.</i> Ремонт ректификационных колонных аппаратов26	26
<i>Батенков К. А.</i> Нормирование отклонения величины остаточного затухания аналоговых окончаний систем передачи информации.....30	30
<i>Битков С. В., Сараев И. В.</i> Обзор роботизированных платформ для целей пожаротушения.....34	34
<i>Борисов А. В., Борисова И. В., Малышев В. А.</i> К вопросу о контроле технической готовности парка специальной техники аварийно-спасательных формирований МЧС России к выполнению задач по предназначению38	38
<i>Власов А. М., Казаков Ю. Б.</i> Повышение надежности герметизации выходного вала частотно-регулируемых электродвигателей.....45	45
<i>Воловиков В. С., Бурлаков А. А.</i> Обеспечение надежности техники связи и АСУ специального назначения, эксплуатирующихся в особых условиях48	48
<i>Воробьев С. В., Блиничев В. Н.</i> Расчет производительности струйного измельчителя с псевдооживленным слоем при избирательном измельчении поликомпонентных материалов52	52
<i>Гарелина С. А., Латышенко К. П.</i> О мониторинге работы машин и механизмов57	57
<i>Гладченко В. Я., Ольховский И. А., Липатов А. Н.</i> Перспектива применения гибридных пожарных автомобилей в России61	61
<i>Ефимов А. Е., Бубнов А. Г.</i> Оценки показателей надёжности плазменно-химических систем очистки воздуха на примере работы реактора с диэлектрическим барьерным разрядом66	66

Жовниренко З. А., Рябинин В. В., Терентьев В. В., Телегин И. А. Перспективы применения торового вариатора в приводе вентилятора системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания с целью сокращения потерь мощности на его привод	70
Жуков В. Е., Зарубин В. П. Обзор устройств и приспособлений, улучшающих управляемость и проходимость пожарных автомобилей.....	76
Жуков Л. В., Гребенюк И. И. Результаты экспериментальных исследований работы нагревательного элемента дизеля автомобильной техники.....	81
Иванов Д. В., Киселев В. В. Оптимизация расходования ресурса пожарных автомобилей как фактор повышения эффективности противопожарной защиты	85
Кайбичев И. А. Оценка временного интервала между нештатными ситуациями на космодромах Байконур и Восточный с помощью индикатора ценового канала	89
Каргаев З. С., Пучков П. В. К вопросу о причинах низкой надежности стальных баков пенообразователя пожарных автоцистерн.....	93
Кашапова Н. Р., Жирнова Е. А., Малышевская Л. Г. Надежность автомобильных цистерн для перевозки нефтепродуктов	97
Кашталап А. Д., Ведерникова И. И. Термовакuumная сушка при изготовлении трансформаторов	102
Квасов М. В., Легкова И. А. Модернизация конструкции дверей для повышения их огнестойкости	106
Коваль Ю. Н. Технические средства для тушения лесных пожаров.....	110
Колобов А. Б., Огурцов Ф. Б. Оценка статистической значимости расчетных границ зон технических состояний при вибромониторинге роторных машин	113
Колобов А. Б., Огурцов Ф. Б. Вибромониторинг и вибродиагностика рециркуляционного насоса.....	120
Коломенский А. Б., Шахов С. В., Коломенский Б. А. Об оптимизации температур отжига сварных листовых титановых конструкций	126
Копосов В. Н., Куликов И. Э. Обоснование и выбор технических решений в условиях многокритериальности	131
Кропотова Н. А., Шмелева Ю. В. Обзор ключевых изменений законодательства по охране труда, применяемого в подразделениях пожарной охраны	135
Кузнецов А. В., Тараканов Д. В. Система поддержки принятия решений при планировании мониторинга крупных пожаров.....	139
Кузнецов М. В. О возможности каталитического азотирования металлов и сплавов с целью повышения надежности металлических конструкций и уменьшения уровня их износа.....	142
Любимов В. А., Лазарев С. Н., Егоренко Д. В. Структура оценки готовности сложного технического изделия	147
Малышев В. А., Борисов А. В. Обоснование предложений по предварительной очистке высокоомутной исходной воды в технологических схемах современных водоочистных установок в целях повышения ресурса их работы	153

<i>Мальцев А. Н.</i> Основные проблемы при тушении пожаров в театральнo-зрелищных учреждениях	160
<i>Мальцев А. Н.</i> Организация тушения пожаров в культурно-зрелищных учреждениях	163
<i>Мальцев А. Н.</i> Применение комбинированного водяного пожарного ствола СРП-50р для тушения пожаров в торгово-развлекательных центрах.....	166
<i>Мегера Ю. А., Бурлаков А. А.</i> Направления развития системы ремонта техники связи и автоматизированных систем управления	169
<i>Мельниченко И. В., Киселев В. В.</i> Оценка факторов, определяющих кинематические параметры движения пожарной автоцистерны	173
<i>Менделеев Д. И., Галицкий Ю. Я.</i> Влияние работы антиобледенительной системы на надежность эксплуатации газотурбинных и парогазовых установок	177
<i>Мочалов Е. Р., Кропотова Н. А.</i> Инженерно-техническое решение для повышения эффективности работы подразделений пожарной охраны	181
<i>Муратов Д. А., Ведерникова И. И.</i> Контроль качества сварных соединений авиационной промышленности	185
<i>Никитин А. Ю., Федяшина М. А., Гулева Л. В.</i> Использование программного обеспечения для дистанционного образования в вузах по инженерно-графическим дисциплинам в условиях импортозамещения в России	188
<i>Никитина С. А.</i> Проблемы преподавания начертательной геометрии в современных условиях	192
<i>Ольховский И. А., Гладченко В. Я., Меркушкина Т. Г.</i> Повышение надёжности автоматических систем пожаротушения на базе роботизированных лафетных стволов.....	195
<i>Павлюкова Н. Л., Волкова М. Ю.</i> Проблемы цифровизации машиностроительных производств в условиях импортозамещения	200
<i>Покровский А. А., Попов А. Д.</i> Влияние низких температур на работоспособность двигателей внутреннего сгорания	205
<i>Покровский А. А.</i> Особенности сушки нетканого материала перегретым паром.....	211
<i>Потапова В. О., Жирнова Е. А., Малышевская Л. Г.</i> Обеспечение надежности эксплуатации авиационной техники при применении моментных ключей «Stahlwille».....	215
<i>Прокошев М. В., Попова О. М., Багажков И. В., Аданичкин Е. И.</i> Особенности управления действиями по охране города пожарно-спасательным подразделением с использованием пожарно-технического оборудования	220
<i>Салихова А. Х., Рвянин С. Е., Рябов А. С.</i> Обзор технических решений, направленных на исключение возможности образования горючих отложений внутри технологических коммуникаций систем вентиляции.....	224
<i>Салтанова М. А., Ведерникова И. И.</i> Применение индукционной закалки при обработке деталей	228
<i>Семёнов А. Ю., Захаров Д. Е., Натарева С. В.</i> Расчет кольцевого адсорбера на основе модели динамики адсорбции.....	233

<i>Синодеева П. И., Ведерникова И. И.</i> Гидроабразивная резка в условиях мелкосерийного и единичного производства.....	238
<i>Смирнова А. С., Кротова Н. А.</i> Требования охраны труда и безопасного производства работ, связанных с ремонтом и техническим обслуживанием пожарной техники	241
<i>Тарасова Д. А., Зарубин В. П.</i> Повышение долговечности деталей пожарной техники с помощью современных способов механической обработки	246
<i>Татаринцев В. А.</i> Обеспечение надежности за счет восстановления прочностных характеристик детали.....	252
<i>Тимошенко А. Л., Самигуллин Г. Х.</i> Моделирование последствий аварий на установках паровой конверсии метана	257
<i>Токарев А. В.</i> Свойства инструментальной стали Р6М5 различных промышленных плавок	261
<i>Топорова П. А., Топоров А. В., Топорова Е. А.</i> Использование термитных смесей для разрезания тонколистового металла.....	263
<i>Федорова Н. Ю.</i> Анализ надежности датчика пожара на этапе проектирования	266
<i>Фионин Г. Е., Сараев И. В.</i> Анализ современных средств индивидуальной защиты органов дыхания пожарных и спасателей	270
<i>Хамхоев Р. В., Сараев И. В.</i> Разработка технических решений по совершенствованию беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 3	280
<i>Широухов А. В., Павлов Д. В.</i> Определение напряжений в полимерных материалах	284
<i>Шмелев С. А., Зарубина Е. В., Шмелева Т. В., Волков А. В.</i> Особенности работы с гидравликой в холодных условиях.....	290

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

<i>Акулова А. П., Егорычева Е. В.</i> 3D прототипирование при планировке помещений с соблюдением противопожарных требований.....	295
<i>Анисимова В. В., Легкова И. А.</i> Разработка устройства для фиксации ворот гаража пожарно-спасательной части	299
<i>Антамохин А. С., Зарубин В. П.</i> Разработка конструкции для сушки пожарных рукавов	303
<i>Борисов Д. М., Топоров А. В.</i> Разработка компоновочной схемы пневмогидравлического привода гидравлического аварийно-спасательного инструмента	308
<i>Волкова М. Ю., Малафеева И. А.</i> Использование 3D принтера для моделирования и визуализации трехмерного объекта.....	310
<i>Волкова М. Ю.</i> Исследование особенностей печати 3D принтера при моделировании и визуализации трехмерного объекта	314

Волкова М. Ю., Павлюкова Н. Л. Использование электронных средств компьютерной графики в учебном процессе	319
Воробьев М. Д., Ведерникова И. И. Усовершенствование технологического процесса изготовления детали.....	322
Гаврилов С. О., Сараев И. В. Устройство для тушения пожаров в складских зданиях	326
Глебов И. А., Покровский А. А. Методы подбора и расчета подшипников качения при проектировании тихоходного вала червячной передачи	330
Дьяков Д. О., Ведерникова И. И. Применение аддитивных технологий при обработке деталей.....	334
Егорычева Е. В. К вопросу о разработке в CAD/CAM системе управляющей программы обработки детали	338
Емельянов И. А., Белов Д. С., Ниткин А. Н. Разработка приспособления для обеспечения устойчивости и маневренности при работе со штурмовой лестницей личным составом пожарной охраны	343
Иванов В. Е. Применение системы автоматизированного проектирования при разработке конструкции стеклобоя	346
Ильченко А. В., Киселев В. В. Актуальность разработки автоматических устройств для нужд пожарной охраны.....	350
Калинин М. А., Иванов В. Е., Хогоров Б. К. Разработка конструкции экзоскелета пожарного.....	355
Клюквин Д. А., Топоров А. В. Разработка портативного автоматического страховочного устройства	359
Колобов М. Ю., Блиничев В. Н., Чагин О. В., Сахаров С. Е., Бойцова В. В., Гримицкий П. Н., Колобова В. В. Повышение эффективности процесса классификации частиц материала	362
Короткевич С. Г., Ковтун В. А. Проектирование модернизированных цистерн пожарных автомобилей с учетом эксплуатационных нагрузок	365
Кузнецов А. В., Никишов С. Н. Перспективы применения систем видеомониторинга для информационной поддержки принятия управленческих решений при ведении боевых действий по тушению пожаров и приведению аварийно-спасательных работ	371
Махов М. Н., Зарубина Е. В., Шмелева Т. В., Репин Д. С. Моделирование методом конечных элементов системы дымоудаления	374
Метлицкий Ю. В., Сараев И. В. Разработка технического решения по конструкции пожарной соединительной головки.....	377
Милосердов Е. П., Коршунова А. П. Построение модели шаровой молнии.....	383
Митушки К. В., Иванов В. Е., Тарутин П. М. Робототехническое устройство для перевозки аварийно-спасательного инструмента	386
Молокова Д. Д., Ноздрин М. А. Напряжённое состояние конструкционной детали самолёта.....	390

<i>Морозов Л. А., Блинов О. В., Годлевский В. А.</i> 3D-моделирование гидравлических параметров шестеренчатого насоса с внешним зацеплением	395
<i>Осокин П. М., Ведерникова И. И.</i> Модернизация процесса изготовления.....	399
<i>Пучков П. В.</i> Создание приспособления для разбивания стекол с применением технологии 3D печати.....	404
<i>Пучков П. В.</i> Насадка на пожарный ствол «Корона» для разбивания автомобильных стекол.....	408
<i>Романова А. А., Егорычева Е. В.</i> Автоматизированное проектирование зубчатых колес.....	411
<i>Сайкин М. С.</i> Численное исследование магнитожидкостного датчика контроля положения объекта в горизонтальной плоскости	415
<i>Тлатов Т. К., Зарубин В. П.</i> Разработка конструкции устройства для талькирования пожарных рукавов	420
<i>Умакова П. В., Топоров А. В.</i> Разработка устройства для тушения степных пожаров с использованием электрического поля.....	424
<i>Чекурда В. В., Ноздрин М. А.</i> Долговечность многолистовой рессоры автомобиля.....	426
<i>Чуприков О. В., Бурлаков А. А., Ковалев В. В., Котовицков В. И.</i> Архитектура электронных систем автомобиля КамАЗ-5490.....	431
<i>Шилов Н. М., Захаров Д. Е., Натареев С. В.</i> Разработка методики расчета аппарата проточного типа для очистки воды от ионов тяжелых металлов.....	437
<i>Ширстов Д. И., Зарубина Е. В., Шмелева Т. В.</i> Исследование устройства для обследования систем противопожарного водоснабжения на прочность	443
<i>Щербина А. С., Жирнова Е. А., Малышевская Л. Г.</i> Обоснование выбора калибраскобы при контроле вала	447
<i>Юнкина У. П., Яковенко М. Ю., Кушляев Д. В., Кушляева О. В., Кушляев В. Ф.</i> К методике проектирования манипулятора, обеспечивающего безопасное функционирование машины в чрезвычайных ситуациях	452

ПРОБЛЕМЫ ИЗНОСА В МАШИНАХ И МЕХАНИЗМАХ

<i>Бойцова В. В., Замятина Н. И., Киселев Б. Р., Колобов М. Ю.</i> Влияние металлоплакирующих присадок в масле ДВС-дизель	470
<i>Ведерников А. С., Ведерникова И. И.</i> Применение методов пластического деформирования при обработке деталей	473
<i>Ведерникова И. И., Егоров С. А.</i> Повышение долговечности роторов пневмопрядильных машин	477
<i>Гущина Т. В., Братков И. В., Колобов М. Ю., Блиничев В. Н.</i> Технология и аппаратурное оформление производства высокодисперсных коллоидно-графитовых смазочных материалов.....	481
<i>Даровской Г. В., Поляков В. Н.</i> Разработка методики статической градуировки прибора для измерения толщины смазочной пленки	485

Жиганов К. В., Разумова Е. Ф. Основные этапы применения антифрикционного покрытия «MODENGY» для деталей ДВС.....	489
Зарубин В. П. Исследование влияния методов упрочняющей обработки на интенсивность изнашивания деталей пожарных насосов.....	493
Каргаев З. С., Пучков П. В. Исследование влияния некоторых жидких сред на коррозионное разрушение резьбовых соединений.....	497
Карпухин А. И., Киселев В. В. Применение противоизносных присадок для повышения износостойкости деталей трансмиссий основных пожарных автомобилей.....	502
Киселев В. В., Зарубин В. П. Исследование триботехнических характеристик противоизносной добавки на основе стеарата меди и искусственного серпетина	507
Ларина А. И., Постникова И. В., Смирнов Д. В., Мельников А. А., Невский А. В. Улучшение эксплуатационных характеристик эмульсий смазочно-охлаждающих жидкостей механической активацией.....	511
Лукиенко Л. В. Совершенствование машины трения для испытания на износ в условиях трения скольжения	516
Мельников С. С., Годлевский В. А. Трибологические испытания высокодисперсных водомасляных эмульсий	521
Палин Д. Ю. Перспективы применения магнитного эластомерного материала в конструкциях уплотнительных устройств.....	525
Парфенов А. С., Березина Е. В., Волков А. В., Годлевский В. А. Механизм адсорбции наноразмерной присадки на твердых частицах масляной суспензии.....	529
Пучков П. В. Исследование эффективности применения различных смазочных материалов для повышения работоспособности и надежности резьбовых соединений.....	534
Репин Д. С., Наумов А. Г., Бубнов В. Б., Зарубина Е. В., Шабунин С. А., Бабаев Р. В. Применение активированных полимерсодержащих СОЖ при резании титановых сплавов.....	539
Соловьева Е. В. Влияние смазочных материалов на коррозию	543
Степанова Т. Ю., Кузаева Е. Ю., Соловьев Д. А. Аспекты износа твердых тел.....	548
Суровицкий И. И., Терентьев В. В., Телегин И. А., Рябинин В. В. Исследование противоизносных свойств медьсодержащих покрытий, нанесенных методом холодного газодинамического напыления	552
Токарев А. В. Улучшение технологических и служебных свойств инструментов из быстрорежущей стали изотермическим деформированием	558
Топоров А. В., Топорова Е. А. Исследование влияния количества наполнителя на свойства магнитного эластомерного материала	561
Хачатрян С. М., Терентьев В. В., Телегин И. А., Рябинин В. В., Баусов А. М., Торопов М. В. Исследование триботехнических свойств кремнийорганической магнитной жидкости	564
Шабунин С. А., Репин Д. С. Исследование термической стабильности полимерных присадок к СОЖ.....	569

НАДЕЖНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XIII ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ИВАНОВО, 14 АПРЕЛЯ 2022 г.**

Издается в авторской редакции

Подготовлено к изданию 20.05.2022 г.
Формат 60×90 1/8. Усл. печ. л. 72,5. Тираж 300 экз. Заказ № 191

Отделение организации научных исследований
научно-технического отдела
Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России
153040, г. Иваново, пр. Строителей, 33

ISBN 978-5-907353-55-8



9 785907 353558 >